

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE DOUTORADO**

**PROCESSAMENTO DO GRÃO DE MILHO NO
DESEMPENHO DE OVINOS**

Bruna Biava de Menezes

**CAMPO GRANDE, MS
2020**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE DOUTORADO**

**PROCESSAMENTO DO GRÃO DE MILHO NO
DESEMPENHO DE OVINOS**

Corn grain processing in sheep performance

Bruna Biava de Menezes

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Maria da Graça Morais

Tese apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito à obtenção do título de Doutora em Ciência Animal.

Área de concentração: Produção Animal.

CAMPO GRANDE, MS 2020

Certificado de aprovação

Bruna Biava de Menezes

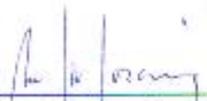
Processamento do grão de milho no desempenho de ovinos

Corn grain processing in sheep performance

Tese apresentada à
Universidade Federal de Mato Grosso
do Sul, como requisito à obtenção do
título de Doutora em Ciência Animal.

Aprovado(a) em: 18-02-2020

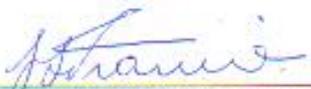
BANCA EXAMINADORA:


Dra. Maria da Graça Moraes
Orientadora (UFMS)


Dr. Gelson Luis Dias Feijó
(EMBRAPA)


Dr. Luiz Orlário Fialho de Oliveira
(EMBRAPA)


Dr. Henrique Jorge Fernandes
(UEMS)


Dr. Gumercindo Lorian Franco
(UFMS)

AGRADECIMENTOS

A Deus por tudo que tem me proporcionado, pela saúde e força necessários no desenvolvimento de mais um trabalho, que foi mais que uma aprovação de capacidade de organização, dedicação, esforço físico e mental, foi um crescimento pessoal.

À UFMS e ao Programa de Pós Graduação em Ciência Animal, pela oportunidade de realização do doutorado, e à CAPES pela bolsa com a qual foi fundamental para que eu pudesse promover dedicação exclusiva ao doutorado. À MACAL pelo custeio da dieta dos animais.

À Professora Dra. Maria da Graça Moraes, pela orientação e ensinamentos, por mais uma etapa desempenhada, desde a graduação, mestrado e por fim o doutorado.

Ao Professor Dr. Henrique Jorge Fernandes, por novamente ajudar na estatística, com seu empenho e disponibilidade, e por todos os ensinamentos.

Ao Professor Dr. Gumercindo Lorian Franco pelo auxílio e conhecimentos ao longo de toda a minha trajetória dentro da universidade.

Aos estagiários que ajudaram durante o confinamento dos ovinos, Rafael de Souza Batista, Dener Maciel dos Santos, Fernanda Cupertino dos Santos Lima, Raffael Josias Duarte da Silva, Nathalia de Oliveira Ribas, Bruna Fernanda Ferreira Batista, Bárbara Martins Brixner, Camila de Godoy, Isabella Oliveira Delgado, Lívia Lopes Duarte, Rayane Pereira Mussi e Lauany Liara Tavares da Silva.

Aos colegas e amigos de Graduação, Mestrado e Doutorado, em especial Luciana Junges, Eva Nara Oliveira Gomes, Diego Martins da Silva Echeverria, Caroline Bertoline Ribeiro, Catherine Cecília Walker, Mayara Mitiko Yoshihara Carneiro, Tereza Gabriela da Costa, Raizza Fátima Abadía Tulux Rocha, Anderson Luiz de Lucca Bento, Marcella Cândia D' Oliveira, Marcelo Vedovato, Luana Silva Caramalac e Evelyn Silva de Mello.

Ao Antônio Peres Straviz, pelo apoio, ensinamentos, incentivo e amizade, desde a graduação até parte do doutorado. À Adriana Garabini pela amizade, ensinamentos e apoio técnico.

À minha família que me proporcionou e incentivou em todos os momentos os meus estudos, assim como em toda a minha trajetória, com apoio e compreensão pelos momentos de ausência.

À Fernanda Cupertino dos Santos Lima que me ajudou muito no experimento e com o apoio psicológico na etapa final do meu doutorado, com muita gratidão e que sabe a importância que tem em minha vida.

As amizades, mesmo aqueles que de certo modo distantes fisicamente, porém sempre muito presentes e as novas construídas ao longo de mais uma etapa de minha vida.

Aos animais que participaram dos experimentos, que foram fundamentais para a obtenção dos dados e contribuição à ciência, bem como proporcionaram aprendizado de todas as pessoas que estiveram em contato com eles, tal experiência será levada a cada trabalho a ser desempenhado.

RESUMO

MENEZES, B. B. Processamento do grão de milho no desempenho de ovinos. 2020. 102f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2020.

O grão de milho é o principal ingrediente utilizado na dieta de ruminantes em confinamento devido a sua elevada disponibilidade no mercado, valor nutricional e alto teor de amido. O aproveitamento do amido do grão inteiro pode ser melhorado por meio de processamento, como a reidratação. O protocolo mais comum é a moagem seguida da reidratação, contudo não se tem um protocolo para a reidratação para o grão inteiro, tampouco o uso em dietas de alto concentrado com o milho reidratado inteiro para ovinos no desempenho e qualidade da carne. Desta forma foram realizados dois experimentos, o primeiro para determinar um protocolo de reidratação do grão de milho inteiro e o segundo o uso de diferentes processamentos incluindo a reidratação do grão de milho inteiro para avaliar o desempenho e a qualidade de carne de cordeiros mantidos em dieta de alto concentrado. Portanto, objetivou-se avaliar o efeito de diferentes dias de reidratação do milho do tipo semiduro (NS 90-PRO), sobre a composição química, teor de amido, digestibilidade *in vitro* e degradabilidade *in situ* da matéria seca do milho. Foram testados dois, três, quatro e cinco dias de reidratação do grão de milho, comparados com o tratamento controle (grão seco sem a reidratação). A reidratação promoveu o rompimento do pericarpo e houve perdas crescentes de nitrogênio amoniacal em função dos dias de reidratação. Houve redução do teor de fibra em detergente neutro de 13,49% do grão seco, para 10,07%, 10,57%, 9,27% e 9,48% respectivamente para dois, três, quatro e cinco dias de reidratação, bem como a redução no teor de proteína bruta. O teor de amido não é alterado com a reidratação (média de 75,43%), já a digestibilidade *in vitro* da matéria seca é menor com cinco dias de reidratação (96,51%). A degradabilidade do grão reidratado é maior e similar ao grão seco. Dentre os resultados obtidos recomenda-se reidratar o grão de milho semiduro por três dias. O segundo experimento foi realizado com o objetivo de avaliar o desempenho, consumo dos nutrientes, comportamento, digestibilidade *in vivo*, bioquímica sanguínea, análise econômica do confinamento, características de carcaça e componentes não carcaça, qualidade e perfil lipídico da carne de cordeiros mestiços Texel não castrados, submetidos a dietas de alto concentrado com diferentes processamentos do grão de milho. Foram utilizados 24 animais, peso corporal inicial médio de $29,49 \pm 4,19$ kg, distribuídos aleatoriamente em três tratamentos: milho grão inteiro seco (grão seco), milho grão inteiro reidratado por três dias (grão reidratado) e milho seco moído grosso (grão moído), todos com a mesma proporção de volumoso:concentrado (15V:85C), tendo como volumoso silagem de parte aérea do milho e concentrado composto por 76,5% de milho e 8,5% de núcleo, durante 61 dias de confinamento. O processamento do milho promoveu mudanças no desempenho e consumo, com maiores valores para o grão moído com ganho de peso médio (295,83 g), ganho de peso corporal total (18,05 kg), consumo médio de matéria seca (1,2 kg), proteína bruta (143g), nutrientes digestíveis totais (966 g), peso de carcaça quente (24,14 kg), fígado/bile (918 g), pré-estômagos e abomaso vazio (1,11 kg) e intestino grosso cheio (844 g), em comparação ao grão seco, e o grão reidratado não diferiu dos demais tratamentos. Não houve diferença entre os tratamentos para comportamento, qualidade e perfil de ácidos graxos da carne e bioquímica sanguínea. O grão moído é o mais indicado na dieta de alto concentrado por promover maior peso de carcaça quente e lucro.

Palavras-chave: amido. consumo de nutrientes. digestibilidade. fígado. ganho de peso. pericarpo. peso de carcaça quente.

Abstract

MENEZES, B. B. Corn grain processing in sheep performance. 2020. 102f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2020.

Corn grain is the main ingredient used in the feedlot diet due to its high market availability, nutritional value and high starch content. Utilization of whole grain starch can be improved through processing such as rehydration, the most common protocol is crushing followed by rehydration, however there is no protocol for rehydration for whole grain, neither the used in diets high concentrate with whole rehydrated corn for sheep in meat performance and quality. Thus, two experiments were performed, the first to determine the protocol of rehydration of whole corn grain and the second to use different processes including the rehydration of whole corn grain to evaluate the performance and meat quality of lambs on diets high concentrate. Objective was to evaluate the effect of different rehydration days of semi-hard corn (NS 90-PRO) on chemical composition, starch content, *in vitro* digestibility and *in situ* dry matter degradability. Two, three, four and five days of corn rehydration were tested, compared with the control treatment (dry grain without rehydration). Rehydration promoted rupture of the pericarp and there were increasing losses of ammonia nitrogen as a function of rehydration days. Rehydration acts on the chemical composition with linear effect according to the rehydration days, except for the ether extract, acid detergent fiber and starch content. Neutral detergent fiber content was reduced from 13.49% of dry grain to 10.07%, 10.57%, 9.27% and 9.48% respectively for two, three, four and five days of rehydration, as well as a reduction in crude protein content. Starch content does not change with rehydration (average of 75.43%), while *in vitro* dry matter digestibility is lower with five days of rehydration (96.51%). Degradability of rehydrated corn is higher and similar to dry grain. Among the results obtained it is recommended to rehydrate the semi-hard corn grain for three days. The second experiment was carried out to evaluate the performance, nutrient intake, behavior, *in vivo* digestibility, blood parameters, feedlot economic analysis, carcass characteristics and non-carcass components, meat quality and lipid profile of not castrated Texel crossbred lambs, submitted to high concentrate diets with different corn grain processing. Twenty four animals with average initial body weight of 29.59kg, randomly distributed in three treatments: dry whole grain corn (dry corn), whole grain corn rehydrated for three days (rehydrated corn) and dry cracked corn (cracked corn), all with the same proportion of roughage: concentrate (15V: 85C), silage of aerial part of corn was used as roughage and concentrate composed of 76.5% of corn and 8.5% of nucleus, during 61 days of confinement. Corn processing led to changes in performance and consumption, with higher values for cracked corn for average weight gain (295.83 g), total body weight gain (18.05 kg), average dry matter intake (1.2 kg), crude protein (143 g), total digestible nutrients (966 g), warm carcass weight (24.14 kg), liver / bile (918 g), pre-stomachs and empty abomasum (1.11 kg) and full large intestine (844 g) compared to dry corn diet, and the rehydrated corn did not differ from the other treatments. There was no difference between treatments for behavior, quality and profile of meat fatty acids and blood parameters. Cracked corn is the most indicated in high concentrate diet because it promotes higher warm carcass weight and profit.

Keywords: digestibility. hot carcass weight. liver. nutrient intake. pericarp. starch. weight gain.

Lista de abreviaturas e siglas

A	fração solúvel
a*	componente verde/vermelho
AG	ácido graxo
AGI:AGS	relação ácidos graxos insaturados totais e ácidos graxos saturados
AGMI	ácidos graxos monoinsaturados
AGMI:AGS	relação ácidos graxos monoinsaturados e ácidos graxos saturados
AGPI	ácidos graxos poliinsaturados
AGPI:AGS	relação ácidos graxos poliinsaturados e ácidos graxos saturados
AGS	ácidos graxos saturados
AGV	ácidos graxos voláteis
AOL	área de olho de lombo
AST	aspartato aminotransferase
B	fração insolúvel potencialmente degradável
b*	componente azul/amarelo
BE	controle de qualidade de excesso de bases
BOL	números de bolos ruminais
CA	conversão alimentar
Ca	Cálcio
Camido	consumo de amido
CC	conteúdo celular
CCNF	consumo de carboidratos não fibrosos
CEC	comprimento externo da carcaça
CEE	consumo de extrato etéreo
Cel	Celulose
CFDN	consumo de fibra em detergente neutro
$c\text{HCO}_3^-$	concentração de bicarbonato
CIA	cinza insolúvel em detergente ácido
CIC	comprimento interno da carcaça
CIDN	cinzas insolúvel em detergente neutro
CircP	circunferência de perna
CK	creatinina quinase
Cl	Cloro
CLA	ácido linoléico conjugado
CMO	consumo de matéria orgânica
CMS	consumo de matéria seca
CNF	carboidratos não fibrosos
CNFdieta	carboidratos não fibrosos da dieta
CNFfezes	carboidratos não fibrosos das fezes
CP	comprimento de perna
CPB	consumo de proteína bruta
CRE	Creatinina
ctO ₂	concentração total de dióxido de carbono
ctO ₂	concentração total de oxigênio
D	número de dias de reidratação
Damido	digestibilidade aparente do amido
DCNF	digestibilidade aparente do carboidratos não fibrosos
DE	degradabilidade efetiva
DEE	digestibilidade aparente do extrato etéreo
DFDN	digestibilidade aparente da fibra em detergente neutro

DIVMS	digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca
DMO	digestibilidade aparente da matéria orgânica
DMS	digestibilidade aparente da matéria seca
DPB	digestibilidade aparente da proteína bruta
EA	eficiência alimentar
EAL	eficiência de alimentação
EE	extrato etéreo
Eedieta	extrato etéreo da dieta
Eefezes	extrato etéreo das fezes
EGS	espessura de gordura subcutânea
ERU-FDN	eficiência de ruminação da fibra em detergente neutro
ERU-MS	eficiência de ruminação da matéria seca
FDA	fibra em detergente ácido
FDAc _p	fibra em detergente ácido corrigido para cinzas e proteína
FDAp	fibra em detergente ácido corrigido para proteína
FDN	fibra em detergente neutro
FDN _{cp}	fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína
FDN _{dieta}	fibra em detergente neutro da dieta
FDN _{fezes}	fibra em detergente neutro das fezes
FDN _p	fibra em detergente neutro corrigido para proteína
GGT	gama-glutamyltransferase
Gli	Glicose
GMD	ganho médio diário
H ⁺	concentração do íon hidrogênio
Hemi	Hemicelulose
K	Potássio
Kd	taxa de degradação por hora
L*	Luminosidade
Lac	ácido láctico
Lig	Lignina
Mastigações em 15s	número de mastigações em 15 segundos
MM	matéria mineral
MM _{nb}	número de mastigações meréricas por bolo ruminal
MM _{nd}	número de mastigações meréricas
MM _{tb}	tempo de mastigações meréricas por bolo ruminal
MO	matéria orgânica
MS	matéria seca
Na	Sódio
NDT	nutrientes digestíveis totais
Nm _{min}	número de mastigações por minuto
Osm	Osmolaridade
PB	proteína bruta
Pb _{dieta}	proteína bruta da dieta
Pb _{fezes}	proteína bruta das fezes
PC	peso corporal
PC _f	peso corporal final
PCF	peso da carcaça fria
PC _i	peso corporal inicial
PCO ₂	pressão parcial de gás carbônico
PCQ	peso da carcaça quente

PIDA	proteína insolúvel em detergente ácido
PIDN	proteína insolúvel em detergente neutro
PR	perda por resfriamento
PTmax	profundidade torácica máxima
PTmin	profundidade torácica mínima
RC	rendimento de carcaça
ROI	return over investment
SO ₂	saturação de oxigênio
tHb	hemoglobina total
TMT	tempo de mastigação total

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Características estruturais do grão de milho	3
2.2 Propriedades físicas do amido.....	6
2.3 Tipos de amido e aproveitamento no trato gastrointestinal	7
2.4 Processamentos do milho e efeito sobre a digestão do amido.....	9
2.5 Aproveitamento do amido nas diferentes partes do trato gastrointestinal.....	15
2.6 Síntese de α -amilase pelo pâncreas.....	20
2.7 Fatores que interferem no uso de dietas de alto grão, desempenho e qualidade da carcaça.....	22
2.8 Comportamento ingestivo.....	27
REFERÊNCIAS.....	32
Artigo 1: Tempo de reidratação versus valor nutritivo do grão de milho inteiro ou moído.....	45
Resumo	45
Abstract.....	45
Introdução.....	46
Material e Métodos.....	47
Resultados.....	52
Discussão	53
Conclusão	57
Referências.....	57
Tabelas.....	60
Artigo 2: Impacto de diferentes processamentos do grão de milho na viabilidade econômica e desempenho de cordeiros confinados com dietas de alto concentrado.....	63
Resumo	63
Abstract.....	63
Introdução.....	64
Material e Métodos.....	65
Resultados.....	70

Discussão	70
Conclusão	74
Referências.....	74
Tabelas.....	77

Artigo 3: Influência do processamento do grão de milho nas características de carcaça e qualidade de carne de cordeiros mestiços Texel confinados.....	82
Resumo	82
Abstract.....	82
Introdução.....	83
Material e Métodos.....	84
Resultados.....	88
Discussão	89
Conclusão	94
Referências.....	95
Tabelas.....	99

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o terceiro maior produtor e segundo exportador mundial de grãos de milho, com produção de aproximadamente 100 milhões de toneladas da safra 2018/2019 (CONAB, 2019), e abastece a demanda interna de consumo humano e animal, bem como a importância na produção do etanol. O milho é o principal ingrediente utilizado nas dietas em confinamento devido a sua elevada disponibilidade no mercado e valor nutricional, porém do que é produzido existem diferentes variedades e digestibilidade.

Há uma diversidade de milho produzido no país, com diferentes graus de vitreosidade, característica relacionada ao tipo de amido em função da relação amilose:amilopectina. A composição do amido e sua interação física com a matriz proteica do grão podem alterar sua digestibilidade (ROONEY & PFLUGFELDER, 1986). O amido do milho é disposto em forma de grânulos revestidos pela matriz proteica (PAES, 2006) o que dificulta o acesso e ação de enzimas no rúmen e ao longo do trato digestivo.

O aproveitamento do amido na dieta é influenciado por alguns fatores relacionados ao próprio grão e características do amido (tipo de amido e a proporção de amilose e amilopectina, e a matriz proteica), participação na dieta, tipo do processamento do grão, e outros inerentes ao animal (local de digestão e capacidade de aproveitamento) associados ao desempenho. O perfil de carboidratos exerce uma influência sobre a taxa de digestão e produtos da fermentação ruminal determinando a utilização de nutrientes e o desempenho animal (BITENCOURT, 2012).

Grande parte da digestão do amido no rúmen ocorre cinco horas após a ingestão (OWENS, 1988), quando está disponível sem componentes interferentes ao acesso dos microrganismos ao amido. Dietas com alta concentração de amido pode ter menor aproveitamento do trato digestivo total de amido do que uma dieta com menor teor, isso se deve a maior taxa de escape de amido do rúmen para o intestino e com isso pode proporcionar maiores perdas fecais de amido (HUNTINGTON, 1997).

A taxa de passagem da digesta depende dos padrões de motilidade e tamanho das partículas, isso é influenciado pela forma com que o milho é ofertado, e se processado ou não.

O processamento do grão torna-se interessante e importante para evitar perda excessiva de grãos inteiros nas fezes, comum em confinamento de bovinos e diminuir as perdas de amido fecal, melhorando o desempenho e eficiência alimentar. Contudo têm-se um limite, pois embora a taxa de digestão de amido no rúmen seja desejada, quando em níveis elevados de degradação ocorre decréscimo do pH com consequência no desempenho animal

(HOOVER & MILLER-WEBSTER, 1998). A queda do pH ocorre em função da digestão rápida dos carboidratos não fibrosos com a produção de ácidos graxos voláteis (AGV), em especial o ácido lático, que começam a acumular acidificam o ambiente ruminal ocasionando uma redução de consumo e problemas metabólicos, o que resulta em menor ganho de peso no animal. Assim torna-se necessária adoção de medidas na hora de formular a dieta tais como uso de tamponantes e adaptação mais prolongada dos animais à dieta com alto teor de carboidrato degradável no rúmen.

Tem-se intensificado o uso de dietas de alto teor de carboidratos não fibrosos (CNF) em confinamentos na fase de terminação, em especial na bovinocultura de corte e ovinocultura.

A ovinocultura é uma atividade em expansão e alguns estudos vêm se destacando com a introdução da desmama precoce e terminação de cordeiros em confinamento, para isso são necessários investimentos, principalmente na dieta. Uma alternativa é a dieta de alto grão com objetivo de reduzir o tempo de permanência, o que garante peso de abate e gordura de acabamento da carcaça adequado (CARVALHO et al., 2007). Os pontos fundamentais do uso da dieta de alto grão são realizar uma adaptação eficiente e usar aditivos que irão controlar e evitar distúrbios digestivos, como a acidose, que podem ser associados com comportamento ingestivo e avaliação de parâmetros bioquímicos sanguíneos.

O estudo do comportamento ingestivo do animal no tempo despendido nas atividades diárias de alimentação, ruminação e ócio são influenciadas pelo valor nutricional da dieta, teor de fibra, granulometria das partículas da dieta e condições sanitárias dos animais. O tempo despendido nas atividades diárias da ingestão é importante para verificar se o animal está respondendo bem a dieta, se está adaptado ou se é necessário corrigir a formulação para evitar distúrbios digestivos e não comprometer o desempenho.

O menor desempenho do rebanho resulta em abate tardio, pior qualidade de carcaça por ter menor deposição de gordura subcutânea e conseqüentemente carne de baixa qualidade, prejuízo financeiro e oferta de produtos de pior qualidade ao consumidor.

Objetivou-se com essa tese avaliar a reidratação do milho para ser utilizado em dietas de alto grão, comparar diferentes processamentos do grão de milho na dieta de alto concentrado para ovinos em confinamento e com isso avaliar o desempenho, consumo de nutrientes, comportamento, bioquímica sanguínea, digestibilidade *in vivo*, qualidade de carcaça e carne e a viabilidade econômica.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Características estruturais do grão de milho

O grão de milho é subdividido nas estruturas: pericarpo, endosperma, gérmen e ponta (PAES, 2006), conforme mostrado na Figura 1. O pericarpo é uma camada de células densas e pouco vacuoladas, e que quanto mais denso, ou seja, quanto mais compactas as células mais sensíveis à alta temperatura, como por exemplo, o efeito de processamento para secagem dos grãos (JOSÉ et al., 2005). O pericarpo é uma barreira que atua então na permeabilidade da água (umidade) no grão. Segundo Beauchemin et al. (1994) outra função seria sua interferência na digestibilidade do grão, atuando como uma barreira física contra o ataque dos microrganismos e enzimas o que dificultaria a digestibilidade. Esta camada representa cerca de 5% do peso do grão, é rica em fibra, porém pobre em amido e proteína (FORNASIERI FILHO, 1992).

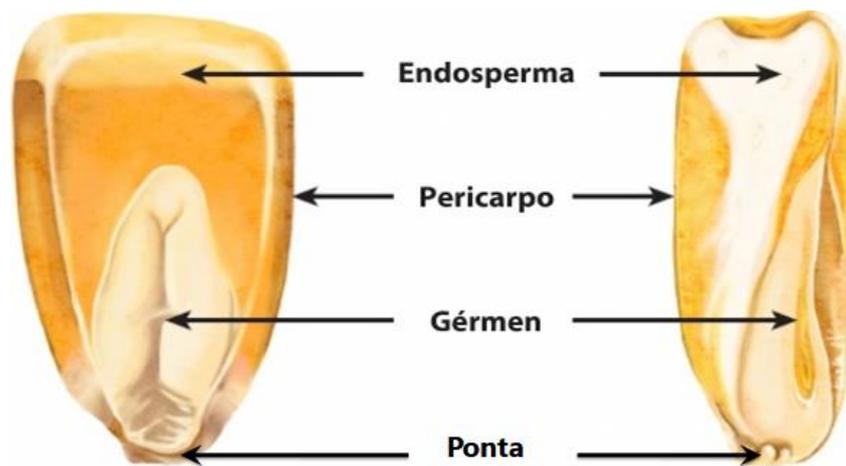


Figura 1. Estrutura do grão de milho. Adaptado: Acari & Santos (2013)

O endosperma corresponde a mais de 80% do peso do grão, é constituído de 86% de amido, 10% de proteína e o restante cinzas e gordura em menor quantidade (FORNASIERI FILHO, 1992), assim como os carotenóides que são as substâncias que conferem a cor amarela. O amido como constituinte principal do endosperma é caracterizado por dois tipos, pela amilose e amilopectina, que são unidos por pontes de hidrogênio, mantidos dispostos em forma de grânulos. Estes grânulos de amido são pseudocristais organizados de maneira amorfa ou de forma organizada com regiões de alta e baixa cristalinidade (ROONEY; PFLUGFELDER, 1986). Conforme Theurer (1986), a proporção de amilose e amilopectina varia entre os grãos de cereais.

Os grânulos de amido são envoltos por uma matriz proteica (DUVICK, 1961; WOLF

et al., 1952), que é esparsa e fragmentada e cuja densidade varia com a localização dos grânulos do grão. Conforme Davide (2009) e Pratt et al. (1995) os grânulos de formato de esferas estão dispersos no endosperma farináceo, já os grânulos helicoidais são mais adensados ou compactados e se encontram na região vítrea que é densa e bem desenvolvida.

A estrutura ou organização física do endosperma depende da interação entre os grânulos de amido e os corpos proteicos, aspecto importante na textura do grão maduro (DUVICK, 1961). A fração proteica é composta por proteínas de reserva divididas em duas frações zeínas (prolaminas) e não-zeínas (albumina, globulinas e glutelinas) (GIBBON & LARKINS, 2005). A matriz do endosperma é constituída principalmente por glutelinas. Os corpos proteicos são formados em grande parte por prolaminas, que faz a ligação entre o amido e a matriz do endosperma. O endosperma vítreo possui corpos proteicos maiores e numerosos que no farináceo (WOLF et al., 1952), além de possuírem maior conteúdo de alfa- e gama-zeínas (DOMBRINK-KURTZMAN & BIETZ, 1993; PAIVA et al., 1991). Segundo Hamaker et al. (1995) as zeínas do milho representam entre 30 a 60% da proteína presente no grão de milho, e conforme Bitencourt (2012) as zeínas possuem grande importância na nutrição de ruminantes. Ao comparar diferentes grãos de milho em diferentes estágios de maturidade observa-se que o milho farináceo, opaco e grãos imaturos contêm menos prolaminas do que milho vítreo e grãos maduros (DAVIDE, 2009).

Em função da distribuição dos grânulos de amido e da matriz proteica, pode-se classificar o endosperma em dois tipos: farináceo e vítreo. Geralmente na periferia do grão contém o endosperma vítreo que confere dureza ao grão (DAVIDE, 2009). A proporção entre o endosperma vítreo e farináceo e endosperma total, é denominada de vitreosidade, fator principal de definição da textura do grão (SHULL et al., 1990). Paiva et al. (1991) destacaram que a vitreosidade está diretamente relacionada com a composição química do endosperma, e as principais diferenças se devem à composição proteica. Philippeau et al. (2000) reportaram uma correlação positiva entre a quantidade de zeínas (prolaminas) e a vitreosidade do grão, que foi determinada por dissecação manual do endosperma. Mesmo que os híbridos de milho possuam pouca variação na quantidade de amido, os mesmos podem diferir consideravelmente quanto a sua vitreosidade (SZASZ et al., 2007).

Pereira et al. (2008) estudaram os mecanismos associados a textura do grão quanto a descrição estrutural e bioquímica da vitreosidade e qualidade proteica. Os resultados indicam que a dureza ou a vitreosidade está associada ao teor de proteína no grão, devido aos corpos proteicos com alta síntese de zeínas que permitem um melhor empacotamento dos componentes do endosperma. A determinação da vitreosidade se dá quando os grãos são

expostos a luz, o endosperma farináceo possuem espaços vagos e com isso permite a passagem de luz, enquanto no endosperma vítreo ocorre a reflexão da luz justamente pela ausência de espaços (PAES, 2006).

O embrião ou gérmen representa cerca de 11% do peso do grão e é rico em lipídeos e proteína, porém pobre em amido (FORNASIERI FILHO, 1992). No gérmen é onde está a informação genética para gerar uma nova unidade vegetal, rico em proteína.

A ponta é a menor estrutura do grão, responsável por ligar o grão ao sabugo, única parte que não é coberta pelo pericarpo e sua composição é basicamente proteica (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000).

O grão de milho possui classificação conforme a Instrução Normativa 60º do MAPA (2011) com textura do tipo: dentado ou farináceo (*Dent*) com no mínimo 85% de peso de grãos com característica de dentado, duro ou vítreo (*Flint*) com no mínimo 85% de peso de grãos com característica de duro, semiduro com no mínimo 85% de peso de grãos com consistência e formato intermediário entre o duro e o dentado, e misturado quando não estiver em nenhum dos grupos anteriores. Quanto mais endosperma vítreo mais duro, em contrapartida quanto mais endosperma farináceo o grão é tipo dentado (CORREA et al., 2002; CRUZ et al., 2004). Desta forma a textura do grão que se caracteriza pela proporção entre as quantidades de endosperma vítreo e farináceo faz com que a vitreosidade do grão seja o fator determinante para a classificação. Na Figura 2, estão apresentados exemplos de milho dentado e duro (*flint*), e pode-se notar que o milho tipo duro possui o topo do grão arredondado em relação ao dentado ou farináceo.



Figura (a). Milho dentado

Figura (b). Milho *flint*

Figura 2. Figura demonstrativa de milho dentado (a) e milho duro (*flint*) (b). Fonte: Carareto (2011)

Há uma grande variação da vitreosidade no milho produzido no país, onde grande parte do milho cultivado é classificado como duro, com valores de vitreosidade entre 64,2 e

80,0% do endosperma, densidade de $1,268 \text{ g/cm}^3$ e contém maior concentração de prolaminas-zeínas envolvendo os grânulos de amido na matriz proteica (CORREA et al., 2002).

A indústria e empresas produtoras de sementes consideram o aspecto visual dos grãos para classificar o milho, desta forma quando o grão apresenta extremidade superior lisa e arredondada é classificado como grão duro, e quando o milho possuir extremidade superior enrugada, como dentado ou mole (BITENCOURT, 2012).

Os grãos de milho usados na alimentação animal contêm proporções variadas dos dois tipos de endosperma (DAVIDE, 2009). Portanto é importante conhecer as características do amido que possuem relação com a digestão e interferem no local de digestão e aproveitamento pelo animal. O amido é digerido por enzimas do animal e dos microrganismos (ANTUNES & RODRIGUEZ, 2006), contudo a taxa de digestão é variável tanto em quantidade quanto ao local de digestão. A vitreosidade possui uma correlação negativa com a digestibilidade do amido no rúmen (CORREIA et al., 2002), desta forma a importância de se estudar os tipos de amido e como pode ser aproveitado no trato gastrointestinal.

2.2 Propriedades físicas do amido

O amido possui interesse fabril não apenas alimentar (humana e animal), mas farmacêutica e cosmética. O milho é uma importante fonte energética devido à alta concentração de amido, que possui elevada digestibilidade e baixo custo (UARROTA, 2011). Dentro de indústrias agroalimentares são utilizados em baixa quantidade como componentes básicos dos produtos ou aditivos para elaboração ou conservação de produtos. Os xaropes de glucose resultantes de hidrólises e da isomerização da frutose são utilizados nas indústrias de balas, bolos, geleias e outros doces por serem anti-cristalinizante e adoçante. Ainda o amido é utilizado em alguma fase do processamento nas indústrias de papel, resinas, tintas, agroquímica, enzimas e têxtil (CEREDA et al., 2002).

As diferentes utilidades do amido só são possíveis devido a sua estrutura macromolecular que confere propriedades como solubilidade, gelatinização, viscosidade e adesão. O amido é um polissacarídeo praticamente insolúvel e possui uma coloração branca, quando imerso na água forma uma suspensão de aspecto leitoso (CEREDA et al., 2002).

As diferentes proporções da razão amilose:amilopectina contribuem de maneira distinta sobre o comportamento reológico do grânulo de amido, em que a amilose associada com a umidade está relacionada às alterações de curto prazo na formação de gel e pasta sob elevada temperatura, enquanto a amilopectina está associada com a rigidez das pastas

(NAVARO et al., 1996). Assim a importância do estudo dos diferentes tipos de amido e como suas proporções podem interferir na digestão gastrointestinal do animal ao consumir diferentes proporções nas dietas.

2.3 Tipos de amido e aproveitamento no trato gastrointestinal

O amido é o principal componente de reserva energética vegetal, e na semente possui papel importante para a germinação. De modo geral o amido se apresenta como homopolissacarídeos de moléculas de α -D-glicose arranjadas de duas formas: amilose e amilopectina. A proporção de amilose pode variar conforme a espécie e dentro de espécie. A amilose é um polímero linear com ligações α -1,4 cujas unidades de glicose estão dispostas em dupla hélice, e apresenta capacidade de se ligar ao iodo formando um composto azul (ANTUNES & RODRIGUEZ, 2006). A amilopectina é um polímero maior e ramificado, com cadeias lineares de D-glicose (α -1,4) e com pontos de ramificações (α -1,6) a cada 20 a 25 moléculas de glicose (ROONEY & PFLUGFELDER, 1986). A diferença na estrutura da amilopectina causa alterações nas propriedades funcionais do amido como a viscosidade, capacidade de hidratação e susceptibilidade às amilases (ANTUNES & RODRIGUEZ, 2006).

Os grânulos de amido são pseudocristais que possuem regiões cristalinas e amorfas, as quais podem influenciar na utilização do amido. A região cristalina, também chamada de micelar, é uma estrutura organizada composta principalmente de amilopectina (ROONEY & PFLUGFELDER, 1986), em forma de estruturas helicoidais duplas estabilizadas por pontes de hidrogênio entre hidroxila (VAN SOEST et al., 1996). Já a região amorfa é rica em amilose com algumas ramificações de amilopectina e apresenta menor densidade que a área cristalina (ROONEY & PFLUGFELDER, 1986). A diferença de proporção entre os tipos de amido no grão causa mudança na capacidade de retenção de umidade, ou seja, quanto maior a quantidade de amilose no grão maior será a umidade retida e requer maiores temperaturas para gelatinizar, esse conjunto de ações são necessários para modificar a conformação das duplas hélices encontradas na amilose (WEBER et al., 2009). Estas estruturas respondem de maneira diferente no processo digestivo, bem como estão associados com fatores intrínsecos ao animal e ao grão.

Alguns fatores podem alterar a digestibilidade do amido tais como: razão amilopectina:amilose, localização e densidade da matriz, característica da camada externa do grânulo, presença da matriz proteica revestindo o grânulo de amido, o método de processamento do grão e a inclusão de fibra na dieta (HARMON & TAYLOR, 2005; OWENS & ZINN, 2005; TURGEON JUNIOR et al., 1983). A digestibilidade do amido é

inversamente proporcional ao teor de amilose presente no grão (SANTOS, 2015), onde quanto mais amilopectina maior a digestibilidade do que um grão que tenha maior teor de amilose.

No processo de fermentação ruminal do milho é necessário o ataque do amido pelos microrganismos amilolíticos, porém a matriz proteica que envolve os grânulos de amido impedem à adesão e penetração (MCALLISTER et al., 1993), o que reduz a hidrólise enzimática (HARMON & TAYLOR, 2005).

Correa et al. (2002), Pereira et al. (2004) e Ngonyamo-Majee et al. (2008) avaliaram a relação entre a degradabilidade ruminal *in situ* do amido e da matéria seca do milho e a vitreosidade do endosperma, e obtiveram resultados semelhantes, ou seja, uma correlação negativa entre a vitreosidade do endosperma e a degradabilidade do amido e da matéria seca do milho, demonstrando desta forma que a medida que a vitreosidade aumenta a degradabilidade diminui. Taylor e Allen (2005) e Philippeau e Michalet-Doureau (1997) constataram a mesma correlação negativa com menor digestibilidade no rúmen, e Correa et al. (2002) observaram a menor digestibilidade total no trato gastrointestinal. Contudo, os efeitos negativos na digestão do amido estão associados com o endosperma vítreo podem ser melhorados por meio de práticas como a ensilagem (fermentação) e o processamento do milho colhido com alto teor de umidade (SZASZ et al., 2007).

Ainda Correa et al. (2002) observaram que o aumento da vitreosidade e da densidade dos grânulos de amido dos híbridos, com o avançar da maturidade, foi acompanhado pela redução na degradabilidade ruminal do amido. Da mesma forma Pereira et al. (2004), estudaram a degradabilidade ruminal de três híbridos de milho (farináceo e dois vítreos) e avaliaram o efeito da maturidade do grão (colhidos nos estádios dentado inicial, metade da linha do leite e linha negra), obtiveram resultado similar sobre degradabilidade ruminal nos estádios dentado inicial e metade da linha do leite. No entanto observaram efeito negativo da maturidade sobre a degradabilidade ruminal com maior vitreosidade do grão.

Como alternativa para maximizar a degradabilidade ruminal e a digestão total do amido do milho, o ideal seria promover o rompimento da matriz proteica e/ou aumento da área de exposição ao ataque dos microrganismos que podem ser obtidos por meio de diferentes métodos de processamento de grãos (SPICER et al., 1986). O aquecimento do grão na presença ou não de água induz a solubilização do amido e diminui a cristalinidade (ANTUNES & RODRIGUEZ, 2006) favorecendo a digestão total do amido.

A grande disponibilidade e tipos de grão para a alimentação animal, seja em confinamento de bovinos de corte e ovinos, não é um entrave para o uso de dietas de alto grão

em confinamentos. Então o principal desafio dos produtores para aumentar o desempenho animal e a viabilidade operacional nos confinamentos se concentra na busca por métodos de processamento do grão para aumentar seu valor nutritivo e maximizar o aproveitamento da energia da dieta pelo animal.

2.4 Processamentos do milho e efeito sobre a digestão do amido

Os grãos de milho, soja e sorgo são importantes na alimentação animal e possuem características que dificultam a digestibilidade, tais como o pericarpo (McAllister et al., 1994), a matriz proteica que reveste os grânulos de amido (Kotarski et al., 1992), fatores antinutricionais, quantidade e tipo de amido, nível de lesão nos grãos, dentre outros. Cada método de processamento possui uma capacidade de alterar as estruturas físicas e químicas do grão.

O processamento a ser definido pelo produtor deve atender aos objetivos que se pretende com a dieta, bem como os custos para o processamento, o tipo de grão, a espécie animal, tipos de equipamentos e local de armazenagem do produto. São muitos os processamentos disponíveis que aumentam a digestibilidade dos grãos e o desempenho animal (ANTUNES & RODRIGUEZ, 2006).

Os métodos de processamento do grão de milho envolvem tratamentos físicos ou físico-químicos. Os tratamentos físicos estão vinculados à redução da partícula (moagem) através do impacto, compressão, corte ou atrito que promova o aumento da superfície de contato sem que haja alteração química do material (MCKINNEY, 2006). Já nos tratamentos físico-químicos ocorre aplicação de calor e/ou vapor causando a gelatinização do amido (floculação, extrusão, micronização, reidratação ou reconstituição, entre outros) (DEFOOR et al., 2006; PERES, 2011).

A secagem consiste na aplicação de calor seco para reduzir a umidade do grão a fim de conserva-lo após a colheita e pode ser artificial ou com colheita mais tardia do grão com baixo teor de umidade, com o propósito de armazenar e reduzir as perdas e evitar problemas com a ação de fungos. Quanto maior a umidade maior será o risco de deterioração (SANTOS, 2015). A colheita deve ser feita com o teor de umidade em torno de 25 a 18% de umidade e a estocagem com menos de 13,5% de umidade (TEIXEIRA, 2020). O local de estocagem e a umidade relativa do ar também possuem papel importante sobre a qualidade do grão durante o armazenamento.

A moagem promove a lesão no pericarpo e não da matriz proteica dos grânulos de amido (MCALLISTER et al., 1990), tem como finalidade reduzir o tamanho das partículas

através do impacto ou atrito, e promove um aumento na digestibilidade do amido e da proteína. Este é o método mais simples, barato e comum de preparo dos grãos. Os fatores que atuam nesta metodologia são o diâmetro dos crivos da peneira (0,8; 3; 5 e 12 mm), potência do equipamento, capacidade e velocidade do moinho, teor de umidade e tipo de grão (SILVA, 2012).

Moron et al. (2000) observaram que a redução do tamanho da partícula do grão seco promoveu incremento na degradabilidade efetiva do amido em comparação ao grão inteiro, sem a necessidade de aplicação de calor quando se pretendia gelatinizar o amido. Este aumento pode ser explicado pela separação dos grânulos de amido na matriz proteica, expondo-os ao ataque dos microrganismos do rúmen (SILVA, 2012b).

A laminação pode ser feita com ou sem vapor, tem como intuito esmagar o grão entre rolos, e a distâncias entre os rolos irá determinar o tamanho da partícula. A laminação a vapor ocorre quando o grão é exposto ao vapor por um curto período de tempo e em seguida laminado (ENSMINGER et al., 1990), de 15 a 20 minutos com uma temperatura de 90 a 95°C (MOURÃO et al., 2012).

A floculação se assemelha a laminação pelo uso do vapor sendo que a diferença está no monitoramento da umidade e na espessura final que é menor (0,9 a 1,1 mm) do que o grão laminado (1,5 a 2,4 mm). Este processamento provoca gelatinização do amido e aumenta a digestibilidade quando comparado com a laminação a seco ou vapor (ENSMINGER et al., 1990).

O cozimento é a aplicação de calor úmido, gera a redução da digestibilidade da proteína e aumenta um pouco a digestibilidade do amido, porém não se observa melhora no desempenho animal (SILVA, 2012), a redução da digestibilidade se deve à ocorrência da reação de Maillard. O cozimento ocorre de 15 a 18 minutos com uma temperatura de 107°C (FREITAS et al., 2005).

A gelatinização é uma mudança irreversível na estrutura dos grânulos de amido devido ao rompimento das pontes de hidrogênio intermoleculares, onde a estrutura do amido é rompida e as moléculas de água interagem com os grupos hidroxilas da amilopectina e amilose o que resulta no aumento do volume dos grânulos e solubilização parcial do amido (ZAVAREZE et al., 2009). Pode ser feita utilizando agentes térmicos, mecânicos, químicos ou a combinação dos mesmos (ROONEY & PFLUGFELDER, 1986). Quando o grão é aquecido em água a uma temperatura de 60°C, o amido tende a inchar, expandindo suas cadeias e parte da amilose (VAN SOEST, 1994), tornando-se mais susceptível à degradação enzimática ou a digestão por microrganismos no rúmen, por facilitar a adesão bacteriana aos

grânulos (HUNTINGTON, 1997). A essa temperatura o inchaço pode ser reversível (retrogradação) com o restabelecimento das pontes de hidrogênio, mas não há a recuperação das características originais do amido (ROONEY & PFLUGFELDER, 1986), porém com um calor de 60 à 80°C, esse aumento de volume é irreversível, perdendo a cristalinidade do amido (FRENCH, 1973). Segundo Nocek e Tamminga (1991), a priori a gelatinização está associada com a região amorfa, porém à medida que o calor e a umidade se associam a região cristalina altera suas ligações, o que facilita a ação de enzimas amilolíticas.

A reconstituição ou ainda também chamada reidratação consiste em elevar o teor de umidade de um grão seco, para 25-30%. No entanto neste processo pode ocorrer elevação da temperatura, mas não é suficiente para que ocorra a gelatinização do amido. Este processamento pode ser uma etapa de preparação do grão para fazer a ensilagem e desta forma garantir a umidade necessária para melhorar o perfil de fermentação e armazenamento da silagem de grão úmido de milho. O produto final é similar ao grão colhido com alta umidade (Silva, 2012). A reconstituição pode ser feita de duas formas com o grão inteiro e depois a moagem ou a reidratação com o grão já moído. Silva (2012) observou que o momento da reidratação é importante pois a moagem após a reconstituição libera boa parte do pericarpo e isso provoca um aumento da velocidade de degradação da fração A+B1, Figura 3. O mesmo autor relatou que não há diferença no consumo, degradabilidade ruminal e concentração ruminal de ácido acético, propiônico e butírico do milho moído fino com o milho reconstituído e moído na dieta utilizada no concentrado de vacas leiteiras.



Figura 3- A- Milho moído fino (1mm); B- Milho reconstituído depois da moagem (5mm) e C- Milho reconstituído antes da moagem (5mm). Fonte: Silva (2012)

Silva (2012) ainda observou que a reconstituição não causou alterações no grânulo, como o rompimento da matriz proteica que envolve os grânulos de amido com 24 horas de reidratação do grão inteiro esse processo não foi suficiente para gerar mudanças que possam melhorar o acesso dos microrganismos ao amido, apenas houve um aumento do espaçamento entre os grânulos.

Ainda o tempo de reidratação e temperatura da água interferem na capacidade de inchamento do grânulo de amido, além da característica do próprio amido como a quantidade de amilose e amilopectina bem como a quantidade de lipídios o que poderia retardar o processo de expansão do grânulo de amido (RAPHAELIDIS & GEORGIADIS, 2006).

Lopes et al. (2005) avaliaram os efeitos dos métodos de reconstituição de grãos de milho sobre a qualidade da silagem. Trabalharam com grãos misturados à água em diferentes temperaturas: 1- grão inteiro misturado com água a 4°C, por 72 horas; 2 - grão inteiro misturado com água a 75°C; 3 - grãos moídos e misturados com água à temperatura ambiente. Os três métodos foram eficientes, permitindo atingir a umidade desejada (33 a 34%). A melhor forma de reconstituição foi o tratamento 2 que proporcionou maior porcentagem de ácido lático e menor de ácido butírico.

Outro tipo de processamento é a fermentação, um sistema de conservação do alimento em meio anaeróbico, onde por ação de microrganismos os carboidratos solúveis são utilizados como meio de substrato para o crescimento microbiano e os produtos liberados abaixam o pH até que ocorra uma estabilização. Este processo promove degradação das prolaminas por ação de proteases (HOFFMAN & SHAVER, 2015), o que resulta no aumento da degradabilidade do amido e diminui a da fibra em detergente neutro se comparado com toda parte aérea natural (PEYRAT et al., 2014).

A ensilagem de grão de milho pode ser feita de dois modos, uma com a colheita do grão mais úmido com isso anteciparia a colheita em até 30 dias, em contrapartida o milho neste ponto não pode ser armazenado de outra forma se não for como silagem. Este processo evita perdas por ataques de ratos, carunchos e traças, porém tem como desvantagem a impossibilidade de comercialização. Só o fato de usar o milho ensilado com alta umidade já proporciona melhor aproveitamento da dieta quando comparado com o grão seco (SILVA et al., 2007) e melhor produção de ácidos graxos voláteis totais quando comparado ainda com o uso de sorgo úmido (PASSINI et al., 2003).

Outra maneira seria utilizar o grão de milho colhido no período convencional e fazer o processo de reidratação do grão elevando a sua umidade para então produzir a silagem, a vantagem seria um melhor controle da umidade inserida no milho, planejamento da

quantidade e período a ser realizado, e ainda poder comprar o milho seco de outros produtores para então processar. O processo de secagem do grão a campo ou em secador comercial modifica a população bacteriana do milho seco em comparação ao grão colhido úmido (SILVA, 2016). Observa-se uma menor quantidade de *Lactobacillus* (9,1%) no milho reidratado e ensilado e ausência de *Clostridium* (CARVALHO, 2014).

O processo de ensilagem leva a degradação da matriz proteica que envolve os grânulos de amido, por enzimas dos microrganismos presentes na silagem, o que resulta no aumento da degradabilidade ruminal do amido (HOFFMAN et al., 2011). A zeína é degradada pela solubilização ou atividade proteolítica durante o processo de ensilagem, e também pode ser solubilizada com o ácido lático e acético (LAWTON, 2002).

O problema da ensilagem de grão de milho úmido é a maior susceptibilidade à deterioração aeróbica, por isso a importância de inoculantes com bactérias heterofermentativas (SILVA, 2016).

O ácido acético tem um papel antifúngico, o que leva a uma redução do número de leveduras (KLEINSCHMIT et al., 2006), que são os principais agentes deteriorantes na silagem. O uso de aditivo na ensilagem como o *Lactobacillus buchneri* pode melhorar a estabilidade aeróbica, pois esta bactéria heterofermentativa ao fazer a fermentação produz como produtos da fermentação glicose e frutose, ácido lático, ácido acético, manitol e etanol. No caso do ácido acético ele vai atuar sobre a estabilidade interna do pH da célula microbiana prejudicando o crescimento, multiplicação da maioria das bactérias (LAMBERT & STRATFORD, 1999).

O aumento do período de estocagem da silagem aumenta a hidrólise da prolamina e isso resulta no aumento da degradabilidade ruminal *in situ* às 12 horas de incubação (FERNANDES et al., 2015). O uso da silagem pronta após o tempo necessário de estabilização da fermentação, bem como a combinação de diferentes processamentos no beneficiamento do grão de milho quando comparados com o grão inteiro seco (sem qualquer beneficiamento) promove diferenças no aproveitamento no trato gastrointestinal e por consequência diferentes desempenhos dos animais.

O desempenho de animais confinados em dieta de silagem de grão de milho com alta umidade proporciona uma melhor eficiência alimentar do que o grão seco de 9,70% relatado por Henrique et al. (2007). Deve-se provavelmente aos danos na matriz proteica e proteólise durante a ensilagem, além do aumento da área de superfície ao ataque dos microrganismos, o que leva ao aumento da digestibilidade no trato digestível total (FERRARETTO et al., 2013).

Associar dois ou mais métodos de processamentos, melhora ainda mais a eficiência da

digestão dos alimentos processados para a alimentação de ruminantes (THEURER, 1986). Desta forma a magnitude da alteração promovida pelo processamento é inversamente proporcional à digestibilidade do grão não processado. O uso do processamento envolvendo umidade (floculação, reidratação, cozimento, gelatinização, entre outros) melhora a degradação e aproveitamento da dieta por facilitar o aproveitamento do amido, quando comparado ao processamento mecânico. Desta forma, Carareto et al. (2011) avaliaram o efeito de quatro métodos de processamentos do milho (moagem, laminação à seco, floculação e ensilagem de grão úmido) e duas inclusões de bagaço de cana-de-açúcar (12 ou 20% na MS da ração total). Observaram um maior ganho de peso e melhor valor de energia líquida da dieta para os grãos de milho floculados e ensilados úmido.

A intensidade ou capacidade de lesar a matriz proteica e romper as ligações entre as pontes de hidrogênio resulta em maior digestibilidade do amido. Zeoula e Caldas Neto (2001) verificaram o efeito de diferentes processamentos sobre a digestibilidade aparente e obtiveram os seguintes resultados para grão de milho moído (90%), laminado (92,2%), laminado a vapor (93,2%), silagem de grão úmido (95,3%) seguido do milho floculado (98,9%).

Beauchemin et al. (1994) avaliaram grãos inteiros, partidos ao meio, em quatro partes e os grãos mastigados, em bovinos fistulados no esôfago e rúmen, notaram uma semelhança na curva de degradação ruminal de grãos partidos em quatro e mastigados. Desta forma pode-se concluir que muitas vezes não haverá necessidade com gastos em processamento caso o animal mastigue e rumine garantindo a lesão do grão, ou que seja importante elaborar dietas que estimulem a ruminação, para melhor aproveitamento do amido na fermentação ruminal ou facilitar até a digestão no intestino delgado, com o objetivo de garantir melhor aproveitamento e reduzir as perdas fecais do amido.

Corona et al. (2006) testaram diferentes métodos de processamento do grão de milho utilizando bovinos em terminação e constataram valores para digestibilidade do amido total de 98,8, 86,3, 92 e 76%, respectivamente para milho floculado, laminado, moído e inteiro. Estes resultados evidenciam a importância do processamento do grão sobre a digestibilidade, eficiência alimentar e ganho de peso final.

Owens et al. (1997) fizeram comparações de resultados com diferentes fontes de amido e métodos de processamento sobre o desempenho de gado de corte, e concluíram que fontes de amido que possuem alta digestibilidade ou que sofreram algum método de processamento, e proporcionaram um aumento da energia metabolizável das rações com diminuição do consumo de matéria seca sem alterar o ganho de peso com isso resultou na melhora da eficiência alimentar. Caetano (2012), ao testar o efeito de processamento do milho

(grão úmido ensilado ou moído) e diferentes teores de fibra insolúvel em detergente neutro proveniente de forrageira, observou o mesmo ganho de peso com menor ingestão e perdas fecais de amido por animais alimentados com grão úmido ensilado. O menor consumo, provavelmente se deve à maior digestibilidade do grão úmido, promovendo uma saciedade energética dos animais e melhoria na eficiência alimentar.

Sullins et al. (1971) estudaram quatro métodos de processamento de grãos: grão moído seco, grão moído seco e reconstituído, grão moído seco, reconstituído e moído novamente, e grão reconstituído inteiro e moído. Análises microscópicas indicaram que a estrutura do endosperma do grão reconstituído foi modificada, o que facilitou a liberação dos grânulos de amido e corpos de proteína, e representaram a alta proporção de pequenas partículas no grão moído. Segundo os autores, a liberação de amido e proteína, combinada com a diminuição do tamanho das partículas, provavelmente, explica o aumento da eficiência alimentar do grão reconstituído.

Não é só o conjunto de processamentos que interferem no valor nutricional e digestibilidade total do milho (matéria seca e amido), mas a escolha do grão e suas características intrínsecas como a vitreosidade e grau de maturidade estão relacionadas entre si. Szasz et al. (2007), usaram silagem de milho úmido preparada a partir de híbridos dentados e duros e observaram maior digestibilidade total e ruminal do amido com o milho duro. Quando os grãos vítreos e farináceos foram moídos, o grão vítreo apresentou menor tamanho de partícula do que o farináceo, pois segundo os autores o farináceo seria mais flexível dessa forma menos danificado (presença de partículas maiores) depois da moagem do que o vítreo.

Em relação à maturidade do grão quanto mais elevada for, maior a vitreosidade e menor será a digestibilidade (PEREIRA et al., 2004). Neste contexto o processamento para grãos maduros aumenta a degradabilidade ruminal do amido.

Os grãos vítreos produzidos no Brasil podem responder mais ao processamento que grãos de endosperma farináceo (ANDRADE FILHO et al., 2010; SODERLUND & OWENS, 2006), ou seja, a resposta ao processamento do grão é inversamente proporcional a digestibilidade do amido do grão na forma original. De maneira resumida quanto maior a granulometria da partícula ingerida menor a degradabilidade ruminal do amido (PEYRAT et al., 2014).

2.5 Aproveitamento do amido nas diferentes partes do trato gastrointestinal

O trato digestivo em ruminantes pode ser dividido em três partes: rúmen-retículo (degradação por fermentação microbiana), abomaso e intestino delgado (digestão por

enzimas) e intestino grosso (fermentação). A digestão do amido no rúmen ocorre pelos microrganismos, protozoários e fungos e a velocidade de degradação do amido varia conforme a presença das barreiras primárias no pericarpo e matriz proteica, que limitam o acesso dos microrganismos aos substratos o que resulta numa digestibilidade do grão de amido de dentro para fora. Os protozoários e fungos podem ser responsáveis por degradar até 50% do amido da dieta, quando o protozoário engolfa os grânulos de amido e pode levar até 36 horas para metabolizar completamente (COLEMAN, 1986). Quando aumenta a quantidade de grãos na dieta ocorre um declínio na população de protozoários (SILVA, 2012), o que pode corroborar com a queda do pH ruminal e aumentar o risco de acidose, pois dietas ricas em grãos promovem um aumento na produção de propionato em relação a uma dieta com forragem onde ocorre maior produção de acetato (OWENS, 1988).

Os fungos possuem pouca participação na degradação ruminal, mas são importantes em dietas com muito concentrado, pois atuam na ruptura das barreiras primárias (pericarpo) para a digestão do endosperma vítreo e posterior colonização por bactérias (MCALLISTER & CHENG, 1996).

A fermentação microbiana no rúmen e intestino grosso resulta na produção de ácidos graxos voláteis, metano e calor, enquanto que a digestão no intestino delgado fornece glicose. Em dietas com alta concentração de carboidratos não-fibrosos é importante o aporte de proteína degradável no rúmen que atenda a demanda de microrganismos produtores de ácidos graxos voláteis (AGV) e amônia (ANTUNES & RODRIGUEZ, 2006). O excesso de AGV ou amônia são prejudiciais na manutenção do ambiente ruminal adequado, sendo que a alta concentração de AGV atua na queda do pH causando inibição dos microrganismos mais sensíveis prejudicando a degradabilidade da fibra no rúmen. De maneira geral, quanto maior a degradabilidade do amido no rúmen maior a síntese de proteína microbiana (SILVA, 2012). Existem vários fatores relacionados que interferem com quantidade de amido que chega ao intestino delgado, como a quantidade ingerida, fonte de amido, tamanho de partícula, taxa de digestão e taxa de passagem no rúmen.

O amido que não foi digerido no rúmen atinge o intestino delgado onde será digerido de maneira semelhante aos monogástricos, obtendo valores para digestibilidade intestinal do amido variando de 17,3 a 84,9% (HARMON, 1992). O uso de dietas com alto teor de amido, potencialmente degradável no rúmen, reduz a quantidade digerida no intestino delgado (THEURER et al., 1999).

A digestão pós-ruminal do amido é realizada por enzimas de origem pancreática (α -amilase) e de células da parede do intestino delgado (produtoras de enzimas maltase e

isomaltase). A produção e secreção de amilase pancreática dependem da quantidade de amido que chega ao intestino, e a atividade dessa enzima é influenciada pelo pH, onde seu ponto ótimo de ação seria em pH 6,8 e com decréscimo a medida que aumenta acidez. Segundo Russel et al. (1981) o aumento da idade não influencia na atividade das enzimas maltase e isomaltase. Em relação à maltase atua sobre a digestão das moléculas segregadas do amido sobre as ligações α -(1→4), e a isomaltase age sobre as ligações α -(1→6) (ANTUNES & RODRIGUEZ, 2006).

Conforme Taniguchi et al. (1995) a digestão do amido no intestino delgado possui um limite máximo de capacidade de digestão sendo até 800 g/dia de amido em novilhos de corte e quantidades superiores causam o amolecimento das fezes. Essa capacidade máxima de digestão no intestino se deve: a quantidade limitada de produção de α -amilase, maltase e isomaltase além de possíveis inibidores, capacidade de absorção limitada de glicose pela membrana do íleo, tempo insuficiente de hidrólise do amido e o não acesso das enzimas ao amido devido a matriz proteica que envolve o grânulo do amido (OWENS et al., 1986). Sabe-se que existe uma relação entre a digestibilidade total e o teor de amido fecal (Figura 3), isso está atrelado a capacidade de digestão e quantidade de amido fornecido, conforme aumenta a oferta de amido ocorre uma redução na eficiência de digestão do amido com isso maiores perdas fecais.

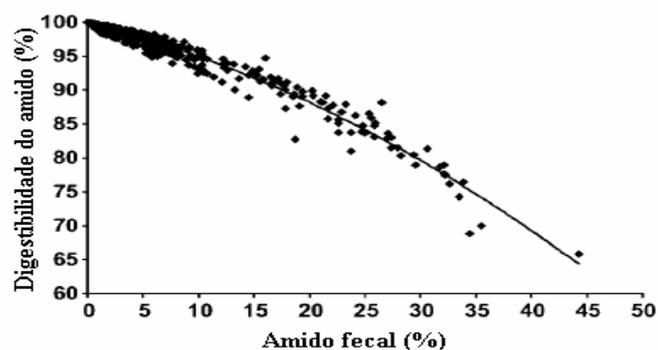


Figura 3. Relação entre a digestibilidade do amido no trato total (%) e o teor de amido fecal (%). Adaptado: Zinn et al. (2007)

Têm-se levantado especulações se a α -amilase pancreática seria o fator limitante da degradação intestinal do amido (HUNTINGTON & JUNELL, 2010). Alguns autores relatam que a produção do pâncreas é limitada e não responde ao aumento de concentração de amido da dieta (KREIKEMEIER et al., 1990; LARSEN & KRISTENSEN, 2009). Contudo, Kreikemeier & Harmon (1995) avaliaram em novilhos a infusão abomasal de glicose,

dextrose e amido de milho, observaram que a digesta ileal, era composta em grande parte por dissacarídeos e pouca glicose livre, e concluíram que a digestão seria limitada pela baixa atividade das dissacaridases. Ainda Harmon (2009) observou em sua revisão que a ingestão de amido parece não interferir nas concentrações das enzimas das células com borda em escova do intestino. Desta forma tem a influência de vários fatores sobre a digestibilidade do amido e não apenas um fator de maneira exclusiva (HUNTINGTON & JUNELL, 2010).

O amido que escapa da digestão do intestino delgado é fermentado no intestino grosso ou pode ser eliminado nas fezes.

No intestino grosso ocorre a fermentação do amido, tendo novamente perdas por gases e calor, além do não aproveitamento da proteína microbiana que sai nas fezes.

O excesso de amido que chega ao intestino grosso é fermentado, sendo o produto da fermentação os ácidos graxos voláteis que resultam na queda do pH da digesta o que aumenta a osmolaridade, irrita a mucosa intestinal e provoca diarreia e com isso diminuição da matéria seca fecal (CHANNON et al., 2004). Com isso é comum animais em confinamento com dietas de alto grão e concentrado apresentar fezes diarreicas.

O processamento feito no grão interfere no aproveitamento do amido durante todo o trato gastrointestinal do animal e quanto maior o tamanho da partícula maiores as perdas de amido nas fezes, com até 50% de perdas fecais comparando com uma moagem de 1 e 5 mm (SILVA, 2012).

Huber et al. (1961) destacaram que a menor digestibilidade do amido não é restrita apenas à produção enzimática insuficiente, mas também com o processamento do amido e a taxa de passagem no intestino, ou seja, o tempo insuficiente de permanência no intestino para aproveitar e digerir o amido presente na digesta.

Taylor e Allen (2005) avaliaram grãos de milho com diferentes vitreosidades, um tratamento com 3% de vitreosidade (milho farináceo) e outro com 67,2% de vitreosidade (milho vítreo). Foram utilizadas vacas canuladas no rúmen e no duodeno, e observaram valores de 57 e 35% para digestibilidade aparente, 62,1 e 46,3% para degradabilidade ruminal do amido, 39,3 e 56,8% para digestibilidade pós-ruminal do amido, 83,6 e 90,8% de fluxo de amido para o duodeno e 96,3 e 91,7% de digestibilidade aparente total, respectivamente para o milho farináceo e vítreo. Observaram menor digestibilidade do grão vítreo no rúmen, no entanto o valor da digestibilidade total se aproxima do farináceo o que sugere uma digestão compensatória nos intestinos.

Fornecer amido degradável no rúmen é importante para maximizar a produção de proteína microbiana e com isso reduzir a perda ruminal de amônia (CLARK; KLUSMEYER;

CAMERON, 1992), o que reduz as perdas fecais de amido. Pode-se manipular a proporção de amido digerido no rúmen ou intestino através de processamento do grão (THEURER et al., 1999). Porém, quando ocorre maior digestão ruminal do amido isso pode deprimir o consumo (ALLEN, 2000) e aumentar chances de acidose ruminal (OBA & ALLEN, 2003).

A maior digestibilidade ruminal de amido pode ser uma desvantagem em relação a digestão intestinal, em função de perdas via metano e calor no rúmen, de acordo com Owens et al. (1986) a digestão intestinal do amido é 42% energeticamente mais eficiente que a ruminal. Contudo, quando ocorre o processamento do grão ocorre maior digestibilidade total do amido em relação ao não processado, dessa forma as perdas ruminais por metano e calor seriam compensadas pela maior síntese de proteína microbiana o que contribuiria para melhor desempenho animal (PERES, 2011). Apesar de mais eficiente a digestão no intestino delgado do que a ruminal, a glicose absorvida é utilizada pelas células intestinais (LARSEN & KRISTENSEN, 2009; REYNOLDS et al., 2001).

Owens et al. (1986) apresentaram valores de digestibilidade do amido dos grãos de milho e sorgo no trato digestivo total de ruminantes processados por vários métodos (Tabela 1).

Tabela 1. Efeito do processamento dos grãos de milho sobre o local de digestão do amido no trato digestivo dos ruminantes

Método de processamento	% de amido digerido			Trato Dig. Total
	Rúmen	Intestino		
		Delgado	Grosso	
Inteiro	58,9	17,0	2,8	91,7
Moído Grosso	68,9	12,9	8,2	87,6
Laminado	71,8	16,1	4,9	93,2
Moído Fino	77,7	13,7	4,3	93,5
Ensilado	86,0	5,5	1,0	94,6
Floculado a vapor	82,8	15,6	1,3	97,8

Dados compilados por Owens et al. (1986).

Comparando os métodos que reduzem o tamanho de partícula dos grãos com a ensilagem, esta foi mais efetiva em aumentar a digestão do amido, principalmente no rúmen. Os grãos de milho floculado a vapor e moído fino apresentaram maior extensão da digestão

do amido no rúmen e no trato digestivo total que aqueles laminados ou moídos grosseiramente. Dessa forma, o suprimento de amido para o intestino delgado é maior quando o milho é fornecido aos animais com maiores tamanhos de partículas. Provavelmente as partículas maiores resistem à captação de água e terão maior resistência ao ataque por microrganismos no rúmen e enzimas nos intestinos (OWENS, 2005).

A extensa digestão do amido de grãos úmidos de milho ocorre devido ao desaparecimento do amido tanto no rúmen como nos intestinos. Dois fatores são críticos para máxima eficiência alimentar e digestão ruminal de amido de grãos úmidos: teor de umidade adequado (preferencialmente acima de 26%) e tempo suficiente para o processo de fermentação. Observou-se que quando ensilado entre 20 e 24% de umidade, grãos úmidos de milho foram piores em eficiência alimentar do que grãos secos, laminados, ou grãos úmidos com maior umidade (OWENS, 2005; SILVA, 2012b).

Geralmente considera-se que a utilização mais eficiente de amido pelo animal ocorreria se o amido fosse digerido no intestino delgado (maior produção de glicose ao invés de AGV). Entretanto como mencionado anteriormente o processamento do grão pode alterar significativamente a digestão do amido no trato digestivo total em decorrência do aumento do amido degradado no rúmen. Embora ensaios com animais não confirmam mudanças no trato gastrointestinal, mas evidenciam que o processamento melhora significativamente a eficiência da utilização do grão (HALE, 1973).

2.6 Síntese de α -amilase pelo pâncreas

O carboidrato é a principal fonte de energia do ruminante e o excesso de amido que chega ao intestino delgado é digerido principalmente pela ação de enzimas presentes no suco pancreático e enzimas na parede do intestino delgado (digestão de dissacarídeos). Quanto mais carboidrato chegar ao intestino delgado maior será a produção e liberação de suco pancreático, porém ocorre uma redução na eficiência de digestão luminal, ou seja, da atividade da amilase (WALKER & HARMON, 1995). A produção pancreática tende a acompanhar o aumento de carboidratos na dieta, até certo limite.

Na literatura ainda não se tem avaliados todos os fatores capazes de influenciar a produção de suco pancreático e suas enzimas, sendo então destacados alguns dos achados que possuem influência direta com a criação de ovinos.

Swanson et al. (2000) quando avaliaram uma dieta com alto teor de amido e energia líquida de manutenção observaram aumento do peso do pâncreas, com maior produção do suco pancreático e atividade da alfa amilase e uma redução na expressão do RNAm para a

produção da α -amilase.

O teor de glicose sanguínea é um fator relacionado inversamente com a liberação da amilase pancreática. Call et al. (1975) observaram que a maior infusão de glicose no sangue levou à inibição da liberação de amilase pancreática. Isso é uma ação do corpo para regular o excesso de digestão de carboidratos e absorção de glicose.

Magee (1961) testou a infusão intravenosa de secretina com doses que variaram de 5 a 20 unidades, o que promoveu aumento linear do volume de suco pancreático, bem como ocorreu aumento da atividade pancreática. O autor constatou que o aumento da secreção pancreática foi estimulada tanto pela secretina quanto pelo ácido clorídrico, enquanto a atividade da amilase estava diretamente relacionada. Quanto maior foi a frequência da infusão para estimular a produção e liberação do suco pancreático, houve uma redução gradativa da quantidade total secretada e concentração de amilase ao longo do tempo. Desta forma, a produção e liberação de suco pancreático não é a mesma ao longo do dia, depende dos estímulos e da frequência dos mesmos.

Janes et al. (1985) coletaram amostras do intestino de animais alimentados apenas de capim e de outro grupo a base de milho moído e observaram que não houve efeito da dieta sobre a atividade da α -amilase absorvida, tão pouco sobre as atividades específicas de qualquer enzima do tecido pancreático, com atividade total maior da maltase e da oligo-1,6-glucosidase em dieta a base de milho. Concluíram que os ruminantes são capazes de digerir grandes quantidades de amido no intestino delgado desde que haja uma adaptação à dieta.

A literatura é contraditória quanto à presença de aditivos que influenciam na atividade da amilase. Ilan et al. (1981), destacaram que podem alterar a atividade da amilase em ruminantes, onde a monensina tenha aumentado a atividade enzimática da amilase e lipase, enquanto ocorreu redução da tripsina e quimotripsina em bezerros desmamados. Por outro lado, Johnson et al. (1986) utilizaram 22 ppm de monensina em uma dieta baseada em 80% de milho em ovinos e observaram menor proporção de acetato:propionato no rúmen, porém não foi afetado o fluxo bilepancreático e a atividade da amilase.

Rogers et al. (1991) compararam o efeito da alimentação e da infusão de monensina (33 mg por animal) sobre a digestão da dieta em ovinos, observaram que a monensina aumentou a digestibilidade da matéria orgânica no rúmen e no intestino delgado, já a infusão via duodeno não teve efeito em nenhum parâmetro principalmente na atividade da amilase, sendo que o efeito metabólico observado foi o aumento da glicose plasmática, com isso concluíram que a monensina não atua no intestino delgado quando usado como promotor de crescimento em ovinos.

Outro fator que estimula a produção do suco pancreático é a presença de ácido graxo na corrente sanguínea, sejam eles butírico, acético e propionato, Harada & Kato (1983) testaram a infusão de ácido graxo via sangue em carneiros anestesiados e observaram que todos os ácidos graxos de cadeia curta estimulam diretamente as células acinares pancreáticas incitando à secreção, dentre eles o butirato (625 mmol/kg) foi superior aos demais, com aumento 13 vezes a mais no fluxo do suco, 26 vezes na produção de proteína e 37 vezes na produção de amilase acima dos níveis basais em cinco minutos, porém retornou ao nível basal em 30 minutos.

2.7 Fatores que interferem no uso de dietas de alto grão, desempenho e qualidade da carcaça

A ovinocultura é uma atividade de potencial e importância sócio-econômica para o Brasil, por possuir ciclo curto de produção, capacidade de adaptação a diferentes ambientes, alternativa de diversificação de renda nas propriedades, carne de qualidade e perspectivas de aumento no consumo interno (BERNARDES, 2014).

As dietas baseadas em volumosos requerem grandes áreas de produção, investimentos e manuseio com menores produções por área, bem como a variação de qualidade nutricional e quantidade de massa, enquanto que dietas com grande proporção de concentrado garantem o abate de animais mais jovens com elevado ganho de peso e mais fácil armazenamento do alimento (CARVALHO et al., 2006), pouca variação do valor nutricional da dieta e permite maior homogeneização de mistura da dieta para ser ofertada ao animal. Embora a produção a pasto seja economicamente mais baratas que as dietas de alto concentrado, a diferença entre as duas durante a escolha de qual ingrediente a utilizar irá depender do valor e do ganho de peso que a dieta pode proporcionar.

A dieta predominante em volumoso resultam em carcaças e carnes mais escuras (PRIOLO et al.; 2002) e com a gordura mais amarelada devido ao acúmulo de carotenóides proveniente da forragem (PRACHE et al.; 2003). Entretanto animais em dietas com alto concentrado produzem carnes mais macias por antecipar o abate e com maior teor de gordura intramuscular (LEÃO et al.; 2011). Desta forma o confinamento de ovinos se deve a uma motivação de abater animais cada vez mais jovens a fim de reduzir a idade ao abate, os custos e garantir uma carne de cordeiros de melhor acabamento quando comparados com o sistema exclusivo a pasto (MACEDO et al., 2000).

Dentre os fatores que influem sobre o aproveitamento do alimento pelo animal

destacam-se a duração de mastigação por unidade de consumo, resistência à fragmentação física, necessidade energética para moagem, adesão e degradação bacteriana. A mastigação sofre influência da flexibilidade da fibra, pois a lignina a torna inflexível e rígida ao corte. A taxa de passagem é influenciada pelo nível de consumo, sistema de alimentação, tamanho de partícula, qualidade e proporção de volumoso, além do tipo de processamento (VAN SOEST, 1994).

Existe grande preocupação ao usar dietas de alto grão devido a perdas de grãos nas fezes, muito comum em confinamento de bovinos, mas os ovinos possuem a capacidade de aproveitamento do grão inteiro, pois ele não sendo capaz de seguir pelo orifício retículo-omasal (partículas até 1,18 mm segundo POPPI et al. (1980), estimula a ruminação. Desta forma o grão serve como fibra efetiva promovendo motilidade ruminal e a ruminação, o que proporciona maior salivação (auxilia no tamponamento ruminal) e redução das partículas para um melhor aproveitamento da dieta. Bolzan et al. (2007), constataram que não há necessidade de moagem do grão, pois os ovinos são eficientes no processo mastigatório.

Os ovinos, bem como os bovinos, não são fisiologicamente adaptados a dietas de alto grão, o que provoca alterações no perfil microbiano e no padrão de fermentação ruminal (RUSSEL & RYCHLIK, 2001), e quando não é feita a adaptação gradativa à dieta pode ocorrer transtornos metabólicos como a acidose ruminal. A acidose é a segunda causa de morbidade e mortalidade em confinamentos, causada pelo alto consumo de carboidratos fermentáveis e grãos processados com alta taxa de fermentação ruminal (NAGARAJA & LECHTENBERG, 2007). Muitas vezes isso ocorre quando os animais não foram adaptados as dietas ricas em concentrado, como em bovinos no momento de entrada em confinamento ou após um período de pouco aporte alimentar, por exemplo, animais a pasto no período da seca e em seguida recebem alta quantidade de alimento concentrado (KLEEN et al., 2003).

A variação no consumo pode definir 60 a 90% do desempenho, sejam por motivos inerentes ao animal (condição fisiológica, composição corporal, sexo, idade e raça), fatores ambientais e relacionados à dieta (MERTENS, 1994). A escolha da dieta influencia no comportamento, no ganho de peso e principalmente no custo, pois a alimentação representa até 80% do custo de produção em confinamentos (RESTLE & VAZ, 1999). Uma alternativa em confinamento é o uso de dietas de alto grão, que buscam reduzir os custos com menor tempo de permanência no confinamento, com isso menor idade ao abate, com o peso e acabamento de gordura almejado pelo abatedouro e melhor conversão alimentar do que animais mantidos a pasto com suplementação.

As dietas de alto grão têm sido adotadas com o intuito de intensificar o sistema de produção, por permitir o abate de animais mais jovens e com acabamento adequado sem que ocorra prejuízo à qualidade da carne (LEME et al., 2003). Além do benefício ambiental com menor produção de metano (ALMEIDA, 2010) do que dietas com maior participação de volumoso, a melhoria na eficiência alimentar promovida por dietas de alto grão implicaria em grande impacto econômico por se tratar de uma variável diretamente associada ao custo com alimentação (ARTHUR et al., 2004).

Em dietas com alta participação de concentrado ocorre deficiência de fibra efetiva e consequentemente menor tempo de ruminação, menor secreção salivar e queda no pH ruminal (LUCCI et al., 2008). Quanto menor o tamanho das partículas menor a capacidade de estimular a ruminação, com isso o bolo alimentar não é remastigado e ensalivado novamente, a saliva que é um tamponante natural deixa de contribuir com o controle do pH ruminal. Além disso, o alimento concentrado é mais facilmente degradado no rúmen produzindo acúmulo de ácidos graxos voláteis que contribui ainda mais com a queda do pH, promovendo a redução do número de bactérias celulolíticas.

Contudo quando a adaptação é bem feita o aumento gradativo de concentrado na dieta permite um equilíbrio de bactérias produtoras e utilizadores de ácido lático, como *Streptococcus bovis* e *Lactobacillus ssp.*, e *Selenomonas ruminantium* e *Megasphaera eldesnii*, respectivamente (FERNANDO et al., 2010).

Além da adaptação, é importante o uso de aditivos que auxiliem na manutenção de um pH adequado que não leve ao estabelecimento de acidose ruminal, como tampões e ionóforos que atuam sobre as bactérias gram positivas a fim de proporcionar um pH ruminal estável e evitar acidose ruminal e lesões hepáticas.

A seguir estão descritos alguns achados na literatura do uso da dieta de alto grão, em que o milho é o principal componente e seus efeitos no desempenho e qualidade de carcaça. Lima et al. (2013) estudaram diferentes proporções de concentrado (60, 80 e 100%) na dieta de terminação de cordeiros Texel, observaram que com 100% de concentrado (85% de grão inteiro e 15% de suplemento nutricional) houve maior rendimento verdadeiro da carcaça (58,3%), área de olho de lombo (17,6 cm²) e acabamento de carcaça (3,25). As dietas de 80 e 100% não apresentaram diferença nas características de carcaça e qualidade de carne, exceto para o rendimento verdadeiro (55,2 e 58,3%) e força de cisalhamento (4,13 e 3,18 kgf/cm²), respectivamente.

De maneira geral não há grandes variações na carcaça, tão pouco sobre a qualidade de carne que seja necessário usar 100% de concentrado na dieta ao invés de 80%, esta seria uma

dieta mais barata e com resultado similar, de mais fácil adaptação e sem grandes excessos de gordura na carcaça.

Urano et al. (2006) avaliaram o consumo e desempenho de cordeiros Santa Inês submetidos a dieta com 10% de volumoso e 90% de concentrado, compararam quatro tratamentos com diferentes proporções de inclusão do grão de soja na dieta (0, 7, 14 e 21% na matéria seca), observaram que o consumo de matéria seca, proteína e o ganho de peso vivo foi reduzindo linearmente a medida que adicionou o grão de soja na dieta, e o extrato etéreo aumentou linearmente. As características de conversão alimentar e rendimento de carcaça não diferiram entre os tratamentos. A dieta sem a inclusão de grão de soja tinha 70,3% de matéria seca composta por grão de milho moído, possibilitou um consumo de matéria seca de 1,1 kg/dia, 43,8 g/dia de extrato etéreo, 199,2 g/dia de proteína bruta, ganho de peso médio de 298 g/dia, 3,6 de conversão alimentar, peso corporal ao abate de 38,3 kg, rendimento da carcaça fria de 48,4%, quebra de peso por resfriamento de 2,5, 15,5 cm² de área de olho de lombo e 1,5 mm de espessura de gordura subcutânea.

Bernardes et al. (2015) compararam dietas de alto grão em cordeiros onde o diferencial era o tipo de grão fornecido: milho grão, aveia branca, arroz e aveia preta, balanceados para terem o mesmo teor de proteína bruta e quantidade de núcleo, variando a quantidade de farelo de soja e calcário calcítico. Constataram que com a dieta com milho obtiveram maiores valores de consumo de matéria seca (885 g/dia), proteína (164 g/dia), extrato etéreo (20 g/dia), carboidratos não estruturais (411 g/dia) e nutrientes digestíveis totais (731 g/dia). Além de maior ganho de peso médio diário (306 g/dia), menor conversão alimentar (3,07), menor número de dias para o abate (42 dias), menor custo total da dieta (R\$ 27,92), porém com maior custo total por dia (R\$ 0,66). Portanto, por mais que a dieta com milho seja mais cara, o animal conseguiu atingir a média de peso ao abate (32 kg) estabelecido com menor número de dias, menor conversão alimentar, o que compensou o confinamento em relação as demais dietas.

Borges et al. (2011) avaliaram dietas de alto grão de milho com substituições crescentes do milho por aveia preta (0, 15 e 30% base natural), e observaram que não teve diferença para o consumo, desempenho e carcaça. Com o tratamento contendo apenas milho obtiveram os seguintes resultados: consumos de matéria seca de 1,86 kg/dia, 200 g/dia de proteína, 74 g/dia de extrato etéreo, 370 g/dia de fibra em detergente neutro, ganho de peso médio diário de 267 g, conversão alimentar de 3,52, acabamento 3,25 e peso vivo final de 33,62 kg com 42 dias de confinamento.

Venturini et al. (2016) avaliaram cordeiros e borregos da raça Corriedale em

confinamento com dietas de alto grão (10% volumoso e 90% concentrado) com milho ou sorgo, quando compararam as dietas não houve diferença alguma no consumo e desempenho dos animais, quando compararam a categoria observaram que os cordeiros tiveram maior consumo de nutrientes, ganho de peso e menor conversão alimentar. As médias obtidas com a dieta de alto grão foram: 992 g/dia de matéria seca, 157 g/dia de proteína bruta, 50 g/dia de extrato etéreo, 160 g/dia de fibra em detergente neutro, 179 g/dia de ganho médio de peso, 5,82 de conversão alimentar e 3,15 de escore de conformação.

Zarpelon et al. (2015) avaliaram o desempenho e características da carcaça de cordeiros Texel submetidos a diferentes dietas de alto grão com níveis crescentes da substituição do milho grão por casca de soja peletizada (0, 15 e 30% na matéria natural) e 15% da dieta da mistura de concentrado proteico, mineral e vitamínico. Os resultados revelaram um aumento crescente no consumo da matéria seca, proteína, fibra em detergente neutro e conversão alimentar à medida que se aumentou a participação da casca de soja na dieta. Houve efeito quadrático no ganho de peso dos animais e no peso corporal final, sem diferença nas características de carcaça. O tratamento sem casca de soja teve um consumo de 1,854 kg/dia de matéria seca, 199 g de proteína bruta, 373 g/dia de fibra em detergente neutro, 1,479 kg de nutrientes digestíveis totais, ganho médio diário de 267 g, conversão alimentar de 3,51, peso corporal final em jejum de 33,63 kg, peso da carcaça fria de 16,99 kg e perda por resfriamento 3,32%.

Oliveira Junior et al. (2015) avaliaram o desempenho de ovinos terminados em confinamento com dietas de alto grão com milho e sorgo, inteiro ou moído, em uma proporção de 85% do grão e 15% de núcleo. Observaram que o peso ao abate, ganho de peso total e idade ao abate não diferiram entre os tratamentos. Os dados de peso corporal inicial foram de 28,08 e 27,04 kg, peso corporal ao abate 41,94 e 41,12 kg, ganho de peso total 13,85 e 14,08 kg, ganho de peso médio diário 219 e 258 g, respectivamente para a dieta com o grão de milho inteiro e moído.

Oliveira Junior et al. (2016) testaram dietas de alto grão de milho e milheto, ambos grão inteiro ou moído, em uma proporção de 85% do grão e 15% de núcleo, sobre o desempenho de cordeiros Santa Inês com 42 dias de confinamento, observaram que o ganho de peso total e médio diário com o milho foi superior ao milheto, independente do grão ser inteiro ou moído. O peso inicial dos animais foi de 33,58 e 32,88 kg, peso corporal de abate 46,34 e 45,94 kg, ganho de peso total 12,76 e 13,06, e o ganho de peso médio diário de 271 e 277 g, para o tratamento milho grão inteiro e moído respectivamente.

Cirne et al. (2013) avaliaram níveis crescentes do teor de proteína na dieta (14, 16, 18

e 20% de proteína bruta em base de matéria seca), baseada em grão de milho e farelo de soja, em cordeiros da raça Santa Inês em confinamento de 30 dias. Não houve diferença estatística para o consumo voluntário de matéria seca, proteína bruta e nutrientes digestíveis totais, tampouco o ganho de peso diário e total, conversão e eficiência alimentar. Os autores afirmaram que independe do teor de proteína na dieta entre 14 e 20%, o consumo de nutrientes e desempenho são iguais, o que vai interferir será o custo da dieta. O ganho médio diário observado foi de 283, 258, 342 e 313 g/dia, e a conversão alimentar de 3,51, 3,62, 3,23 e 3,26 respectivamente conforme o aumento do teor de proteína na dieta.

Desta forma o uso de dietas de alto concentrado ou grão, onde o milho é o principal alimento da dieta resulta em ganhos médios diários de aproximadamente 150 à 300 g/dia, ao comparar com diferentes níveis de proteína não houve diferenças nas características de carcaça. A substituição do milho por outros alimentos mais fibrosos ou energéticos proporcionam mudanças no consumo, no ganho de peso e conversão alimentar, já as características de carcaça podem ou não apresentar diferença entre os tratamentos.

O uso de ionóforos altera o perfil de ácidos graxos produzidos na fermentação ruminal, com isso pode influenciar as características de carcaça, na espessura de gordura, porque a relação acetato:propionato reduz, onde o acetato é o principal precursor de ácidos graxos no metabolismo animal (OLIVEIRA, 2004) na deposição de gordura corporal.

O uso de bicarbonato de sódio com ou sem monensina na dieta não interfere em nenhuma característica de carcaça em dieta de alto concentrado para cordeiros confinados, e o uso da monensina melhora a conversão alimentar (GASTALDELLO JÚNIOR et al., 2010).

2.8 Comportamento ingestivo

Os pequenos ruminantes possuem a habilidade de adaptação as mais diversas situações de dieta e manejo, com capacidade de modular os parâmetros de comportamento ingestivo para garantir as exigências nutricionais. O comportamento ingestivo é relevante para a nutrição animal, pois permite compreender os diferentes fatores que atuam na regulação da ingestão da dieta o que permite realizar ajustes que melhorem a produção animal (MENDONÇA et al., 2004).

O estudo do comportamento animal é importante no planejamento da dieta e manejo animal, desde dietas de animais mantidos em pastejo e até animais em confinamento, são extremos de dieta que influenciam diretamente no tempo de apreensão do alimento e de ruminação, além do valor nutricional da dieta consumida.

Cada espécie possui uma forma de apreensão do alimento seja pela língua, pelos dentes e lábios. O bovino realiza a apreensão do alimento com a língua o que promove uma seleção ineficiente comparada à realizada pelos ovinos, que possuem uma grande mobilidade labial o que permite “pinçar” o alimento de maneira que seja possível separar o grão ou um concentrado farelado de uma partícula grande como o da silagem, por exemplo.

Essa capacidade de selecionar o alimento é percebida em animais em pastejo onde os ovinos realizam o despondo das folhas comendo em sua maior parte a lâmina foliar enquanto que os bovinos acabam ingerindo junto uma parte de colmo, matéria morta, inflorescência e lâmina foliar. Em uma situação de confinamento os ovinos conseguem separar o alimento concentrado do volumoso, enquanto que o bovino ao apreender o concentrado acaba ingerindo junto um pouco de volumoso.

O estudo do comportamento ingestivo se faz necessário por contribuir na formulação de rações, e ainda elucidar problemas relacionados com a diminuição do consumo tais como: o uso de coprodutos (CARVALHO et al., 2004), a importância da homogeneização da dieta, palatabilidade, baixo teor de fibra, competição ou não pelo alimento, problemas com acidose em que o animal pode apresentar parada ruminal com isso maior tempo em ócio, indicativo de estresse, falta de componentes que proporcione o bem-estar animal, mudanças drásticas na temperatura, valor energético e proteico da dieta.

As atividades básicas do comportamento de animais em confinamento é a alimentação, ruminação e ócio, já os animais em pastejo além destas atividades possuem o deslocamento (Velooso Filho et al., 2013), consumo de suplemento, consumo de água, ou seja, o animal em pastejo necessita de mais energia para ser gasta com deslocamento devido à distribuição e qualidade do alimento, água e suplemento ao longo do piquete (Confortin et al., 2010).

O consumo é afetado por fatores físicos como o enchimento pela capacidade de distensão física do rúmen, fatores químicos e metabólicos em que o consumo é ditado pela demanda energética ou proteica do animal, fatores neuro-hormonais, fatores psicogênicos (relacionado às características visuais, sabor, odor, emocional, interação social e o aprendizagem) e a ingestão de água (OLIVEIRA et al., 2017). Segundo Mertens (1994), os mecanismos de regulação de consumo de curto prazo são os controles quimiostático, termostático e lipostático.

Quando a proporção de concentrado na dieta é aumentada observa-se um aumento do consumo de matéria seca, por não haver limitação física, mas neste caso o limite será imposto pelo excesso de metabólitos no sangue ou estímulo dos receptores que controlam a ingestão (SILVA, 2006).

O tempo gasto com a alimentação está associado ao valor nutritivo, a forma e frequência de oferta da dieta, e a preferência do animal por alimentos específicos da dieta. Se o animal estiver a pasto pode-se ainda perceber a interação social sobre o tempo de alimentação de algum alimento ao ser ofertado no cocho.

Ao se comparar dietas com diferentes teores de fibra e qualidade nutricional, percebe-se maior tempo gasto em alimentação e ruminação com menor tempo de ócio com uma dieta a base de feno que possui alta concentração de fibra em detergente neutro (FDN) do que silagem (possui menos FDN e melhor valor nutritivo). O aumento da participação do concentrado na dieta resulta em maior tempo em ócio com menor tempo de alimentação e ruminação (FIGUEIREDO et al., 2013). Isso demonstra que o valor nutritivo e a qualidade da fibra influem no comportamento diário do animal, proporciona menos gasto de energia para selecionar o alimento e ruminação, o que poderia direcionar essa energia para a produção e ganho.

A redução do tempo de alimentação e aumento do tempo de ócio, sem alterar o tempo de ruminação, pode ocorrer em função do aumento do teor de proteína na dieta de animais confinados recebendo apenas milho grão e farelo de soja (CIRNE et al., 2014).

A frequência de oferta do trato e sexo não interfere na frequência e tempo despendido na ruminação e mastigação de ovinos em dieta de alto grão sem oferta de volumoso, já o tempo de alimentação é afetado pelo fracionamento da dieta o que propicia ao animal permanecer mais tempo se alimentando (SANTANA, 2015). Se as dietas forem diferentes, porém com o mesmo tamanho de partícula o tempo de ruminação, mastigação e alimentação não variam em ovinos (CARVALHO et al., 2006).

A ingestão de água é diretamente influenciada pelo teor de umidade da dieta, temperatura ambiente, interação social, umidade relativa do ar, qualidade da água e o tipo de bebedouro. Conforme o NRC (1985) o consumo voluntário de água dos ovinos seria de duas a três vezes maior ao consumo de matéria seca.

O consumo de água e o teor de umidade presente no alimento são inversamente proporcionais, desta maneira à medida que aumenta o nível de umidade na dieta observa-se uma redução linear do consumo de água (COSTA et al., 2012). Neto et al. (2016) observaram que o uso da palma forrageira *in natura* além de reduzir o consumo de água proporcionou um aumento do volume urinário sem que houvesse disfunção renal.

Avaliar o consumo de água por animal é complicado, pois deve levar em consideração o tipo de bebedouro, como quantificar a água, perdas por evaporação devido ao calor e a baixa umidade relativa do ar, se o animal coloca partes do corpo dentro do bebedouro como

patas, se o animal consegue defecar dentro do bebedouro, pois o animal irá evitar ingerir água suja.

O tipo varredura instantânea é de difícil observação, por ser um comportamento de curta duração e a presença do avaliador ou qualquer barulho pode inibir ou interromper a atividade comportamental levando a erros de não visualizar o animal ingerindo água ao longo da avaliação.

O animal geralmente despense maior tempo com a ruminação durante a noite, embora exista diferenças individuais relacionado ao apetite, diferença anatômica, suprimento das exigências energéticas ou repleção ruminal que são influenciados pela relação volumoso:concentrado e manejo (FISCHER et al., 1997). A necessidade de ruminação está atrelada ao tamanho das partículas da dieta, segundo Fischer et al. (1998) a mastigação está relacionada ao teor de material indigestível, quantidade consumida e com a resistência do material à redução do tamanho das partículas. Com isso observa-se maior número de mastigação por bolo ruminal com o maior teor de fibra na dieta (FIGUEIREDO et al., 2013).

Quanto maior o teor de fibra na dieta maior será o tempo de ruminação, porém se a fonte rica em fibra for fornecida já triturada ocorre a redução de tempo despendido na ruminação. Outro ponto fundamental está na relação do consumo com a ruminação, em que quanto maior o consumo maior será a taxa de passagem com redução do tempo de ruminação, o que acarreta no aumento das partículas fecais (VAN SOEST, 1994).

Parente et al. (2016) ao testarem diferentes proporções de concentrado e volumoso (40C:60V, 60C:40V e 80C:20V) em cordeiros machos sem raça definida não detectaram diferença no consumo de matéria seca e de proteína, no entanto a digestibilidade da matéria seca foi maior com 80% de concentrado na dieta (88,16% de digestibilidade) e o ganho de peso médio diário (232,56 g/dia) foi quase o dobro comparado à dieta contendo 60% de concentrado (126,05 g/dia). Quando ao comportamento ingestivo os animais com 80% de concentrado tiveram menor tempo gasto na alimentação (240 min/dia), com tendência no aumento do tempo em ócio (220 min/dia) e maior eficiência de ruminação 132,43 g de MS/hora.

De modo geral pode-se constatar que o estudo dos componentes da dieta de alto concentrado, forma de processamento, tipo de dieta, nível energético da dieta, consumo de nutrientes, interação social e a aceitabilidade e preferência do alimento estão relacionados aos parâmetros comportamentais do animal no tempo de alimentação e ruminação. Todos os fatores podem interferir no comportamento e distribuição do tempo nas diferentes atividades

exercidas pelo animal, e são importantes para ajustes na dieta dos animais nas mais variadas fases de produção e para evitar problemas digestivos e menores índices de eficiência.

A escolha da variedade (vitreosidade) e o processamento sobre o milho são fundamentais na elaboração da dieta. O grão que possui maior teor de amilopectina é mais digerível e quando processado promove maior ganho na digestibilidade do que o grão farináceo. O uso nas dietas de alto concentrado na ovinocultura garante menor idade ao abate com peso e acabamento de gordura da carcaça, superiores em relação às dietas com pouca participação de concentrado.

REFERÊNCIAS

- ACARI, M. A.; SANTOS, M. V. Mais milho para produção de leite e menos milho nas fezes. **Revista Leite Integral**, p. 32-36, 2013.
- ALLEN, M. S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 83, n. 7, p. 1598-1624, 2000.
- ALMEIDA, M. H. S. P. **Análise econômico-ambiental da intensificação da pecuária de corte no Centro-Oeste brasileiro**. 2010. 86f. Dissertação (Mestre em Ciência) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP. 2010.
- ANDRADE FILHO, R. et al. Degradabilidade ruminal *in situ* de grãos de milho maduros do tipo *flint* ou dentado, secos ou reconstituídos e ensilados. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 47., 2010, Salvador. **Anais...** Salvador: SBZ, 2010. 1.
- ANTUNES, R. C.; RODRIGUEZ, N. M. Metabolismos dos carboidratos não estruturais. 2006. 229-248f. In: Berchielli, T. T.; Pires, A. V.; Oliveira, S. G. de. Nutrição de Ruminantes. Jaboticabal: Funep, 583p. 2006.
- ARTHUR, P. F.; ARCHER, J. A.; HERD, R. M. Feed intake and efficiency in beef cattle: Over view of recent Australian research and challenges for the future. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v.44, p.361-369, 2004.
- BEAUACHEMIN, K. A. et al. Effects of mastication on digestion of whole cereal grains by cattle. **Journal of Animal Science**, v. 72, p. 236-246, 1994.
- BERNARDES, G. M. C. **Uso de dietas de alto grão na terminação de cordeiros em confinamento**. 2014. 83f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Santa Maria, RS, Santa Maria, 2014.
- BERNARDES, G. M. C.; CARVALHO, S.; PIRES, C. C.; MOTTA, J. H.; TEIXEIRA, W. S.; BORGES, L. I.; FLEIG, M.; PILECCO, V. M.; FARINHA, E. T.; VENTURINI, R. S. Consumo, desempenho e análise econômica da alimentação de cordeiros terminados em confinamento com o uso de dietas de alto grão. **Arq. Bras. Vet. Zootec.**, v. 67, n. 6, p. 1684-1692, 2015.
- BITENCOURT, L. L. **Substituição de milho moído por milho reidratado e ensilado ou melaço de soja em vacas leiteiras**. 2012. 130f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, MG, Lavras, 2012.
- BOLZAN, I. T.; SANCHEZ, L. M. B.; CARVALHO, P. A.; VELHO, J. P.; LIMA, L. D.; MORAIS, J.; CADORIN JÚNIOR, R. L. Consumo e digestibilidade em ovinos alimentados com dietas contendo grão de milho moído, inteiro ou tratado com uréia, com três níveis de concentrado. **Ciência Rural**, v. 37, p.229- 234, 2007.
- BORGES, C. A. A.; RIBEIRO, E. L. A.; MIZUBUTI, I. Y.; SILVA, L. D. F.; PEREIRA, E. S.; ZARPELON, T. G.; CONSTANTINO, C.; FAVERO, R. Substituição de milho grão

inteiro por aveia preta grão no desempenho de cordeiros confinados recebendo dietas com alto grão. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 2011-2020, 2011.

CAETANO, M. **Efeito do processamento do milho e dos teores de fibra no desempenho de bovinos Nelore em terminação**. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, SP, Piracicaba, 2012.

CALL, J. L.; MITCHELL, G. E.; JR. LITTLE, C. O. Response of ovine pancreatic amylase to elevated blood glucose. **Journal of Animal Science**, v. 41, p. 1717–1721, 1975.

CARARETO, R. et al. Corn grain processing methods and forage levels in finishing diets for Nelore bulls. **Journal of Animal Science**, v. 89, n. 1, p. 115, 2011.

CARARETO, R. **Fontes de nitrogênio, níveis de forragem e métodos de processamento de milho em rações para tourinhos da raça nelore terminados em confinamento**. 2011. 104f. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, SP, Piracicaba, 2011.

CARVALHO, G. G. P.; PIRES, A. J. V.; SILVA, F. F. et al. Comportamento ingestivo de cabras leiteiras alimentadas com farelo de cacau ou torta de dendê. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 9, p. 919-925, 2004.

CARVALHO, G. G. P.; PIRES, A. J. V.; SILVA, R. R.; VELOSO, C. M.; SILVA, H. G. O. Comportamento ingestivo de ovinos alimentados com dietas compostas de silagem de capim-elefante amonizada ou não e subprodutos agroindustriais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 4, p. 1805-1812, 2006.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. Sementes: ciência, tecnologia e produção. 4 ed. Jaboticabal: FUNEP, 588p. 2000.

CARVALHO, P. A. **Influência do genótipo e maturidade na diversidade microbiana em milho grão para silagem**. 2014. 95f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, SP, Piracicaba, 2014.

CARVALHO, S.; BROCHIER, M. A.; PIVATO, J.; VERGUEIRO, A.; TEIXEIRA, R. C.; KIERLING, R. Desempenho e avaliação econômica da alimentação de cordeiros confinados com dietas contendo diferentes relações volumoso:concentrado. **Ciência Rural**, v.37, n.5, p.1411-1417, 2007.

CEREDA, M. P.; FRANCO, C. M. L.; DAIUTO, E. R.; DEMIATE, I. M.; CARVALHO, L. J. C. B.; LEONEL, M.; VILPOUX, O. F.; SARMENTO, S. B. S. Propriedades gerais do amido - culturas de tuberosas amiláceas latino-americanas. Vol.1, Ed. Fundação Cargill, São Paulo. Brasil. 221p. 2002.

CHANNON, A. F.; ROWE, J. B.; HERD, R. M. Genetic variation in starch digestion in feedlot cattle and its association with residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v. 44, p. 469-474, 2004.

CIRNE, L. G. A.; OLIVEIRA, G. J. C.; JAEGER, S. M. P. L.; BAGALDO, M. C. P.; LEITE, M. C. P.; OLIVEIRA, P. A.; MACEDO JUNIOR, C. M. Desempenho de cordeiros em

confinamento alimentados com dieta exclusiva de concentrado com diferentes porcentagens de proteína. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, n. 1, p. 262-266, 2013.

CIRNE, L. G. A.; OLIVEIRA, G. J. C.; JAEGER, S. M. P. L.; BAGALDO, M. C. P.; LEITE, M. C. P.; ROCHA, N. B.; MACEDO JUNIOR, C. M.; OLIVEIRA, P. A. Comportamento ingestivo de cordeiros em confinamento, alimentados com dieta exclusiva de concentrado com diferentes porcentagens de proteína. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.66, n.1, p.229-234, 2014.

CLARK, J. H.; KLUSMEYER, T. H.; CAMERON, M. R. Microbial protein synthesis and flows of nitrogen fractions to the duodenum. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 75, n. 8, p. 2304-2323, Aug. 1992.

COLEMAN, G. S. The metabolism of rumen ciliate protozoa. **FEMS Microbiol. Letters**. v.39, p.321-344. 1986.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento de safra brasileiro – grãos: Terceiro levantamento, dezembro 2019 - safra 2018/2019. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento. 2019. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>>. Acesso em: 20 dez. 2019.

CONFORTIN, A. C. C.; BREMM, C.; ROCHA, M. G.; SILVA, J. H. S.; ELEJALDE, D. A. G.; CAMARGO, D. G.; ROSA, A. T. N. Padrões de comportamento ingestivo de cordeiras recebendo ou não suplemento em pastagem de milheto. **Ciência Rural**, v.40, n.12, p.2555-2561, 2010.

CORONA, L.; OWENS, F. N.; ZINN, R. A. Impact of corn vitreousness and processing on site and extent of digestion by feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 84, p. 3020-3031, 2006.

CORREA, C. E. S. et al. Relationship between corn vitreousness and ruminal in situ starch degradability. **Journal of Dairy Science**, v. 85, n. 11, p.3008-3012, 2002.

COSTA, R. G.; HERNADEZ, T. I.; MEDEIROS, G. R.; MEDEIROS, A. N.; AZEVEDO, P. S.; PINTO, T. F.; DESLIGADO, J. V. Consumo de água de ovinos alimentados com diferentes níveis de nopal (*Opuntia ficus indica*) em Brasil. *Arch. Zootec.*, v. 61, p. 301-304, 2012.

CRUZ, J. C. et al. **Cultivares de milho disponíveis no mercado de sementes do Brasil para a safra 2004/05**. 2004. Disponível em:<<http://www.cnpms.embrapa.br/>>. Acesso em: jan. 2016.

DAVIDE, M. C. **Controle genético de caracteres associados à dureza dos grãos e à degradabilidade ruminal de milhos tropicais**. 2009. 88p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

DEFOOR, P. J.; BROWN, M. S.; OWENS, F. N. Reconstitution of grain sorghum for ruminants. In: Cattle Grain Processing Symposium, 1., 2006, Oklahoma. **Proceedings...** Oklahoma: CGP, 2006. p. 93-98.

DOMBRINK-KURTZMAN, M. A.; BIETZ, J. A. Zein composition in hard and soft endosperm of maize. **Cereal Chemistry**, v. 70, n. 1, p. 105-108, 1993.

DUVICK, D. N. Protein granules of maize endosperm cells. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 5, p. 1337-1348, 1961.

ENSMINGER, M. E.; OLDFIELD, J. E.; HEINEMANN, W. W. Feed processing. In: **Feeds & nutrition**. 2 ed. The ensminger publishing company, Cap.14, p.527-552. 1990.

FERNANDES, J.; DANIEL, J. L. P.; JUNGES, D.; CARVALHO, P. A.; BACH, B. C.; PAZIANI, S. F.; NUSSIO, L. G. Prolonged storage offset the negative effect of vitreousness on the degradability of high moisture corn silages. In Proc. XVIIth Int. Silage Conf. June 1-3. Piracicaba, **Anais...**, SP, Brasil, p. 564 -565, 2015.

FERNANDO, S. C.; PURVIS II, H. T.; NAJAR, F. Z.; SUKHARNIKOV, L. O.; KREHBIEL, C. R.; NAGARAJA, T. G.; ROE, B. A.; De SILVA, U. Rumen microbial population dynamics during adaptation to a high grain diet. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 76, n. 22, 7482-7490, 2010.

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.

FIGUEIREDO, M. R. P.; SALIBA, E. O. S.; BORGES, I.; REBOUÇAS, G. M. N.; AGUIAR E SILVA, F.; SÁ, H. C. M. Comportamento ingestivo de ovinos alimentados com diferentes fontes de fibra. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v. 65, n. 2, p. 485-489, 2013.

FISCHER, V.; DESWYSEN, A. G.; AMOUCHE, E. H.; DUTTILLEUL, P.; LOBATO, J. F. P. Efeitos da pressão de pastejo sobre o padrão nectemeral do comportamento ingestivo de ovinos em pastagem. **Rev. Bras. Zootec.**, v.27, p.164-170, 1998.

FISCHER, V.; DESWYSEN, A.G.; DESPRES, P. et al. Comportamento ingestivo de ovinos recebendo dieta a base de feno durante um período de seis meses. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.5, p.1032-1038, 1997.

FORNASIERI FILHO, D. **A cultura do milho**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 273p.

FREITAS, E. R.; SAKOMURA, N. K.; NEME, R.; BARBOSA, N. A. A. Valor nutricional do milho terminadamente processado, usado na ração pré-inicial para frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.57, n.4, p.510-517, 2005.

FRENCH, D. Chemical and physical properties of starch. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 37, p. 1048-1057, 1973.

GASTALDELLO JÚNIOR, A. L.; PIRES, A. V.; SUSIN, I.; MENDES, C. Q.; FERREIRA, E. M.; MOURÃO, G. B. Desempenho e características de carcaça de cordeiros alimentados com dietas contendo alta proporção de concentrado adicionadas de agentes tamponantes. **R. Bras. Zootec.**, v. 39, n. 3, p. 556-562, 2010.

GIBBON, B.; LARKINS, B. A. Molecular genetic approaches to developing quality protein maize. **Trends in Genetics**, v. 4, n. 4, p. 227-233, 2005.

HALE, W. H. Influence of processing on the utilization of grain (starch) by ruminants. **J. Anim. Sci.**, v.37, p.1075-1080, 1973.

HAMAKER, B. R. et al. Efficient procedure for extracting maize and sorghum kernel proteins reveals higher prolamin contents than the conventional method. **Cereal Chemistry**, v. 72, n. 5, p. 583-588, 1995.

HARADA, E.; KATO, S. Effect of short-chain fatty acids on the secretory response of the ovine exocrine pancreas. **American Journal of Physiology Gastrointestinal and Liver Physiology**, v. 244, n. 3, p. G284-G290, 1983.

HARMON, D. L. Dietary influences on carbohydrases and small intestinal starch hydrolysis capacity in ruminants. **J. Nutr.**, 122:203, 1992.

HARMON, D. L. Understanding starch utilization in the small intestine of cattle. **Asian-Australian Journal of Animal Science**, Seoul, v. 22, n. 7, p. 915-922, July 2009.

HARMON, D. L.; TAYLOR, C. C. Factors influencing assimilation of dietary starch in beef and dairy cattle. In: SOUTHWEST NUTRITION CONFERENCE, 2005. Nebraska, **Proceedings...**Nebraska, 2005. p. 55-66.

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.; 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.

HOFFMAN, P. C.; SHAVER, R. D. **A guide to understanding prolamin**. Disponível em: <<http://www.das.psu.edu/research-extension/dairy/nutrition/pdf/shaver-prolamin-guide-2009.pdf>>. Acesso em: dez. 2015

HOOVER, W. H.; MILLER-WEBSTER, T. K. Role of sugars and starch in ruminal fermentation. In: PROCEEDINGS TRI-STATE DAIRY NUTRITION CONFERENCE, 1998, Ohio. **Proceedings...** Ohio: Ohio State University, 1998. p. 1-16.

HUBER, J. T.; JACOBSON, N. I.; MCGILLIARD, A. D. Utilization of carbohydrates introduced directly into the omaso-abomasal area of the stomach of cattle of various age. **Journal of Dairy Science**, v. 44, n. 2, p. 321-330, 1961.

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

HUNTINGTON, G.; JUNELL, B. Starch digestion, glucose absorption and metabolism in

beef cattle. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 3., 2010, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 2010. p. 1-22.

ILAN, D.; BEM-ASHER, A.; HOLZER, Z.; NITSAN, Z.; NIR, I.; LEVY, D. Effect of monensin supplementation on growth, feed digestibility and utilization in young calves. **Anim. Prod.**, v. 32, n. 2, p. 125-131, 1981.

JANES, A. N.; WEEKS, T. E. C.; ARMSTRONG, D. G. Carbohydrase activity in the pancreatic tissue and small intestine mucosa of sheep fed dried-grass or ground maize-based diets. **The Journal of Agricultural Science**, v. 104, n. 2, p. 435-443, 1985.

JOHNSON, D. D.; MITCHELL, G. E.; TUCKER, R. E.; MUNTIFERING, R. B. Pancreatic amylase, plasma glucose, and insulin responses to propionate or monensin in sheep. **Journal of Dairy Science**, v. 69, n. 1, p. 52-57, 1986.

JOSÉ, S. C. B. R. et al. Características físicas do pericarpo de sementes de milho associadas com a tolerância à alta temperatura de secagem. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 27, n. 1, p. 125-131, 2005.

KLEEN, J. L.; HOOIJER, H. A.; REHAGE, J.; NOODHUIZEN, J. P. T. M. Subacute ruminal acidosis (SARA): a review. **Journal of Veterinary Medicine Series A**, v. 50, n. 8, p. 406-414, 2003.

KLEINSCHMIT, D. H.; KUNG, L. JUNIOR. A meta-analysis of the effects of *Lactobacillus buchneri* on the fermentation and aerobic stability of corn and grass and small-grain silages. **Journal of Dairy Science**, v. 89, n. 10, p. 4005-4013, 2006.

KOTARSKI, S. F.; WANISHA, R. D.; THUR, K. K. Starch hydrolysis by ruminal microflora. **Journal of Nutrition**, v.122, p.178-190, 1992.

KREIKEMEIER, K. K. et al. Steam-rolled wheat diets for finishing cattle: effects of dietary roughage and feed intake on finishing steer performance and ruminal metabolism. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 68, p. 2130-2141, 1990.

KREIKEMEIER, K. K.; HARMON, D. L. Abomasal glucose, maize starch and maize dextrin infusions in cattle: small-intestinal disappearance, net portal glucose flux and ileal oligosaccharide flow. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 73, n. 5, p. 763-772, May 1995.

LAMBERT, R. J.; STRATFORD, M. Weak-acid preservatives: modelling microbial inhibition and response. **Journal of Applied Microbiology**, v. 86, n. 1, p. 157-164, 1999.

LARSEN, M.; KRISTENSEN, N. B. Effect of abomasal glucose infusion on splanchnic and whole-body glucose metabolism in periparturient dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 92, n. 3, p. 1071-1083, Mar. 2009.

LAWTON, J. W. Zein: A history of processing and use. *Cereal Chem.* 79:1–18, 2002.

LEÃO, A. G.; SILVA SOBRINHO, A. G.; MORENO, G. M. B. et al. Características nutricionais da carne de cordeiros terminados com dietas contendo cana-de-açúcar ou silagem

de milho e dois níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.5, p.1072-1079, 2011.

LEME, P. R.; SILVA, S. L.; PEREIRA, A. S. C. et al. Utilização do bagaço de cana-de-açúcar em dietas com elevada proporção de concentrados para novilhos Nelore em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1786-1791, supl.1, 2003.

LIMA, L. D.; RÊGO, F. C. A.; KOETZ JUNIOR, C.; RIBEIRO, E. L. A.; CONSTANTINO, C.; BELAN, L.; GASPARINE, M. J.; SANCHEZ, A. F.; ZUNDT, M. Interferência da dieta de alto grão sobre as características da carcaça e carne de cordeiros Texel. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 6, p. 4053-4064, 2013.

LOPES, A. B. R. C.; BIAGGIONI, M. A. M.; BERTO, D. A.; SARTORI, J. R.; BOFF, C. E. Método de reconstituição da umidade de grãos de milho e a composição química da massa ensilada. **Biosci. J.**, v.21, p.95-101, 2005.

LUCCI, C. S.; FONTOLAN, V.; HAMILTON, T. R.; KLU, R.; WICKBOLD, V. Processamento de grãos de milho para ruminantes: Digestibilidade aparente e “*in situ*”. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.45, n.1, p.35-40, 2008.

MACEDO, F. A. F.; et al. Qualidade de carcaças de cordeiros Corriedale, Bergamácia x Corriedale e Hampshire Down x Corriedale, terminados em pastagem e confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.5, p.1520-1527, 2000.

MAGEE, D. F. Na investigation into the external secretion of the pâncreas in sheep. **J. Physiol.**, v. 158, p. 132-143, 1961.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. MAPA. Instrução Normativa nº 60, de 22 de dezembro de 2011. Estabelece o regulamento técnico do milho. Diário Oficial, 2011.

McALLISTER, T. A. et al. Effect of ruminal microbial colonization on cereal grain digestion. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 2, p. 571-579, 1990.

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

McALLISTER, T. A.; RODE, L. M.; MAJOR, D. J.; CHUNG, K. J. Microbial attachment and feed digestion in the rúmen. **Journal of Animal Science**, v.72, n.11, p.3004-3012, 1994.

McALLISTER, T. L. et al. Effect of the protein matrix on the digestion of cereal grains by ruminal microorganisms. **Journal of Animal Science**, v. 71, n. 1, p. 204-212, 1993.

MCKINNEY, L. J. Grain processing: particle size reduction methods. In: Cattle Grain Processing Symposium, 1., 2006, Oklahoma. **Proceedings...** Oklahoma: CGP, p. 42-45, 2006.

MENDONÇA, S. S.; CAMPOS, J. M. S.; VALADARES FILHO, S. C. et al. Comportamento ingestivo de vacas leiteiras alimentadas com dietas à base de cana-de-açúcar ou silagem de milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.723-728, 2004.

- MERTENS, D. R. Regulation of forage intake. In: FAHEY, G.C. Jr. et al. (Eds.) **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, Inc., Crop Science Society of America, Inc., Soil Science of America, Inc., 1994. p. 450-493
- MORON, I. R.; TEIXEIRA, J. C.; OLIVEIRA, A. I. G.; PEREZ, J. R.; OLIVEIRA, J. S. Cinética da digestão ruminal do amido dos grãos de milho e sorgo submetidos a diferentes formas de processamento. **Ciênc. Agrotec.**, v.24, n.1, p.208-212, jan./mar., 2000.
- MOURÃO, R. C.; PANCOTI, C. G.; MOURA, A. M.; FERREIRA, A. L.; BORGES, A. L. C. C.; SILVA, R. R. Processamento do milho na alimentação de ruminantes. **PUBVET**, v.6, n.5, ed. 192, art.1292, 2012.
- NAGARAJA, T. G.; LECHTENBERG, K. F. Acidosis in feedlot cattle. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v. 23, n. 2, p. 333-350, 2007.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of sheep**. 6. ed. Washington: National Academy Press, 1985. 112p.
- NAVARRO, A. S.; MARTINO, M. N.; ZARITZKY, N. E. Modelling of rheological behaviour in starch-lipid systems. **Lebensmittel-Wissenschaft-und-Technolog**, v.29, p.632-639, 1996.
- NETO, J. P.; SOARES, P. C.; BATISTA, A. M. V.; ANDRADE, S. F. J.; ANDRADE, R. P. X.; LUCENA, R. B.; GUIM, A. Balanço hídrico e excreção renal de metabólitos em ovinos alimentados com palma forrageira (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck). **Pesq. Vet. Bras.**, v. 36, n. 4, p. 322-328, 2016.
- NGONYAMO-MAJEE, D. et al. Relationships between kernel vitreousness and dry matter degradability for diverse corn germplasm: II. Ruminal and post-ruminal degradabilities. **Animal Feed Science and Technology**, v. 142, p. 259-274, 2008.
- 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**, Champaign, v. 74, n. 3/4, p. 3598-3629, May 1991.
- OBA, M.; ALLEN, M. S. Dose-response effects of intraruminal infusion of propionate on feeding behavior of lactating cows in early or midlactation. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 86, n. 9, p. 2922-2931, Sept. 2003.
- OLIVEIRA JUNIOR, A. R.; GODOY, M. M.; NETO, J. H.; SILVA, I. C. A.; SILVA, B. C. Desempenho produtivo de ovinos Santa Inês confinados com grão inteiro ou moído de milheto ou milho sem volumoso. In: V CONGRESSO ESTADUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DO IF GOIANO, 2016, Iporá. 2016. **Anais...** Campus Iporá:IF Goiano, Brasil, 2016. p. 1-2.
- OLIVEIRA JUNIOR, A. R.; SOUZA, R. M.; GODOY, M. M.; PESSOA, F. O. A.; CAMPOS, F. D.; CASTRO, F. G. F. Desempenho produtivo de ovinos terminados com grãos energéticos, inteiro ou moído, sem volumoso. In: IV CONGRESSO ESTADUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DO IF GOIANO, 2015, Iporá. 2016. **Anais...** Campus Iporá:IF Goiano, Brasil, 2015. p. 1-2.

OLIVEIRA, B. C.; CAETANO, G. A. O.; CAETANO JÚNIOR, M. B.; OLIVEIRA, C. B. Mecanismos reguladores de consumo em bovinos de corte. **Nutritime Revista Eletrônica**, v. 14, n.4, p.6066-6075, 2017.

OLIVEIRA, M. G. **Desempenho de bovinos em confinamento suplementados com diferentes ionóforos**. 2004. 55f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2004.

OWENS, F. N. Ruminal fermentation. **The ruminant animal: Digestive physiology and nutrition**. 1 ed. D. C. Church, ed. Wavel and Press, Inc., Prospect Heights, Illinois. 1988.

OWENS, F. N.; SECRIST, D. S.; HILL, W. J.; GILL, D. R. The effect of grain source and grain processing on performance of feedlot cattle: a review. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 75, p. 868-879, 1997.

OWENS, F. N.; ZINN, R. A. Corn grain for cattle: influence of processing on site and extent of digestion. In: SOUTHWEST NUTRITION CONFERENCE, 2005. Nebraska, **Proceedings...**Nebraska, 2005.p.86-112.

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

OWENS, F. N. **Corn grain processing and digestion**. Proc. 66th Minnesota Nutrition Conference. Sept. 20-21. St. Paul, Minn. 2005.

PAES, M. C. D. Aspectos Físicos, Químicos e físicos do Grão de Milho. **Circular Técnica**, Embrapa Milho e Sorgo. 2006. 66p.

PAIVA, E. et al. Quantitation and distribution of γ -zein in the endosperm of maize kernels. **Cereal Chemistry**, v. 68, n. 3, p. 276-279, 1991.

PARENTE, H. N.; PARENTE, M. O. M.; GOMES, R. M. S.; SODRÉ, W. J. S.; MOREIRA FILHO, M. A.; RODRIGUES, R. C.; SANTOS, V. L. F.; ARAÚJO, J. S. Increasing levels of concentrate digestibility, performance and ingestive behavior in lambs. **Ver. Bras. Saúde Prod. Anim.**, v. 17, n. 2, p. 186-194, 2016.

PASSINI, R.; RODRIGUES, P. H. M.; CASTRO, A. L.; SILVEIRA, A. C. Parâmetros de fermentação ruminal em bovinos alimentados com grãos de milho ou sorgo de alta umidade ensilados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.5, p.1266-1274, 2003.

PEREIRA, M. N.; PINHO, R. G.; BRUNO, R. G. S.; CALESTINE, G. A. Ruminal degradability of hard or soft texture corn grain at three maturity stages. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.61, n.4, p.358-363, 2004.

PEREIRA, R. C. et al. Relationship between structural and biochemical characteristics and texture of corn grain. **Genetics and Molecular Research**, v. 7, n. 2, p. 498-508, 2008.

PERES, M. S. **Processamento de grãos de milho do tipo *flint* ou duro e adequação proteica em rações para bovinos em terminação – desempenho animal e digestibilidade**

do amido. 2011. 88f. Dissertação (Mestrado em Ciências), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queirz”, Piracicaba, 2011.

PEYRAT, J. et al. Effects of ensiling maize and sample conditioning on in situ rumen degradation of dry matter, starch and fibre. **Animal Feed Science and Technology**, v. 196, p. 12-21, 2014.

PHILIPPEAU, C.; LANDRY, J.; MICHALET-DOREAU, B. Influence of the protein distribution of maize endosperm on ruminal starch degradability. **Journal of the Science Food and Agriculture**, v. 80, n. 3, p. 404-408, 2000.

PHILIPPEAU, C.; MICHALET-DOREAU, B. Influence of genotype and stage of maturity of maize on rate of ruminal starch degradation. **Animal Feed Science and Technology**, v. 68, n. 1, p. 25-35, 1997.

POPPI, D. P.; NORTON, B. W.; MINSON, D. J. et al. The validity of the critical size theory for particles leaving the rumen. **Journal of Agriculture Science**, v.94, n.2, p.275-280, 1980.

PRACHE, S.; PRIOLO, A.; GROLIER, P. Persistence of carotenoid pigments in the blood of concentrate-finished grazing sheep: its significance for traceability of grass-feeding. **Journal of Animal Science**, v.81, n.2, p.360-367, 2003.

PRATT, R. C. et al. Association of zein classes with maize kernel hardness. **Cereal Chem.** v. 72, p. 162–167, 1995.

PRIOLO, A.; MICOL, D.; AGABRIEL, J.; PRACHE, S.; DRANSFIELD, E. Effect of Grass or concentrate feeding systems on lamb carcass and meat quality. **Meat Science**, v.62, n.2, p.179-185, 2002.

RAPHAELIDES, S. N.; GEORGIADIS, N. Effect of fatty acids on the rheological behaviour of maize starch dispersions during heating. **Carbohydrate Polymers**, v.65, p.81-92, 2006.

RESTLE, J.; VAZ, F. N. Confinamento de bovinos definidos e cruzados. In: LOBATO, J. F. P.; BARCELLOS, J. O. J.; KESSLER, A. M. **Produção de bovinos de corte**. Porto Alegre : EDIPUCRS, 1999. p.141-168.

REYNOLDS, C. K. et al. Effects of post-rumen starch infusion on milk production and energy metabolism in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 84, n. 10, p. 2250-2259, Oct. 2001.

ROGERS, M.; JOUANY, J. P.; THIVEND, P.; FONTENOT, J. P. Comparative effects of feeding and duodenal infusion of monensin on digestion in sheep. **J. Anim. Sci.**, v. 71, p. 1125-1133, 1991.

ROONEY, L. W.; PFLUGFELDER, R. L. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. **J. Anim. Sci.**, v. 63, p. 1607, 1986.

RUSSEL, J. B.; COTTA, M. A.; DOMBROWSKI, D. B. Rumen bacterial competition in continuous culture: *Streptococcus bovis* versus *Megasphaera elsdenii*. **Appl. Environ. Microbiol.**, v. 41, p. 1394-1399, 1981.

RUSSEL, J. B.; RYCHLIK, J. L. Factors that alter rumen microbial ecology. **Science**, New York, v. 292, n. 5519, p. 1119-1122, 2001.

SANTANA, E. O. C. **Desempenho e comportamento ingestivo em ovinos alimentados sem volumoso**. 2015. 100f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, Bahia, Brasil, 2015.

SANTOS, S. C. **Características nutricionais e físicas do milho com diferentes texturas e tempos de armazenamento**. 2015. 115f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Goiás, Escola de Veterinária e Zootecnia, Goiânia, 2015.

SHULL, J. M. et al. Development of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) endosperm in varieties of varying hardness. **Food Structure**, v. 9, n. 3, p. 253-267, 1990.

SILVA, C. J. **Processamento de grãos de milho para uso na alimentação de vacas leiteiras**. 2012. 86f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, MG, Viçosa, 2012.

SILVA, J. F. C. Mecanismos reguladores de consumo. In: _____ (Eds.). **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2006. p. 57-78.

SILVA, J. S. **Degradabilidade ruminal *in situ* do sorgo grão em diferentes formas de reconstituição**. 2012. 56f. Dissertação (Mestre em Zootecnia) - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, MG, 2012.b.

SILVA, N. C. **Características das silagens de grãos de milho influenciadas pela reidratação e pela inoculação com *L. buchneri* sobre o desempenho de bovinos de corte confinados**. 2016. 114f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, SP, 2016.

SILVA, S. L.; LEME, P. R.; PUTRINO, S. M.; VALINOTE, A. C.; NOGUEIRA FILHO, J. C. M.; LANNA, D. P. Milho seco ou úmido com sais de cálcio de ácidos graxos para novilhos Nelore em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p.1426-1434, 2007.

SODERLUND, S.; OWENS, F. Corn hybrid by processing method considerations. In: CATTLE GRAIN PROCESSING SYMPOSIUM, 1., 2006, Oklahoma. **Proceedings...** Oklahoma: CGP, 2006. p. 62-72.

SPICER, L. A.; THEURER, C. B.; SOWE, J.; NOON, T.H. Ruminal and post-ruminal utilization of nitrogen and starch from sorghum grain-, corn- and barley-based diets by beef steers. **Journal of Animal Science**, v. 62, p. 521-530, 1986.

SULLINS, R. D.; ROONEY, L. W.; RIGGS, J. K. Physical changes in the kernel during reconstitution of sorghum grain. **Cereal Chemists**, v.48, p.567, 1971.

SWANSON, K. C.; MATTHEWS, J. C.; MATTHEWS, A. D.; HOWELL, J. A.; RICHARDS, C. J.; HARMON, D. L. Dietary carbohydrate source and energy intake influence the expression of pancreatic α -amylase in lambs. **J. Nutr.**, v. 130, p. 2157-2165,

2000.

SZASZ, J. I. et al. Influence of endosperm vitreousness and kernel moisture at harvest on site and extent of digestion of high-moisture corn by feedlot steers. **Journal of Animal Science**, v. 85, n. 9, p. 2214-2221, 2007.

TANIGUCHI, K.; HUNTINGTON, G. B.; GLENN, B. P. Net nutrient flux by visceral tissues of beef steers given abomasal and ruminal infusion of casein and starch. **Journal of Animal Science**, v. 73, p. 236-249, 1995.

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.

TEIXEIRA, S. Milho - métodos de colheita e secagem. Disponível em: <https://www.cpt.com.br/cursos-agricultura/artigos/milho-metodos-de-colheita-e-secagem>. Acesso em: 19 fev. 2020.

THEURER, C. B. et al. Steam-processed corn and sorghum grain flaked at different densities alter ruminal, small intestinal, and total tract digestibility of starch by steers. **Journal Animal Science**, Albany, v. 77, p. 2824-2831, 1999.

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

TURGEON JR, O. A.; BRINK, D. R.; BRITTON, R. A. Corn particle size moistures roughage level and start utilization in finishing steers diets. **Journal of Animal Science**, v. 57, n. 3, p. 739-749, 1983.

UARROTA, V. G. **Perfil metabólico primário (proteínas, amido e lipídeos) e secundário [carotenóides, antiocianinas e ácidos (poli) fenólicos] de grão de oito variedades crioulas de milho**. 2011. 181f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas, Florianópolis, Santa Catarina, 2011.

URANO, F. S.; PIRES, A. V.; SUSIN, I.; MENDES, C. Q.; RODRIGUES, G. H.; ARAUJO, R. C.; MATTOS, W. R. S. Desempenho e características da carcaça de cordeiros confinados alimentados com grãos de soja. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 41, n. 10, p. 1525-1530, 2006.

VAN SOEST, J. J. G. et al. Crystallinity in starch bioplastics. **Industrial Crops and Products**, v. 5, p. 11-22, 1996.

VAN SOEST, P. J. Ruminants in the world. In: **Nutritional Ecology of the Ruminant**. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.

VELOSO FILHO, E. S.; RODRIGUES, M. M.; OLIVEIRA, M. E.; RUFINO, M. O. A.; CÂMARA, C. S.; GARCEZ, B. S. Comportamento de caprinos em pastagem de capim Marandu manejo sob lotação rotacionada em duas idades de rebrotação. **Comunicata Scientiae**, v.4, n.3, p.238-243, 2013.

VENTURINI, R. S.; CARVALO, S.; PIRES, C. C.; PACHECO, P. S.; PELLEGRIN, A. C. R. S.; MORO, A. B.; LOPES, J. F.; MARTINS, A. A.; BERNARDES, G. M. C.; SIMÕES, R. R.; MENEGON, A. L.; MOTTA, J. H. Consumo e desempenho de cordeiros e borregos alimentados com dietas de alto concentrado de milho ou sorgo. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v. 68, n. 6, p. 1638-1646, 2016.

WALKER, J. A.; HARMON, D. L. Influence of ruminal or abomasal starch hydrolysate infusion on pancreatic exocrine secretion and blood glucose and insulin concentrations in steers. **J. Anim. Sci.**, v. 73, p. 3766–3774, 1995.

WEBER, F. H.; COLLARES-QUEIROZ, F. P.; CHANG, Y. K. Caracterização físico-química, reológica, morfológica e térmica dos amidos de milho normal, ceroso e com alto teor de amilose. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 4, p. 784-753, 2009.

WOLF, M. J.; BUZAN, C. L.; MACMASTERS, M. M.; RIST, C. E. Structure of the mature corn kernel:III., microscopic structure of the endosperm of dent corn. **Cereal Chemistry**, v. 29, p. 349-361, 1952.

ZARPELON, T. G.; MIZUBUTI, I. Y.; RIBEIRO, E. L. A.; PEREIRA, E. S.; SILVA, L. D. F.; PRADO-CALIXTO, O. P.; TARSITANO, M. A.; PIRES, K. A.; BORGES, C. A. A. Desempenho, características de carcaça e avaliação econômica da substituição do milho grão inteiro por casca de soja peletizada na alimentação de cordeiros em confinamento. **Semina: Ciência Animal**, v. 36, n.2, p.1111-1122, 2015.

ZAVAREZE, E.R.; RODRIGUES, A.O.; STORK, C.R.; ASSIS, L.M.; WALLY, A.P.S.; DIAS, A.R. Swelling power and solubility of Rice starch submitted at heat-moisture treatment. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.2, p.31-35, 2009.

ZEOULA, L. M.; CALDAS NETO, S. F. Recentes avanços em amido na nutrição de vacas leiteiras. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM BOVINOCULTURA DE LEITE, n2., Lavras. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2001. p. 249-284, 2001.

ZINN, R. A. et al. Starch digestion by feedlot cattle: predictions from analysis of feed and fecal starch and nitrogen. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 85, p. 1727-1730, 2007.

Valor nutritivo do grão de milho inteiro ou moído, reidratado com diferentes tempos

Nutritional value of whole or ground corn grain rehydrated at different times

Resumo: Objetivou-se com este estudo avaliar o efeito de diferentes dias de reidratação do milho do tipo semiduro, sobre a composição química, digestibilidade *in vitro* e degradabilidade *in situ* da matéria seca. Foi utilizado o milho NS 90-PRO, testados com diferentes dias de reidratação: dois, três, quatro e cinco dias do milho completamente submerso em água, e foram comparados com o tratamento controle (grão seco sem a reidratação). Foram realizadas análises na água residual da reidratação (pH, nitrogênio amoniacal e teor de amido) e no grão foi determinado a composição química, digestibilidade *in vitro* e a degradabilidade *in situ* da matéria seca (do grão inteiro e moído a 2mm). A reidratação promoveu o rompimento do pericarpo e houve perdas crescentes de nitrogênio amoniacal em função dos dias de reidratação. Houve mudança na composição química com a redução do teor de fibra em detergente neutro de 13.49% do grão seco, para 10.07%, 10.57%, 9.27% e 9.48% respectivamente para dois, três, quatro e cinco dias de reidratação, bem como a redução no teor de proteína bruta. A reidratação não altera o teor de amido com valor médio obtido de 75.43%, já a digestibilidade *in vitro* da matéria seca é menor com cinco dias de reidratação (96.51%). A degradabilidade da matéria seca varia conforme o período de reidratação e a granulometria, sendo maior para o milho reidratado por três dias moído a 2mm. Recomenda-se reidratar o grão de milho semiduro por três dias no uso do grão inteiro, e se o milho for utilizado moído que seja reidratado antes por quatro dias.

Palavras-chave: amido, degradabilidade *in situ*, digestibilidade *in vitro*, reidratação, *Zea mays*

Abstract: It was aimed evaluate the effect of different days of rehydration of semi-hard corn on chemical composition, dry matter *in vitro* digestibility and *in situ* degradability. NS 90-PRO corn was tested with different rehydration days: two, three, four and five days of corn completely submerged in water, and were compared with control treatment (dry grain without rehydration). Analyzes were did on the rehydration wastewater (pH, ammonia nitrogen and starch content) and on the grain was determined

chemical composition, dry matter *in vitro* digestibility and *in situ* degradability (whole and triturated grain to 2mm). Rehydration promoted rupture of the pericarp and there were increasing losses of ammonia nitrogen depending on rehydration days. Chemical composition changed with reduction of neutral detergent fiber from 13.49% of dry grain to 10.07%, 10.57%, 9.27% and 9.48% respectively for two, three, four and five days of rehydration, as well as reduction in crude protein. Starch is not altered by the rehydration process (75.43%), but the *in vitro* digestibility of dry matter is lower with five days of rehydration (96.51%). Degradability of dry matter varies according the rehydration period and granulometry, greater for grain rehydration three days triturated to 2mm. It is recommended to rehydrate the semi-hard corn kernels for three days when using the whole grain, and if the corn is used ground it is rehydrated beforehand for four days.

Key-words: *in situ* degradability, *in vitro* digestibility, rehydration, starch, *Zea mays*

Introdução

O Brasil possui alta participação na produção mundial de milho, sendo o terceiro maior produtor, com mais de 100 milhões de toneladas na safra anual em 2019 (IBGE, 2019). O milho é um dos principais grãos utilizados na dieta animal e humana, em função do seu valor nutricional e possui papel fundamental na alimentação dos animais de produção.

Nos períodos de safra o milho possui um preço muito atrativo, pois devido a falta de espaço para estocagem e de locais adequados para o armazenamento o preço cai na tentativa de maior escoamento do grão, e assim pode ser uma oportunidade de lucro para as fábricas de ração e confinamentos. Contudo o tipo de híbrido varia quanto a quantidade de endosperma e a proporção amilopectina:amilose do grão.

O grão de milho possui diferentes graus de vitreosidade, que está relacionada à proporção do tipo de amido (amilose e amilopectina). Na indústria e empresas produtoras de semente, o grão é classificado visualmente, se a extremidade superior for lisa e arredondada é considerado grão duro (possui maior proporção de amilopectina), se apresentar com extremidade enrugada é grão dentado (possui maior proporção de amilose) (Bitencourt, 2012).

Além da classificação pela vitreosidade, os grãos são subdivididos pelas mesmas estruturas físicas: pericarpio, endosperma, gérmen e ponta (Paes, 2006). O pericarpio

promove uma barreira física que atua contra o ataque dos microrganismos e enzimas o que dificulta a digestibilidade (Beauchemin et al., 1994) e na permeabilidade da água para dentro do grão. Outro fator que altera a digestibilidade é a composição do amido e sua interação física com a matriz proteica do grânulo de amido (Rooney e Pflugfelder, 1986).

Uma forma de melhorar o aproveitamento do grão da dieta é submetê-lo a diferentes tipos de processamento. Cada método possui ações diferenciadas sobre as estruturas físicas e químicas do grão, além de elevar o custo e exigir mão de obra e equipamentos específicos. Dentre eles, destaca-se a reidratação ou reconstituição, que resulta na elevação do teor de umidade do grão entre 25-30%, altera a composição química e o aproveitamento da matéria seca pelo animal (Cardoso, 2018), obtendo-se um produto final similar ao grão colhido com alta umidade (Silva, 2012). A reidratação promove a ruptura do pericarpo, espera-se que isso permita maior acesso dos microrganismos aos grânulos de amido e degradabilidade. A reidratação permite que o produtor possa estocar o milho seco e realizar a reidratação conforme a necessidade de uso.

A determinação de tempo de reidratação para o grão de milho ainda não está bem estabelecida bem como os efeitos deste processo sobre o valor nutricional e no aproveitamento do grão pelo animal. Portanto, objetivou-se com este estudo avaliar o efeito do tempo de reidratação sobre a composição química, digestibilidade *in vitro* e degradabilidade *in situ* da matéria seca do grão de milho semiduro inteiro e moído.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no Laboratório de Nutrição Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, em Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil, latitude 20°30'37.2"S e longitude 54°37'13.9"W, entre outubro de 2016 e agosto de 2017. Os procedimentos envolvendo animais foram aprovados pelo comitê de ética da UFMS protocolo 849/2017.

Para o processo de reidratação do milho, utilizou-se microsilos de tubo de PVC com 43cm de altura e 100mm de diâmetro, e com tampa para evitar contaminação de produtos externos e insetos oportunistas. O milho utilizado neste trabalho foi o NS 90-PRO, Nidera Sementes, município São Gabriel do Oeste, classificado como semiduro.

A dinâmica e as características físico-químicas do milho reidratado foram avaliados nos tempos de dois, três, quatro e cinco dias de reidratação, com dez

repetições em cada tempo. Cada microsilo foi pesado vazio e teve a altura interna aferida com uma régua graduada. Em seguida foram pesados 1,6 kg de milho e medida a altura que o milho preencheu no microsilo, para calcular o volume ($\text{Volume} = \pi \times \text{raio do cilindro ao quadrado} \times \text{altura do microsilo}$) e densidade ($D = \text{peso do milho/volume do milho}$) do grão de milho seco, o mesmo calculo foi feito para o milho após a reidratação. Foi aferido o pH da água antes de ser adicionado ao milho, era de 5,75, e então foram adicionados 1,2 L de água em temperatura ambiente em cada microsilo. Todos os dias, a altura da lâmina de água sobre o milho era monitorada com uma régua. Quando o nível estava abaixo do valor desejado era adicionada água, a fim de manter a altura da lamina d'água com dois centímetros. Nestes casos a quantidade de água adicionada era anotada para se determinar a quantidade de água total utilizada durante o processo de reidratação.

Ao fim do período de reidratação, cada microsilo era pesado, e eram mensuradas a lâmina de água e a altura de preenchimento do grão reidratado dentro do microsilo, para determinar o volume ocupado pelos grãos. O milho foi então escoado em uma peneira para separá-lo da água de reidratação, a qual foi quantificada usando uma proveta graduada em mililitros. O milho foi imediatamente pesado. A diferença entre a água adicionada e o total livre após a reidratação foi considerada como a quantidade de água retida nos grãos mais a evaporada durante o processo.

Na água residual da reidratação, foi aferido o pH e uma parte foi acondicionada em potes e congelados para posteriores análises de nitrogênio amoniacal, glicose e amido. O nitrogênio amoniacal foi determinado conforme Bolsen et al. (1992). A determinação de glicose e amido na água residual foi realizada conforme metodologia de Carvalho e Jong (2002), com o uso de 5ml da amostra, trabalhadas em triplicata.

Do milho reidratado, foram amostrados cerca de 20 a 30 grãos para avaliação da força de cisalhamento (aparelho Brookfield Texture Analyser), e 100 grãos para verificar a lesão do pericarpo e a germinação do grão de cada microsilo. A avaliação de lesão do pericarpo foi feita visualmente, observando cada grão que apresentasse alguma ruptura no pericarpo do grão, sendo considerada lesão conforme a Figura 1. Em seguida, foram coletados cerca de 600 gramas de milho para as análises químicas, de digestibilidade *in vitro* e de degradabilidade *in situ* da matéria seca.



Figura 1 – Grão de milho reidratado com lesão no pericarpo

Os grãos reidratados foram pré-secos em estufa de ventilação forçada a 55° C por 72 horas. Em seguida, as amostras dos grãos reidratados e a dos grãos secos (sem passar pela reidratação - tratamento controle) foram moídos em moinho inox de facas, sendo a metade com uma peneira de 2 mm e a outra metade com uma de 1mm. As amostras trituradas a 1mm foram utilizadas para análises químicas conforme o AOAC (1990). Determinou-se a matéria seca (MS) (método 930.15), matéria mineral (MM) (método 942.05), extrato etéreo (EE) (método 920.39), e a proteína bruta (PB) (método 976.05). Na análises de fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína (FDN_{CP}) utilizou-se alfa-amilase Termamyl®. Esta análise e a de fibra em detergente ácido corrigido para cinzas e proteína (FDA_{CP}) foram realizadas segundo Van Soest et al. (1991). Realizou-se ainda as determinações de lignina (Lig) e celulose (Cel) (Robertson e Van Soest, 1981), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) (Van Soest e Robertson, 1985) e do teor de amido (Carvalho e Jong, 2002).

Com os resultados das análises foi calculada a porcentagem de carboidratos não fibrosos de acordo com a fórmula: $CNF (\%MS) = 100 - \text{Cinzas} - EE - FDN_{CP} - PB$ (Hall, 2003).

Os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram calculados conforme Weiss (1993) em que $NDT = (0,98 \times CNF) + (0,93 \times PB) + (2,25 \times (EE - 1)) + (0,75) \times (FDN_{CP} - L) \times (1 - ((L / FDN_{CP})^{0,667})) - 7$. Em que: CNF são os carboidratos não estruturais, ($CNF = 100 - PB - MM - FDN_{CP}$); EE é o extrato etéreo; FDN_{CP} é a fibra em detergente neutro livre de cinzas e proteína; L é a lignina; PB é a proteína bruta; MM é a matéria mineral.

A digestibilidade *in vitro* da matéria seca foi determinada conforme Tilley e Terry (1963). Esta análise foi realizada em amostras obtidas de cada tempo de reidratação,

com os grãos de milho inteiros e com os moídos em peneira a 2mm. Foi utilizado um aparelho com o sistema DAISY da Marconi modelo 443, Piracicaba - SP.

Para determinar a taxa de desaparecimento da matéria seca com 0, 2, 4, 6, 12, 24, 48, 72 horas de incubação, em que o tempo zero foi obtido por meio da lavagem do material em água corrente. As amostras foram acondicionadas em sacos de náilon com dimensões de 15 x 8 cm, e porosidade de 50 μ m, obedecendo-se a relação de 15-20 mg de matéria seca por cm². Foram utilizadas, então, aproximadamente 5 gramas de milho triturado por saco e 7.4 gramas do grão de milho inteiro reidratado por saco.

Foram utilizados quatro bovinos machos, mestiços Holandêses, castrados, com peso corporal médio de 850 kg, mantidos em um piquete de 0.38 ha, com acesso a local coberto de 320 m². Os animais recebiam silagem de parte aérea de milho *ad libitum*, 6,0 kg dia⁻¹ de concentrado por animal, e sal mineral *ad libitum* em cocho separado com livre acesso a todos. Esta dieta era fornecida duas vezes ao dia. Cada animal recebeu o mesmo número de sacos de incubação, contendo todos os tratamentos.

O protocolo de incubação adotado ocorreu em três dias nos quais foram incubados os tempos na seguinte forma no dia 1 = 72, 6 e 2 horas, dia 2 = 48 e 4 horas e dia 3 = 24 e 12 horas, e então os sacos foram retirados conforme o tempo previsto de permanência no rúmen. Imediatamente após a retirada do rúmen, os sacos foram imersos em água com gelo para cessar a degradação, e, posteriormente, lavados em máquina de lavar roupa por pelo menos três ciclos de cinco minutos, ou até que se tornassem limpos. Eram então secos em estufa de ventilação forçada (55°C), e os resíduos analisados para MS segundo o AOAC (1990).

A degradabilidade efetiva (DE) foi calculada usando a equação proposta por Orskov e McDonald (1979).

$$DE = a + b \times kd / (kd + k)$$

Em que: DE é a degradabilidade efetiva; 'a' é a fração solúvel; 'b' é a fração insolúvel potencialmente degradável; 'kd' é a taxa de degradação por hora; 'k' é a taxa estimada de passagem das partículas no rúmen, considerada como 0,05 e 0,03 hora⁻¹, conforme Huntington e Givens (1995).

A fração solúvel 'a', que corresponde ao tempo zero, foi determinada mantendo-se os sacos imersos em água por uma hora, sendo a diferença entre o peso inicial e o final da amostra considerada como a fração solúvel. E ainda, realizou-se o somatório da fração solúvel e fração insolúvel potencialmente degradável (a+b) de cada tratamento.

A taxa de degradação da matéria seca por hora (kd) foi obtida com base na fração insolúvel potencialmente degradável (fração 'b'), que foi determinada após a subtração da porção solúvel (fração 'a') e da fração não degradável (resíduo da amostra após 72 horas de incubação).

As equações de degradação e os parâmetros depois de linearizadas foram estimados pelo método iterativo, com o procedimento GLM. Utilizou-se o modelo para a avaliação dos dados de degradação da matéria seca, $Y_{ijk} = \mu + T_i + H_j + A_k + R_l + (TB)_{ij} + e_{ijkl}$, onde, Y_{ijk} = observação do efeito do tratamento i para tempo de incubação j no período k ; μ = média geral; T_i = efeito do tratamento; H_j = efeito do tempo de incubação no rúmen; A_k = efeito do animal, R_l = efeito da repetição; TB_{ij} = interação entre o tratamento i e o tempo de incubação j e e_{ijkl} = erro aleatório associado a cada observação. E ainda comparação entre os horários de incubação para o milho incubado inteiro e moído, agrupando todos os tratamentos (grão de milho seco e reidratado).

Os dados de digestibilidade e parâmetros de degradação *in situ* foram avaliados segundo o modelo: $Y_{ijk} = \mu + T_i + R_j + A_k + e_{ijk}$. Onde, Y_{ijk} = observação do efeito do tratamento i no período j , do animal k , μ média geral, T_i = efeito do tratamento i (seco, 2, 3, 4 e 5 dias de reidratação); R_j = efeito de repetição (10 repetições); A_k = efeito do animal k (4 animais) e e_{ijk} = erro aleatório associado a cada observação.

Ainda foi feita a comparação dos parâmetros de degradação *in situ* para o efeito de processamento do grão incubado como inteiro e moído, considerando apenas os tratamentos de milho reidratado, com o modelo $Y_{ijk} = \mu + T_i + R_j + A_k + P_l + e_{ijkl}$. Onde, Y_{ijk} = observação do efeito do tratamento i no período j , do animal k , μ média geral, T_i = efeito do tratamento i (2, 3, 4 e 5 dias de reidratação); R_j = efeito de repetição (10 repetições); A_k = efeito do animal k (4 animais); P_l = efeito de processamento de incubação l (inteiro e moído) e e_{ijkl} = erro aleatório associado a cada observação

As médias de degradabilidade, digestibilidade e parâmetros foram comparadas utilizando o teste T.

A dinâmica e as características físico-químicas, composição química, NDT e digestibilidade *in vitro* da MS dos grãos de milho reidratado e seco foram analisados para os efeitos lineares e quadráticos do tempo de reidratação segundo um delineamento inteiramente ao acaso, utilizando-se o PROC GLM. A composição química, NDT e de digestibilidade *in vitro* do milho reidratado foram ainda comparadas com os dados do

grão de milho seco (tratamento controle) utilizando-se o Teste de Dunnet. Utilizou-se o pacote estatístico SAS v. 9.3 (Sas Institute Inc., Cary, CA, EUA) para todas as avaliações realizadas. Adotou-se o nível de 0,05 de significância.

Resultados

O peso do milho e aumento do peso do milho após a reidratação, volume do grão reidratado, aumento do volume e a densidade do milho reidratado tiveram efeito linear conforme o tempo de reidratação (Tabela 1).

Observou-se um efeito quadrático do tempo de reidratação sobre a porcentagem de grãos lesados, a quantidade de água total usada e a água residual da reidratação (Tabela 1).

Houve um aumento do pH da água residual e do nitrogênio amoniacal com o aumento do tempo de reidratação. A reidratação resultou na ruptura do pericarpo (lesões de grãos) de mais da metade dos grãos avaliados, independente do tempo de reidratação. Esta porcentagem de grãos lesados, no entanto, aumentou linearmente com o aumento do tempo de reidratação.

A força de cisalhamento do grão de milho reidratado não possui influência do tempo de reidratação, sem efeito quadrático e linear.

Na avaliação dos grãos não foi observado a presença de grãos germinados em nenhum dos dias de reidratação e ausência de amido e glicose na água residual da reidratação.

Quando considerado o tempo de reidratação, os níveis de MS, MM, PB, FDNcp, PIDN, Hemi, CNF, NDT e DIVMS apresentaram efeito linear dos dias de reidratação avaliados ($P < 0,05$), enquanto os demais componentes não foram afetados por estes.

O processamento de reidratação do grão de milho em relação ao grão seco não interferiu ($P > 0,05$) nos teores de EE e amido (Tabela 2). Por outro lado, a reidratação, independente do seu tempo, reduziu os teores de MS, MM, PB, FDNcp, PIDN, CIDN, Hemi, FDAcp, PIDA, Cel e Lig ($P < 0,05$). Houve um aumento para o CNF e NDT com a reidratação do grão ($P < 0,05$). Houve ainda uma redução ($P < 0,05$) da digestibilidade in vitro da matéria seca quando o grão de milho foi reidratado por cinco dias.

Houve diferença na degradação da matéria seca entre os horários de incubação ($P < 0,05$) (Tabela 3). A degradação da MS dos grãos inteiros não ocorreu em níveis significativos até as 12 horas de incubação ($P < 0,05$) (Tabela 3), aumentando gradativamente nos tempos de incubação seguintes avaliados, até atingir um máximo de

40,19% às 72 horas. Quando o grão de milho foi incubado moído (Tabela 3), foi maior conforme maior o tempo de incubação ($P < 0,05$), diferente entre todos os horários com degradação da matéria seca com 83,62% às 72 horas.

A reidratação do milho não interferiu ($P > 0,05$) na fração solúvel, insolúvel potencialmente degradável e na taxa de degradação do grão de milho incubado inteiro seco e reidratado (Tabela 4). Com taxas de passagem de 3 ou de 5% a DE reduziu-se ($P < 0,05$) quando o milho foi reidratado por 2 dias, e não se alterou 3, 4 e 5 dias de reidratação e o grão seco ($P > 0,05$).

Quando o milho foi incubado moído, apenas a taxa de degradação e o somatório das frações solúvel e insolúvel não foram influenciados pelos tratamentos avaliados (Tabela 5). A fração insolúvel potencialmente degradável reduziu-se quando o milho foi reidratado por mais de 4 dias ($P < 0,05$). Paralelamente, a degradação efetiva da fração “b” aumentou quando o milho foi reidratado por mais de 4 dias quando avaliada com todas as diferentes taxas de passagem. Observou-se ainda uma redução linear na fração “b” e um aumento linear na fração solúvel e DE para todas as taxas de passagem avaliadas, à medida que se aumentou o tempo de reidratação dos grãos de milho.

Quando se comparou os parâmetros de degradação *in situ* da matéria seca entre o grão incubado inteiro e moído a 2mm reidratados, observou-se que o processo de moagem aumentou todos os parâmetros de degradação *in situ* da matéria seca da milho (Tabela 6).

Discussão

O aumento do volume do grão de milho reidratado e a redução do peso e densidade do grão conforme os dias de reidratação (Tabela 1), estão relacionados a absorção da água durante o processamento, são dados importantes para quando for realizar a reidratação a campo possa ser planejado um local que comporte tanto o volume quanto o peso o grão de milho. O aumento do peso do milho após a reidratação com apenas dois dias já atinge 29,53%, isso se deve a decorrência da absorção de água ocorrer logo nas primeiras horas do grão exposto à água. Desta forma a cada 1,6kg de grão de milho seco resulta em aproximadamente 2,27kg de grão de milho reidratado por 48 horas.

A densidade do milho reidratado obtido no presente trabalho foi em média 851,69kg/m³, foi de se esperar que fosse inferior ao que é preconizado para a produção

de silagem de grão úmido de milho (1000 a 1200kg/m³) (Lugão et al., 2011), visto que para a silagem o milho é moído para melhor compactação.

Quando o milho é mantido submerso em água, as rupturas no pericarpo favorecem a ação oportunista de microrganismos anaeróbicos, que utilizam os substratos e liberam no meio substâncias ácidas, o que pode ter provocado o pH médio final de 3,63 da água residual da reidratação, é um pH inferior em relação ao da água antes de ser colocada no milho (5,75). O problema de se manter o grão com alta umidade é o maior risco de deterioração do grão (Santos, 2015), e um indicativo de deterioração é o teor de nitrogênio amoniacal, que é um metabólito dos microrganismos, o qual foi aumentado conforme os dias de reidratação (Tabela 1).

A grande velocidade de hidratação da semente provoca uma desorganização da membrana celular com rupturas no pericarpo do grão (Rossetto et al., 1997). Isso justifica porque mais da metade dos grãos apresentavam lesões após a reidratação (Tabela 1). As injúrias causadas no pericarpo reduzem o vigor da semente (Powell e Matthews, 1978), o que pode ter levado à ausência de grãos germinados neste trabalho. Vieira (2011) observou também que, quando o grão fica em reidratação submerso na água (com ausência de oxigênio), não houve germinação do grão.

A reidratação promoveu o aumento do volume e lesou o pericarpo do grão, estes fatores podem ter influenciado a força de cisalhamento do grão obtendo um valor médio de 7,83kg (Tabela 1). No presente trabalho teve-se valores inferiores aos obtidos por Delalibera et al. (2008), onde obtiveram um valor de aproximadamente 41kg para o grão de milho semiduro com o teor de 16% de umidade, isso se deve a não observação de grãos lesados e menor teor de umidade do milho avaliado pelos autores.

Embora a reidratação tenha como objetivo reduzir o teor de matéria seca para 70-75% (Silva, 2012), no presente trabalho o teor de MS foi menor do que o preconizado com valor médio de 60,43% dos diferentes dias de reidratação (Tabela 2). Isso se deve à capacidade de absorção de água e o tempo de exposição da semente à água (Lopes et al., 2005) e quantidade de água disponível (Weber et al., 2009). No presente trabalho o milho ficou submerso em água o que garantiu que todos os grãos tivessem oportunidade de absorver água ao longo dos dias de reidratação, assim corroborou com o menor teor de matéria seca.

A redução do teor de MM do milho reidratado em relação ao seco (Tabela 2) está relacionada às perdas de minerais solúveis durante a reidratação e a redução do teor de CIDN.

O teor de EE não há diferença entre os tratamentos (Tabela 2) devido a característica hidrofóbica, o processamento avaliado não foi capaz de alterar o teor lipídico do grão.

O processo de reidratação promoveu a redução da PB em relação ao grão seco, isso ocorreu em função da perda de proteína solúvel e ação de microrganismos durante a reidratação e a redução de PIDN (Tabela 2). Outras frações relacionadas à fibra (FDN_{cp}, PIDN, CIDN, Hemi, FDA_{cp}, PIDA, Cel e Lig) (Tabela 2), podem estar relacionadas à ação dos microrganismos durante a reidratação ao manter o milho submerso na água. O processo de reidratação realizada com apenas 2 dias foi capaz de reduzir todos os teores relacionados ao FDN (Tabela 2) de forma semelhante ao que acontece com a ensilagem do grão úmido de milho (Jobim et al., 2010). Portanto, se o objetivo do produtor for a redução do teor de fibra do milho, a reidratação tem como vantagem, em relação à ensilagem do grão úmido, um menor tempo de processamento para o uso deste milho na dieta (Pereira et al., 2017).

Não houve alteração no teor de amido (Tabela 2), pois utilizou-se o mesmo híbrido para todos os tratamentos e a reidratação não promove alteração no amido. Silva et al. (2016) destacam que a reidratação não altera a estrutura dos grânulos de amido, não rompe as ligações entre as moléculas de glicose e não rompe a matriz proteica que envolve o grânulo, a reidratação atua no espaçamento entre os grânulos com o preenchimento de água dos microcanais entre os grânulos, o que justifica a ausência de significância do teor de amido entre os diferentes dias de reidratação.

A redução linear da DIVMS (Tabela 2) com a reidratação está associada às perdas de proteínas solúveis, hemicelulose como componente da FDN e a perdas na forma de nitrogênio amoniacal durante a reidratação, e quanto mais dias de reidratação maiores as perdas, por isso a DIVMS foi menor com cinco dias de reidratação. Por outro lado, o NDT aumentou linearmente, pois para a sua determinação ocorre o uso do valor da FDN, o teor de fibra reduziu com a reidratação, desta forma a participação do conteúdo celular foi maior e com isso numericamente o NDT foi maior.

Quando o milho é incubado inteiro, não há diferença na degradabilidade da MS nas primeiras 12 horas de incubação (Tabela 3), e se dá, provavelmente, porque uma barreira física, como o pericarpo e a matriz proteica dos grânulos de amido, dificulta o acesso dos microrganismos ruminais aos nutrientes. Tal efeito pode ser observado nas Tabelas 3, 4 e 6, onde a granulometria do material incubado é outro fator que interfere na degradabilidade da MS (Goes et al., 2011; Lucci et al., 2008; Teixeira et al., 2002),

tanto na fração solúvel quanto na fração insolúvel potencialmente degradável, em que a reidratação não interfere nestas frações, apenas sobre a degradação efetiva com as taxas de passagens de 3 e 5% (Tabela 4).

A degradação da matéria seca quando o milho é incubado moído é diferente em todos os horários de incubação (Tabela 3), quanto maior o tempo de permanência no rúmen maior a degradação (Mizubuti et al., 2007). Neste caso a granulometria e a ruptura do pericarpo tornaram os grânulos de amido e outros nutrientes acessíveis aos microrganismos, e assim com degradação mais intensa no rúmen atingindo 83,62% às 72 horas.

Embora a fração solúvel e insolúvel tenha diferido entre os tratamentos com o milho moído (Tabela 5), o somatório das duas frações não são influenciadas pela reidratação, ou seja, ocorre compensação com maior fração solúvel e de maneira inversa menor fração insolúvel com maior tempo de reidratação. A diferença entre os tratamentos quanto à fração solúvel estão diretamente relacionados aos valores de degradação efetiva com as taxas de passagens de 3 e 5%, e ainda com os menores valores de material de baixa degradabilidade (fração b).

A reidratação não é capaz de influenciar a degradabilidade da MS (fração a+b) tanto com o milho incubado inteiro quanto moído em relação ao seco, este processamento apenas influencia na degradação efetiva com as diferentes taxas de passagens (Tabela 4 e 5). Por mais que a reidratação cause a redução dos constituintes do FDN e a PB, o aumento do NDT pode estar relacionado à degradação efetiva, isso pode ser observado no maior valor de fração solúvel com a reidratação, que é de mais rápida utilização dentro do rúmen.

A diferença entre os parâmetros de degradação da MS comparando o milho reidratado incubado inteiro e moído (Tabela 6), ocorre em função da disponibilidade dos nutrientes tanto da fração solúvel quanto insolúvel o que corrobora com o aumento da taxa de degradação por hora e com a taxa de passagem com 3 e 5%.

Dentre os dias de reidratação avaliados não se recomenda dois dias por obter piores parâmetros de degradação, tão pouco cinco dias por apresentar menor DIVMS. Quando se pretende obter máximas taxas de fermentação ruminal o grão de milho inteiro deve ser reidratado por três dias, já se for utilizado a reidratação por quatro dias isto implicaria na moagem obrigatória do grão após a reidratação.

Conclusão

A reidratação do grão inteiro do milho semiduro altera a composição química, em especial a redução do teor dos constituintes da fibra (teor de fibra e proteína ligada à fibra) e proteína bruta em relação ao grão seco porém mantem o teor de amido. Dentre os tempos de reidratação estudados recomenda-se 3 dias para uso na forma de grão inteiro. Para obter máximas taxas de fermentação ruminal o grão reidratado por 4 dias deve ser moído antes de ofertado aos animais.

Referências

- AOAC - Association of Official Analytical Chemists. 2000. Official methods of analysis of the Association of the Analytical Chemists. 17th ed. Gaithersburg, MD, USA.
- Beauachemin, K. A.; Mcallister, T. A.; Dong, Y.; Farr, B. I.; Cheng, K. J. 1994. Effects of mastication on digestion of whole cereal grains by cattle. *Journal of Animal Science* 72:236-246.
- Bitencourt, L. L. 2012. Substituição de milho moído por milho reidratado e ensilado ou melaço de soja em vacas leiteiras. Tese (D. Zootecnia). Universidade Federal de Lavras, MG, Lavras, Brazil.
- Bolsen, K. K.; Lin, C.; Brent, B. E. 1992. Effect of silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfalfa and corn silages. *Journal of Dairy Science* 75(11):3066-3083.
- Cardoso, R. S. 2018. Alternativas tecnológicas de milho ensilado para bovinos. TCC (Zootecnia). Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, RR, Brazil.
- Carvalho, H. H. and Jong, E. V. 2002. Alimentos – métodos físicos e químicos de análise. Porto Alegre: UFRGS, Porto Alegre, RS.
- Delalibera, H. C.; Weirich Neto, P. H.; Colet, M. J.; Garbuio, P. W.; Sverzut, C. B. 2008. Resistência de grãos de milho à ruptura por compressão. *Ciência Rural*, Santa Maria 38(9):2493-2497.
- Goes, R. H. T. B.; Souza, K. A.; Nogueira, K. A. G.; Pereira, D. F.; Oliveira, E. R.; Brabes, K. C. S. 2011. Degradabilidade ruminal da matéria seca e proteína bruta, e tempo de colonização microbiana de oleaginosas, utilizadas na alimentação de ovinos. *Acta Scientiarum Animal Sciences* 33(4):373-378.
- Hall, M. B. 2003. Challenges with nonfiber carbohydrate methods. *Journal of Animal Science* 81:3226-3232.
- Huntington, G. B. and Givens, D. I. 1995. The in situ technique for studying the rumen degradation of feeds: a review of the procedure. *Nutrition Abstract and Reviews* 65(2):63-93.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2019. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola-Pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. Available at: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistematico-da-producao-agricola.html.?=&t=resultados>> Accessed on: Dez. 2019.

- Jobim, C. C.; Calixto Junior, M.; Bumbieris Júnior, V. H.; Oliveira, F. C. L. 2010. Composição química e qualidade de conservação de silagens de grãos de milho (*Zea mays* L.) com diferentes níveis de grãos de soja (*Glycine max* Merrill). *Semina: Ciências Agrárias* 31(3):773-782.
- Lopes, A. B. R. C.; Biaggioni, M. A. M.; Berto, D. A.; Sartori, J. R.; Boff, C. E. 2005. Método de reconstituição da umidade de grãos de milho e a composição química da massa ensilada. *Bioscience Journal* 21:95-101.
- Lucci, C. S.; Fontolan, V.; Hamilton, T. R.; Klu, R.; Wickbold, V. 2008. Processamento de grãos de milho para ruminantes: digestibilidade aparente e “*in situ*”. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science* 45(1):35-40.
- Lugão, S. M. B. 2011. Silagem de Grão Úmido de Milho. P. 99-112. In: *Silagem de Milho na Atividade Leiteira do Sudoeste do Paraná: do manejo de solo e de seus nutrientes a ensilagem de planta inteira e grãos úmidos*. 1st ed. IAPAR, Paraná.
- Mizubuti, I. Y.; Moreira, F. B.; Ribeiro, E. L. A.; Pereira, E. S.; Rocha, M. A.; Silva Filho, M. F. 2007. Degradabilidade *in situ* da matéria seca e da proteína bruta do farelo de arroz, farelo de trigo, grão de milho e grão de aveia. *Acta Scientiarum Animal Sciences* 29(2):187-193.
- Ørskov, E. R. and McDonald, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agriculture Science* 92:499-503.
- Paes, M. C. D. 2006. Aspectos Físicos, Químicos e físicos do Grão de Milho. Circular Técnica, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, Brazil.
- Pereira, K. A.; Amaral, A. G.; Oliveira, A. R.; Arcanjo, A. H. M.; Campos, J. C. D. 2017. Aspectos nutricionais e confecção de silagem de grão úmido de milho para a alimentação de bovinos: revisão de literatura. *Nutritime Revista Eletrônica* 14(1):4944-4953.
- Powell, A. A. and Matthews, S. 1978. The damaging effect of water of dry pea embryos during imbibition. *Journal of Experimental Botany* 29:1215-1229.
- Robertson, J. B. and Van Soest, P. J. 1981. The detergent system of analysis and its application to human foods. In: JAMES, W. P. T.; THEANDER, O. (Eds.). *The analysis of dietary fiber in food*. New York: Marcel Dekker, p123-158.
- Rooney, L. W. and Pflugfelder, R. L. 1986. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. *Journal Animal Science* 63:1607.
- Rossetto, C. A. V.; Novembre, A. D. L. C.; Marcos Filho, J.; Silva, W. R.; Nakagawa, J. 1997. Comportamento das sementes de soja durante a fase inicial do processo de germinação. *Scientia Agrícola* 54(1/2):106-115.
- Santos, S. C. 2015. Características nutricionais e físicas do milho com diferentes texturas e tempos de armazenamento. Tese (Doutorado em Ciência Animal). Universidade Federal de Goiás, Escola de Veterinária e Zootecnia, Goiânia, Brazil.
- Silva, C. J. 2012. Processamento de grãos de milho para uso na alimentação de vacas leiteiras. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brazil.
- Silva, C. J.; Pereira, J. C.; Oliveira, T. S.; Cabral Filho, S. L. S.; Mendes, C. Q.; Leite, G. G.; Diogo, J. M. S. 2016. Características do amido do grão de milho processado por reconstituição e moagem para uso na alimentação de ruminantes. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal* 17(4):710-718.
- Teixeira, J. C.; Silva, E. A.; Braga, R. A. N.; Moron, I. R. 2002. Cinética da digestão ruminal do caroço de algodão e do grão de milho em diferentes formas físicas em vacas holandesas. *Ciência e Agrotecnologia* 26(4):842-845.

- Tilley, J. M. A. and Terry, R. A. 1963. A two-state technique for *in vitro* digestion of forage crops. *Journal of the British Grassland Society* 18:104-111.
- Van Soest, P. J. and Robertson, J. B. 1985. *Analysis of forages and fibrous foods*. 1.ed. Ithaca: Cornell University.
- Van Soest, P. J.; Robertson, J. B.; Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 70(10):3583-3597.
- Vieira, A. R. 2011. Consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes de dietas contendo sorgo em grão seco ou reidratado e ensilado para novilhos Nelore confinados. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brazil.
- Weber, F. H.; Collares-Queiroz, F. P.; Chang, Y. K. 2009. Caracterização físico-química, reológica, morfológica e térmica dos amidos de milho normal, ceroso e com alto teor de amilose. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 29(4):784-753.
- Weiss, W. P. 1993. Predicting energy values of feeds. In: *Symposium: prevailing concepts in energy utilization by ruminants*. *Journal of Dairy Science* 76:1802-1811.

Tabelas

Tabela 1 - Médias das características da dinâmica e características físico-químicas do processo de reidratação do grão de milho semiduro no intervalo de 2 a 5 dias

Características	Dias de reidratação ¹				C.V. (%)	Efeito dos dias de reidratação Valor-P	
	2	3	4	5		Linear	Quadrático
Peso milho após reidratação, g	2271,2	2270,2	2258,3	2261,8	0,59	0,041	ns
Aumento do peso do milho após a reidratação, %	29,53	29,50	29,13	29,24	1,44	0,043	ns
Volume do grão reidratado (cm ³)	2645,5	2664,3	2659,6	2671,4	0,94	0,045	ns
Aumento do volume, %	16,61	17,29	16,94	17,77	6,28	0,047	ns
Densidade do grão reidratado (kg/m ³)	858,61	852,15	849,18	846,81	1,12	0,007	ns
Água total adicionada para reidratar, ml	1428,0	1435,8	1441,7	1482,6	1,03	0,019	0,001
Água residual depois da reidratação do milho, ml	732,8	704,5	735,0	779,6	2,80	<0,001	<0,001
pH da água residual após a reidratação	3,55	3,64	3,62	3,69	1,43	<0,001	ns
Nitrogênio amoniacal, %	0,51	0,66	1,19	1,47	23,34	<0,001	ns
Força de Cisalhamento, kg	7,63	7,34	9,31	7,05	16,43	0,904	ns
Grãos lesados, %	56,7	68,8	74,6	68,7	8,79	<0,001	<0,001

¹Avaliação de regressão quadrático e linear significativo ao nível de 5% (P<0,05).

Tabela 2 - Médias da Composição química, nutrientes digestíveis totais e digestibilidade *in vitro* da matéria seca do grão inteiro de milho seco semiduro (Controle) e com 2, 3, 4 e 5 dias de reidratação

Frações analisadas ¹	Grão inteiro ³					C.V. (%)	P-value	Efeito dos dias de reidratação Valor-P	
	Seco	Dias de reidratação ²						Linear	Quadrático
		2	3	4	5				
MS, %	90,30a	60,59b	60,78b	60,14b	60,21b	0,50	<0,0001	0,002	ns
MM, %	1,11a	0,90b	0,84b	0,75b	0,72b	6,92	<0,0001	<0,001	ns
EE, %	3,51	3,58	3,66	3,66	3,69	5,79	0,4835	0,260	ns
PB, %	7,12a	6,73b	6,72b	6,64b	6,64b	1,55	<0,0001	0,035	ns
FDNcp, %	12,03a	8,98b	9,52b	8,36b	8,60b	6,84	<0,0001	0,032	ns
PIDN, %	1,43a	1,07b	1,35b	0,90b	0,86b	15,25	<0,0001	0,002	ns
CIDN, %	0,03a	0,012b	0,015b	0,015b	0,014b	50,10	0,0030	0,590	ns
Hemi., %	8,87a	6,99b	7,14b	6,29b	6,22b	10,02	<0,0001	0,004	ns
FDACP, %	3,52a	2,32b	2,66b	2,27b	2,54b	11,52	<0,0001	0,480	ns
PIDA, %	1,10a	0,76b	0,77b	0,71b	0,71b	19,42	0,0003	0,370	ns
Cel, %	0,14a	0,07b	0,09b	0,07b	0,07b	26,58	<0,0001	0,730	ns
Lig, %	3,36a	2,20b	2,56b	2,20b	2,45b	8,82	<0,0001	0,290	ns
Amido, %	75,25	75,60	75,32	75,03	75,97	0,72	0,4953	0,770	ns
CNF, %	76,21b	79,79a	79,24a	80,58a	80,32a	0,89	<0,0001	0,017	ns
NDT, %	83,09b	86,08a	85,68a	86,63a	86,34a	0,59	<0,0001	0,045	ns
DIVMS, %	98,02a	97,70a	97,26a	97,64a	96,51b	0,82	0,0044	0,012	ns

¹MS: teor de matéria seca total, em %; MM: matéria mineral, em %; EE: extrato etéreo, em %; PB: proteína bruta, em %; FDN: fibra em detergente neutro, em %; CC: conteúdo celular, em %; PIDN: proteína insolúvel em detergente neutro, em %; CIDN: cinzas insolúvel em detergente neutro, em %; FDNcp: fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína, em %; Hemi: hemicelulose, em %; PIDA: proteína insolúvel em detergente ácido, em %; FDACP: fibra em detergente ácido corrigido para cinzas e proteína, em %; Cel: celulose, em %; Lig: lignina, em %; CNF: carboidratos não fibrosos, em %; NDT: nutrientes digestíveis totais, em %; DIVMS: digestibilidade *in vitro* da matéria seca, em %.

³Médias seguidas letras minúsculas na linha diferem pelo Teste de Dunnett (P<0,05).

Tabela 3 – Média e desvio padrão da degradação *in situ* da matéria seca do milho seco e reidratado por 2, 3, 4 e 5 dias, incubado como grão inteiro e moído, em função dos tempos de incubação no rúmen (0, 2, 4, 6, 12, 24, 48 e 72 horas) em g 100g⁻¹

Grão de milho	Horas de incubação ¹								EPM ²	P-value
	0	2	4	6	12	24	48	72		
Inteiro	0,29e	1,21e	1,86de	2,29de	3,67d	7,81c	20,03b	40,19a	2,56	<,0001
Moído	22,55h	25,17g	29,27f	32,50e	42,20d	51,62c	70,86b	83,62a	2,24	<,0001

¹Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de T (P<0,05).

²EPM = erro padrão da média.

Tabela 4 - Médias dos parâmetros de degradação *in situ* da fração b da matéria seca do grão do milho seco e reidratado por 2 a 5 dias em amostras incubadas como grão inteiro

Parâmetros de degradação	Grão inteiro ⁴					EPM ⁵	P-value
	Seco	Dias de reidratação					
		2	3	4	5		
a ¹	0	0,02	0,22	0	0,14	0,01	0,0858
b ¹	40,66	37,54	39,22	38,94	44,29	14,65	0,2239
a+b ¹	40,66	37,56	39,44	38,92	44,43	14,72	0,2120
kd ¹	1,83	1,25	1,31	1,80	1,64	0,08	0,0610
DE3 ²	13,69a	9,06b	11,46a	10,44ab	12,70a	2,32	0,0230
DE5 ³	9,34a	5,79b	7,85a	6,80ab	8,47a	1,46	0,0322

¹Parâmetros de degradação: "a": fração solúvel (g 100 g⁻¹); "b": fração insolúvel potencialmente degradável (g 100 g⁻¹); "a+b": somatório das frações solúvel e insolúvel potencialmente degradável (g 100 g⁻¹); "kd": taxa de degradação (% h⁻¹).

²DE3: degradação efetiva (g 100 g⁻¹) com a taxa de passagem de sólidos no rúmen de 0,03 h⁻¹.

³DE5: degradação efetiva (g 100 g⁻¹) com a taxa de passagem de sólidos no rúmen de 0,05 h⁻¹.

⁴Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na linha diferem entre si pelo teste de T (P<0,05).

⁵EPM = erro padrão da média.

Tabela 5 – Parâmetros de degradação *in situ* da fração b da matéria seca do grão do milho semiduro seco e reidratado por 2 a 5 dias em amostras incubadas como grão moído a 2mm

Parâmetros de degradação	Grão moído a 2mm ⁴					EPM ⁵	P-value
	Seco	Dias de reidratação					
		2	3	4	5		
a ¹	17,51c	21,25b	22,21b	25,56a	24,57a	0,51	<0,0001
b ¹	64,29a	61,81a	61,95a	57,35b	59,17b	1,79	<0,0001
a+b ¹	81,80	83,06	84,92	82,92	83,73	1,54	0,5173
kd ¹	3,71	3,96	3,59	3,65	3,44	0,11	0,4078
DE3 ²	61,64c	66,56bc	66,49bc	69,71a	67,81ab	3,55	0,0197
DE5 ³	51,68c	56,56bc	56,32bc	59,63a	57,71ab	3,41	0,0179

¹Parâmetros de degradação: "a": fração solúvel (g 100 g⁻¹); "b": fração insolúvel potencialmente degradável (g 100 g⁻¹); "a+b": somatório das frações solúvel e insolúvel potencialmente degradável (g 100 g⁻¹); "kd": taxa de degradação (% h⁻¹).

²DE3: degradação efetiva (g 100 g⁻¹) com a taxa de passagem de sólidos no rúmen de 0,03 h⁻¹.

³DE5: degradação efetiva (g 100 g⁻¹) com a taxa de passagem de sólidos no rúmen de 0,05 h⁻¹.

⁴Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na linha diferem entre si pelo teste de T (P<0,05).

⁵EPM = erro padrão da média.

Tabela 6 – Parâmetros de degradação *in situ* da matéria seca entre o grão de milho inteiro e milho reidratado moído a 2mm

Parâmetros de degradação	Milho reidratado ⁴		EPM ⁵	P-value
	Inteiro	Moído		
a ¹	0,08b	23,34a	0,28	<0,0001
b ¹	40,36b	60,07a	7,67	<0,0001
a+b ¹	40,44b	83,47a	7,36	<0,0001
kd ¹	1,39b	3,66 ^a	0,14	<0,0001
DE3 ²	10,41b	67,63a	3,67	<0,0001
DE5 ³	6,69b	57,55a	3,62	<0,0001

¹Parâmetros de degradação: "a": fração solúvel (g 100 g⁻¹); "b": fração insolúvel potencialmente degradável (g 100 g⁻¹); "a+b": somatório das frações solúvel e insolúvel potencialmente degradável (g 100 g⁻¹); "kd": taxa de degradação (% h⁻¹).

² DE3: degradação efetiva (g 100 g⁻¹) com a taxa de passagem de sólidos no rúmen de 0,03 h⁻¹.

³ DE5: degradação efetiva (g 100 g⁻¹) com a taxa de passagem de sólidos no rúmen de 0,05 h⁻¹.

⁴Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na linha diferem entre si pelo teste de T (P<0,05).

⁵EPM = erro padrão da média.

Efeito do processamento do grão de milho sobre o desempenho de cordeiros confinados com dietas de alto concentrado

Effect of corn grain processing on performance of lambs fed with high concentrate diets

Resumo: Objetivou-se avaliar dietas de alto concentrado com diferentes processamentos do grão de milho no desempenho, ingestão dos nutrientes, comportamento, digestibilidade *in vivo*, bioquímica sanguínea e a análise econômica do confinamento de cordeiros. Foram utilizados 24 cordeiros mestiços Texel, peso corporal inicial médio de $29,49 \pm 4,19$ kg, distribuídos aleatoriamente em três tratamentos: milho grão inteiro seco (grão inteiro), milho grão inteiro reidratado por três dias (grão reidratado) e milho seco moído grosso (grão moído). Todos com a mesma proporção de volumoso:concentrado (15V:85C), tendo como volumoso silagem de parte aérea do milho e concentrado composto por 76,5% de milho e 8,5% de núcleo, durante 61 dias de confinamento onde foram realizados três períodos de coletas. O processamento do milho promoveu mudanças no desempenho e consumo, com maiores valores para o grão moído para ganho de peso médio ($295,83 \pm 69,11$ g), consumo médio de matéria seca ($1,2 \pm 0,15$ kg), proteína bruta (143g) e nutrientes digestíveis totais (966g). Não houve diferença entre os tratamentos para comportamento de ingestão, de ruminção e ócio e bioquímica sanguínea. A moagem do grão de milho promoveu maior consumo, desempenho e lucratividade.

Palavras-chave: comportamento ingestivo, milho grão inteiro reidratado, ovinos, perfil hematológico, lucro bruto

Abstract: Objective to evaluate high concentrate diets with different corn grain processing on performance, nutrient consumption, behavior, *in vivo* digestibility, blood parameters and economic analyze of lambs confinement. Twenty-four Texel crossbred lambs were used, with an average initial body weight of 29.49 ± 4.19 kg, randomly distributed in three treatments: dry whole grain corn (whole grain), whole grain corn rehydrated for three days (rehydrated grain) and dry cracked corn (cracked grain). All with the same proportion of roughage: concentrate (15V: 85C), silage of aerial part of corn like roughage and concentrate composed by 76.5% of corn and 8.5% of nucleus, during 61 days of confinement divided in three periods of collection. Corn processing

promoted changes in performance and consumption, with higher values for cracked grain to average weight gain (295.83kg), average dry matter intake (1.2kg), crude protein (143g) and total digestible nutrients (966g). There was no difference between treatments for eating behavior, rumination and leisure and blood biochemistry. Grinding of corn grain promoted greater consumption, performance and profitability.

Key-words: gross profit, hematological profile, ingestive behavior, sheep, whole grain corn rehydrated

Introdução

A ovinocultura é uma atividade de importância sócio-econômica para o Brasil, por possuir ciclo curto de produção, capacidade de adaptação a diferentes ambientes, alternativa de diversificação de renda nas propriedades, carne de qualidade e perspectivas de aumento no consumo interno (Bernardes et al., 2015). Tais características podem ser obtidas mais rapidamente com os animais em confinamento do que a pasto (Barbieri et al., 2016), com a redução da idade ao abate atrelado ao elevado ganho de peso (Carvalho et al., 2008) através do uso de dietas de alto concentrado.

Embora ocorra preocupação com o uso de dietas de alto grão de milho inteiro devido perdas de grãos nas fezes, comum em confinamento de bovinos. Os ovinos aproveitam melhor o grão inteiro, devido modo de seleção, apreensão e processo de mastigação, além da ação do orifício retículo-omasal (Poppi et al., 1980) que seleciona as partículas que seguem a diante no trato gastrointestinal.

O milho é o ingrediente de maior participação nas dietas de alto concentrado. O grão possui características que dificultam a digestibilidade, dentre elas o pericarpo (McAllister et al., 1994) composta de células densas resistente que dificulta a penetração de água e dos microrganismos do rúmen, a matriz proteica que reveste os grânulos de amido (Kotarski et al., 1992), quantidade e tipo de amido (amilose e amilopectina), presença ou não de lesão nos grãos que ocorrem durante o processo de colheita.

As barreiras que dificultam a digestibilidade do grão podem ser quebradas por meio de processamentos, tanto físicos quanto químicos. O processamento mais comum é a moagem. Outro que vem sendo estudado é a reconstituição ou reidratação, que é a

elevação do teor de umidade do grão, de forma o grão incha e isso leva ao rompimento ou lesão no pericarpo.

O processamento que altera a granulometria da dieta influencia nas atividades comportamentais como tempo de ruminação, de alimentação e ócio (Gomes et al., 2012), mas também podem predispor à desordens metabólicas (acidose) (Lima et al., 2012). Algumas variáveis bioquímicas sanguíneas associadas com atividade de comportamento ingestivo podem auxiliar no diagnóstico de distúrbios metabólicos (Vieira et al., 2012) e direcionar mudanças no manejo alimentar para preveni-los.

Portanto, com este trabalho objetivou-se avaliar a influência de alguns processamentos do milho no desempenho, aproveitamento, comportamento ingestivo e a análise econômica das dietas de cordeiros mestiços Texel confinados.

Material e Métodos

O experimento foi realizado Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, em Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil, latitude 20°30'37.2"S e longitude 54°37'13.9"W, clima caracterizado como tropical chuvoso, subtipo AW conforme a classificação de Köppen com chuvas no verão e seco no inverno. Os procedimentos foram aprovados pelo comitê de ética da UFMS protocolo 849/2017.

Foram utilizados 24 machos inteiros mestiços Texel, idade média inicial de 60 a 90 dias, com peso corporal médio de 24,24±3,82kg. Os animais foram identificados, distribuídos em baias individuais com 2,5 m² e tratados com antielmínticos. Os animais foram mantidos por um período de 21 dias em adaptação às baias e quarentena.

Após a adaptação, os animais receberam, aleatoriamente, três tratamentos utilizando dietas de alto grão (15% de volumoso e 85% de concentrado em base de matéria seca) com uma mesma fonte de volumoso (silagem de parte aérea de milho) e um mesmo núcleo, e a composição química de cada dieta e ingrediente testados na Tabela 1. O diferencial entre os tratamentos era a forma de processamento do milho utilizado na dieta: milho seco na forma de grão inteiro (grão inteiro), milho reidratado por três dias na forma de grão inteiro (grão reidratado) e milho seco moído grosso (grão moído). Na reidratação do grão de milho inteiro foram utilizadas 6 bombonas de 60 litros com tampa, sendo três para o período do trato da manhã e três para o trato da tarde, onde colocava-se o grão de milho inteiro e água suficiente para que o milho ficasse submerso. Passado o período de 72 horas o grão de milho era escoado com tela

sombrite (80%) por dez minutos e só então fornecido aos animais do respectivo tratamento. O milho seco moído grosso foi obtido com a moagem do milho em grão seco em peneira com crivo de 18mm.

Os animais foram submetidos, durante 21 dias, a um processo de adaptação do tipo escada até chegar à proporção final estabelecida (15V:85C). Nos sete primeiros dias, a proporção foi de 70V:30C, do oitavo dia ao décimo quarto dia a proporção foi de 40V:60C, e do décimo quinto ao vigésimo primeiro dia, adotou-se a proporção final de 15V:85C.

A dieta foi fornecida às 8h30min e às 15h, sendo fornecido 50% da dieta total em cada período de arração. O consumo foi ajustado diariamente para garantir sobras de MS em torno de 10%. Os animais tinham acesso à água *ad libitum* e o bebedouro era lavado todos os dias.

Após a adaptação iniciou-se o período experimental que compreendeu de outubro a dezembro de 2017, em um total 61 dias de confinamento. Foram realizadas as pesagens dos animais sem jejum no início e no final do período experimental. A avaliação do comportamento animal foi realizada em dois dias por mês em outubro, novembro e dezembro. Para a avaliação de digestibilidade *in vivo*, coleta de sobras e fezes, as amostras foram coletadas em três períodos de seis dias em outubro, novembro e dezembro. A coleta de sangue foi realizada em dois dias distintos, no início de novembro e no meio de dezembro.

No primeiro dia da avaliação comportamental foi realizada a contagem do número mastigações meréricas dentro de 15 segundos durante a ruminação do bolo ruminal e a duração do tempo de ruminação por bolo ruminal, tais informações foram coletadas em triplicata por animal, em três períodos do dia: das 09 às 11 h, das 13 às 15 h e das 15:30 às 17:30 h, com o uso de cronômetro digital (Bürger et al., 2000).

Os resultados do comportamento ingestivo foram obtidos pelas relações:

1) $EAL = CMS/TAL$, em que EAL é a eficiência de alimentação (g de MS h^{-1}), CMS é o consumo de matéria seca (g de MS dia^{-1}) e TAL é o tempo de alimentação (h dia^{-1});

2) $ERU_{MS} = CMS/TRU$, $ERU_{FDN} = CFDN/TRU$, onde ERU_{MS} é a eficiência de ruminação de matéria seca (g de MS h^{-1}) e ERU_{FDN} é a eficiência de ruminação da fibra em detergente neutro (g de FDN h^{-1}) respectivamente, TRU é o tempo de ruminação (h dia^{-1});

3) $TMT = TAL+TRU$, onde TMT é o tempo de mastigação total (h dia^{-1});

4) $BOL = TRU/MMtb$, no qual BOL é o número de bolos ruminais ($n^{\circ} \text{ dia}^{-1}$), TRU tempo de ruminação ($s \text{ dia}^{-1}$) e MMtb tempo de mastigações merísticas por bolo ruminal ($s \text{ bolo}^{-1}$);

5) $MMnd = BOL/MMnb$, onde MMnd é o número de mastigações merísticas ($n^{\circ} \text{ dia}^{-1}$) e MMnb é o número de mastigações merísticas por bolo ($n^{\circ} \text{ bolo}^{-1}$).

6) $NMin = NMin$ é o número de mastigações em um minuto ($n^{\circ} \text{ min}^{-1}$) = média do número de mastigações em $15s \times 4$.

O segundo dia de avaliação do comportamento ingestivo teve a duração de 24 horas, com observações a partir do fornecimento da dieta as 08h30min da manhã até a mesma hora do outro dia. A avaliação foi baseada na amostra de varredura instantânea, a cada 10 minutos, conforme sugerido por Altmann (1974) e Martin e Bateson (1993), por meio de etograma, caracterizado por três categorias básicas de comportamento (alimentação, ruminação e ócio).

A coleta de sangue foi realizada após 6 horas do fornecimento da dieta matinal, no início e no final do confinamento, com a intenção de se avaliar se o período prolongado do animal em dieta de alto grão provocaria alterações nos valores sanguíneos de glicose, hemogasometria, ácido graxo, pH, pressão parcial de oxigênio e gás carbônico, concentrações séricas das enzimas aspartato aminotransferase (AST), gama-glutamilttransferase (GGT) e creatinina quinase (CK). Coletou-se 5ml de sangue em tubo com gel separador, onde utilizou-se a metodologia descrita por Beauchemin et al. (2003) com kit específico para análise de AST, GT, CK e creatinina com o Analisador Bioquímico Semi-Automático (Bioplus 2000), e outro kit para as demais análises para eletrólitos e gases com o Gasômetro Portátil (Roche Diagnostcs, Cobas b 221 System).

Para a coleta de fezes foram selecionados dois animais de cada tratamento. A escolha foi feita de maneira aleatória, sendo os mesmos animais em todas as coletas realizadas. A coleta foi realizada com o auxílio de bolsa coletora própria para ovinos, a qual foi colocada as 08:30h e retirada no dia seguinte, no mesmo horário. As fezes foram retiradas da bolsa e pesadas durante os horários dos tratamentos, amostradas, armazenadas em sacos plásticos e congeladas para posteriores análises, procedimento repetido nos cinco dias de coleta em cada período experimental.

Durante o período de coleta de fezes foram amostradas as dietas ofertadas, os ingredientes separados e as sobras de cada animal. Durante os cinco dias do ensaio de digestibilidade coletou-se uma amostra composta das sobras de cada animal para determinar o consumo de nutrientes por animal, já dos animais que estavam com a bolsa

coletora obteve-se amostras diárias das sobras para a determinação da digestibilidade aparente e consumo de nutrientes. Em seguida essas amostras foram pesadas, identificadas e congeladas para posteriores análises.

As amostras de fezes, dos ingredientes da dieta e das sobras foram posteriormente descongeladas e preparadas para pré-secagem em estufa de ventilação forçada a 55°C, por pelo menos 72 horas, na sequência eram trituradas em moinho de facas em peneira de 1mm, para realizar as análises de composição química. As análises de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) foram realizadas conforme o AOAC (2000). A proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) foi determinada segundo Van Soest e Robertson (1985), enquanto as análises de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína (FDNcp) foram realizadas conforme recomendações de Van Soest et al. (1991). O teor de amido foi avaliado conforme (Carvalho e Jong, 2002), com uma adaptação onde o peso das amostras, das sobras e de cada componente da dieta ofertada foi de 1g e as fezes, de 2,5g, aproximadamente. Os nutrientes digestíveis totais (NDT) da dieta foram estimados conforme Cappelle et al. (2001), $NDT = 91,0246 - (0,571588 \times FDN)$.

Os consumos de MS, MO, PB, EE, FDNp, CNF e amido foram determinados pela diferença entre a dieta fornecida aos animais e as sobras do cocho. Foram estimados os consumos de nutrientes, eficiência alimentar (EA, onde $EA = \text{ganho médio diário} / \text{consumo de matéria seca diário}$), os pesos corporais inicial (PCi) e final (PCf), o ganho de peso corporal total (GPTotal, $GPTotal = PCf - PCi$) e o ganho de peso médio diário (GPM, $GPM = GPTotal / \text{dias de confinamento}$).

Com os dados de nutrientes consumidos e excretados nas fezes, foram calculados os coeficientes de digestibilidade aparente da MS, MO, PB, EE, FDN e amido. O NTD foi calculado conforme proposta do NRC (2000): $NDT = (PB_{dieta} - PB_{fezes}) + (FDN_{dieta} - FDN_{fezes}) + (CNF_{dieta} - CNF_{fezes}) + (2,25 \times (EE_{dieta} - EE_{fezes}))$, onde PB é a proteína bruta, FDN é a fibra em detergente neutro, CNF são os carboidratos não fibrosos e EE é o extrato etéreo.

Foi estimada a viabilidade econômica das dietas experimentais por animal durante o confinamento, através do custo por ganho de peso total (custo total por animal/peso ganho total), da receita e do lucro bruto. O valor de processamento do milho moído foi fornecido pela empresa MACAL-Solução em Nutrição, Campo Grande, MS.

Na estimativa do custo de processamento do milho reidratado não foram considerados o valor do tambor utilizado para a reidratação do milho, pois as

propriedades podem adaptar diversos utensílios comuns, que podem ser utilizados. Tampouco se calculou a quantidade de água utilizada na reidratação, pois em média foram gastos 16 litros de água por dia, quantidade ínfima em termos de custo. Portanto, o valor do processamento de reidratação foi obtido pelo custo da mão de obra. Baseou-se o valor do salário rural por hora de trabalho do ano em que o trabalho foi realizado (aproximadamente R\$ 5,59 por hora), e dividiu-se este valor pelo tempo trabalhado por dia ao manusear o milho para reidratação (20 minutos por dia), em seguida dividiu-se pela quantidade de milho seco por dia (16 kg), portanto para reidratar 1 kg de milho com em base de matéria natural o custo do processamento seria aproximadamente R\$ 0,116. Ao considerar o teor de umidade do grão de milho reidratado da Tabela 1, o custo do processamento de cada 1kg de grão de milho reidratado foi de R\$ 0,073.

As análises econômicas foram obtidas pelas seguintes relações:

1) Custo do consumo total de MS por animal = consumo de MS total durante o confinamento x custo do kg da dieta em base de MS, em R\$ por animal

2) Custo por ganho de peso total = custo do consumo total de MS por animal / ganho de peso total, em R\$ GP_{total}^{-1} por animal, em que o ganho de peso total é a diferença entre o peso corporal inicial e final durante o confinamento em kg.

3) Margem bruta de lucro por animal = (ganho de peso total x preço pago por kg vivo de cordeiro na região) - custo do consumo total de MS por animal - despesas com vermífugos, em que a margem bruta de lucro por animal é obtida em R\$ por animal, o preço pago por kg vivo de cordeiro na região foi de R\$ 8,00 por kg, as despesas com vermífugos foram de R\$ 0,60 por animal.

4) Receita = peso da carcaça fria x 12,5; em que 12,5 corresponde ao preço pago pelo kg de carcaça limpa fria, em que a receita foi obtida em R\$ por animal.

5) Lucro bruto = receita - investimento inicial na compra dos animais - custo do consumo total de MS por animal - despesas com vermífugos, em que o lucro bruto foi obtido em R\$ por animal.

6) ROI = ((receita - custo) / custo) x 100; em que ROI é *return over investment* em %, receita é o valor recebido pela venda das carcaças, custo é o somatório do valor pago pelos animais no início do experimento, o custo do consumo total de MS por animal e as despesas com o vermífugo.

Os dados de comportamento, digestibilidade *in vivo* e a análise sanguínea foram avaliados utilizando o procedimento MIXED, delineamento em blocos ao acaso com três tratamentos. Os dados de desempenho e consumo foram submetidos à análise de

variância pelo PROC GLM (ambos do SAS v 9.3– Sas Institute Inc., Cary, CA, EUA) e a comparação de médias foi feita pelo teste T ao nível de 0,05 de significância.

Resultados

Houve diferença nos consumos de MS, PB e NDT expressos para em kg dia⁻¹, onde o milho grão moído apresentou valores de consumo superiores ao grão inteiro, enquanto o grão reidratado não diferiu entre os demais (Tabela 2). Quando os consumos de nutrientes foram expressos em função do peso corporal, os consumos de todos os nutrientes mostraram significância com menores valores para o grão inteiro, a única variável que não diferiu entre os tratamentos foi o CAMidopc.

Os tratamentos não afetaram ($P>0,05$) a digestibilidade aparente dos nutrientes (Tabela 3).

A forma de processamento do grão de milho resultou em diferenças no GMD, sem afetar o PCf e EA ($P<0,05$ – Tabela 4). O GMD foi maior para os animais consumindo o grão moído e menor para o grão inteiro, enquanto o grão reidratado não diferiu dos demais tratamentos.

Não houve efeito ($P>0,05$) do processamento dos grãos de milho sobre as atividades de comportamento ingestivo estudadas (Tabela 5).

O número de mastigações meréricas e o tempo e o numero de bolos ruminais não foram influenciados ($P>0,05$) pelo processamento do grão de milho (Tabela 6).

A análise de bioquímica sanguínea (Tabela 7) mostrou diferença ($P<0,05$) entre os animais recebendo diferentes tratamentos apenas para a aspartato aminotransferase (AST), com maior valor para aqueles recebendo o grão reidratado, menor para o grão inteiro e com o grão moído não diferindo dos demais. As demais características de bioquímica sanguínea não diferiram entre os tratamentos ($P>0,05$).

A dieta mais barata em base de MS foi a do grão inteiro e a mais cara, o grão reidratado. Ao considerar o consumo total e o custo da dieta, os tratamentos grão reidratado e grão moído tiveram maiores custos por animal do que o grão inteiro. Embora o grão moído tenha gasto mais, com o processamento e o consumo individual, este custo foi compensado pelo maior ganho de peso, levando a um menor custo por ganho de peso total. O lucro bruto e o ROI foram negativos apenas com o grão inteiro, por outro lado foram positivos e maiores com o grão moído (Tabela 8).

Discussão

A diferença no consumo de matéria seca foi influenciada principalmente pela moagem do grão de milho. Com a redução do tamanho das partículas, menor será o tempo de permanência no rúmen e mais rápida será a passagem pelo trato gastrointestinal. Ao mesmo tempo, a água retida no grão reidratado não limitou que o animal obtivesse alto consumo de MS. Por mais que a reidratação promova menor resistência ao cisalhamento ou esmagamento do grão (Artigo 1), o consumo deste grão não diferiu do consumo do grão inteiro, ou seja, a reidratação do grão de milho não afetou a forma como os ovinos conseguem consumir o grão inteiro.

A diferença no consumo de PB e NDT entre os tratamentos (Tabela 2) estão diretamente relacionados com as diferenças no consumo de MS. As diferenças do consumo de nutrientes em g kg^{-1} de peso corporal estão relacionados ao consumo de matéria seca e ao ganho de peso corporal médio diário dos animais.

Embora o consumo tenha apresentado diferenças entre os tratamentos, o ensaio de digestibilidade mostrou digestibilidade aparente dos nutrientes semelhantes, independente do processamento realizado no milho (Tabela 3). De maneira diferente Bolzan et al. (2007), observaram que a digestibilidade aparente e os consumos não diferiram entre o grão inteiro e o moído com uma dieta de alto concentrado (70% de participação na dieta), com valores médios de 73,77% de DAMS, 69,27% de DAPB, 46,91% de DAFDN e 75,28% de digestibilidade aparente de carboidratos totais, que foram inferiores aos encontrados no presente trabalho, provavelmente se deve a maior quantidade de volumoso ofertado com mais fibra e menos NDT. Como não houve diferença na digestibilidade aparente entre as dietas não seria necessário moer o milho, pois os ovinos conseguem de maneira eficiente reduzir as partículas pela mastigação e ruminação (Poppi et al., 1980). Contudo ao ofertar o milho moído promoveu maiores consumos de MS e nutrientes isso influenciou no GMD dos animais.

O aumento do consumo de MS foi acompanhado pelo aumento do GMD, o que explica a ausência de diferença na EA entre os tratamentos (Tabela 4).

O GMD observado nos animais consumindo grão moído foi similar ao observado por Gastaldello Junior et al. (2010) e Urano et al. (2006), com 290g e 298g por dia respectivamente, sendo que ambos trabalharam com uma dieta de aproximadamente 70% de milho moído, na proporção de 90C:10V. O CMS (970g e 1,1kg por dia), a CA (3,32 e 3,6) e o peso de abate (41 e 38,3kg de PC), entretanto, foram menores que os do presente estudo.

A EA pode variar conforme a idade (Carvalho et al., 2008), dieta, nível de energia e proteína, contudo no presente estudo as dietas foram isoproteicas e isoenergéticas e animais com a mesma faixa de idade. Portanto a EA poderia ser influenciada apenas pelo consumo e o ganho de peso (Tabela 4), ambos estão diretamente relacionados a medida de aumento o consumo aumenta o ganho de peso.

Embora o consumo de matéria seca por dia tenha sido diferente entre os tratamentos não houve diferença no tempo despendido em cada atividade comportamental dos carneiros (Tabela 5). Os animais gastaram em média 3,04 h consumindo a dieta, 4,19 h em ruminação e 16,77 h em ócio, ou seja, 69,9% do tempo os animais estavam em ócio independente do tipo de processamento do grão de milho e oferta da dieta *ad libitum*. Quando se predomina o concentrado na dieta observa-se baixo tempo de alimentação e ruminação (Cirne et al., 2014; Figueiredo et al., 2013), como observado no presente trabalho.

O consumo de matéria seca e os diferentes processamentos do grão nas dietas não foram capazes de influenciar no número de mastigações e bolo ruminal (Tabela 6), apenas uma tendência na eficiência de ruminação da MS e do FDN. Espera-se com dietas de alto concentrado valores altos de ERU_{MS} , como obtido no presente trabalho e por Mendes et al., (2018) com um valor de 371,81g de MS h^{-1} .

O número de mastigação de mastigação merícicas por dia está relacionado diretamente com o tempo de ruminação e alimentação, e não houve diferença entre os tratamentos. Era de se esperar que o grão moído grosseiramente fosse alterar o tempo de mastigação e bolo ruminal, contudo essa diferença só seria observada caso as partículas fossem inferiores a 2mm (Gomes et al., 2012) o que não ocorreu com a moagem grosseira.

O número e o tempo por bolo ruminal não foram influenciados pelos processamentos realizados no grão de milho, portanto os ovinos são animais eficientes na mastigação do alimento visto que o tratamento grão inteiro obteve os mesmos valores que o grão moído. Mendes et al. (2018) obtiveram MMtb de 37,47 segundos por bolo, valor muito próximo ao obtido no presente trabalho.

Os valores de AST se encontram, em todos os tratamentos, dentro da faixa fisiológica normal da espécie (60 a 280 UI L^{-1}), conforme estabelecido por Radostits et al. (2002).

Já a GGT apesar de não variar entre os tratamentos, apresentou valores acima do que é recomendado para a espécie. Kaneko et al. (2008) cita que o nível aceitável seria

de 20 a 52 UIL^{-1} de GGT. Não se pode basear apenas nesta avaliação como indicador de problemas hepáticos ou ainda acidose.

Segundo Brown et al. (1999), com trabalho de indução de acidose observaram que os níveis séricos de lactato, creatinina, sódio, potássio e fósforo são melhores indicadores para detectar a acidose metabólica. Os autores observaram que o animal em acidose possui aumento de sódio, cloro, fósforo, creatinina, e redução do potássio sanguíneo. Os animais sem acidose apresentaram níveis de 1,5 a 2 mM de Lac, 145 mEqL^{-1} de Na, 109 mEqL^{-1} de Cl, 4,6 mEqL^{-1} de K, 79 mg dL^{-1} de glicose, 1,03 mg dL^{-1} de creatinina, próximos aos obtidos no presente estudo.

Outro trabalho de indução de acidose sanguínea foi realizado por Vieira et al. (2012) em que o tratamento controle sem acidose na hora zero possuíam 0,67 mg/dL de creatinina, 96,9 U L^{-1} de AST, 186,2 U L^{-1} de CK, valores próximos aos encontrados no presente trabalho.

A glicose, que não se alterou entre os tipos de processamento, é um metabólito controlado por mecanismos homeostáticos eficientes e pouco influenciado pela dieta (Gonzalez e Scheffer, 2002). No presente trabalho, as dietas possuíam a mesma proporção de ingredientes, e, como não houve diferença na digestibilidade da matéria seca, era de se esperar que não houvesse variação na concentração da glicose sanguínea.

Os valores de hemogasometria estão próximos da normalidade relacionada à espécie. Segundo Ortolani (2003), o pH pode variar de 7,28 a 7,42, concentração de HCO_3 de 19 a 25 mmol/L , ctCO_2 de 19 a 26 mmol/L e BE variando de -4 a 2 mmol/L .

Os resultados da dosagem bioquímica sanguínea revelam que os animais se encontravam sadios, sem alterações hepáticas (AST, GGT, CK, DL-Lactato), renais (CREJ2), ou nervosas (CK), com equilíbrio ácido-base (pH) e eletrólitos normais (K, Na, Cl, Ca, osmolaridade), bem como hemogasometria satisfatória. Fica evidente a ausência de distúrbios metabólicos, como por exemplo a acidose, e que as proporções de V:C (15:85) nas dietas com protocolo de adaptação em escada e aditivo tamponante no núcleo se mostraram eficientes na prevenção destes.

O confinamento com dietas de alto concentrado só será vantajoso se a dieta promover eficiência financeira positiva. Fazer a comparação apenas pela margem bruta não foi o melhor indicativo entre as dietas avaliadas, pois todas tiveram um saldo positivo, contudo ao considerar o investimento e o valor recebido pelas carcaças os indicadores de lucro bruto e ROI foram mais adequados na comparação entre os processamentos do milho. No presente trabalho foi inviável o uso do tratamento grão

inteiro, com prejuízos quanto ao lucro bruto e ao retorno de investimento, pois o ganho de peso não foi suficiente para amenizar os custos com a dieta e investimento inicial dos animais. De modo distinto o grão reidratado, que mesmo sendo um processamento laborioso seria mais indicado economicamente do que o grão inteiro. Já o grão moído promoveu os maiores ganhos de peso durante o confinamento o que compensou o maior custo total por animal consumido, e demonstrou ser a dieta com melhor ROI. Portanto é recomendado para terminação o processamento do grão de milho moído, se ainda preferir o uso do grão inteiro é recomendado a reidratação na dieta de alto concentrado em cordeiros.

Conclusão

A moagem grosseira do grão de milho seco aumenta o consumo de MS, promove melhor desempenho e a lucratividade do confinamento de cordeiros com dietas de alto concentrado, sem interferir na digestibilidade e no aproveitamento dos alimentos e por facilidade de manejo alimentar deve ser o processamento recomendado para o confinamento.

Referências

- Altmann, J. 1974. Observational study of behavior sampling methods. *Behavior* 49:227-267.
- AOAC – Association of Official Analytical Chemists. 2000. Official methods of analysis of the Association of the Analytical Chemists. 17th ed. Gaithersburg, MD, USA.
- Barbieri, R. S.; Carvalho, J. B.; Sabbag, O. J. 2016. Análise de viabilidade econômica de um confinamento de bovinos de corte. *Interações* 17(3):357-369.
- Beauchemin, K. A.; Yang, W. Z.; Morgavi, D. P.; et al. 2003. Effect of bacterial directfed microbials and yeast on site and extent of digestion, blood chemistry, and subclinical ruminal acidosis in feedlot cattle. *Journal of Animal Science* 81:1628-1640.
- Bernardes, G. M. C.; Carvalho, S.; Pires, C. C.; Motta, J. H.; Teixeira, W. S.; Borges, L. I.; Fleig, M.; Pilecco, V. M.; Farinha, E. T.; Venturini, R. S. 2015. Consumo, desempenho e análise econômica da alimentação de cordeiros terminados em confinamento com o uso de dietas de alto grão. *Arq. Bras. Vet. Zootec.* 67(6):1684-1692.
- Bolzan, I. T.; Sanchez, L. M. B.; Carvalho, P. A.; Velho, J. P.; Lima, L. D.; Morais, J.; Cadorin Junior, R. L. 2007. Consumo e digestibilidade em ovinos alimentados com dietas contendo grão de milho moído, inteiro ou triturado com uréia, com três níveis de concentrado. *Ciência Rural* 37(1):229-234.
- Brown, M. S.; Halford, D. M.; Galyean, M. L.; Krehbiel, C. R.; Duff, G. 1999. Effect of ruminal glucose infusion on dry matter intake, urinary nitrogen composition, and

- serum metabolite and hormone profile in ewes. *Journal of Animal Science* 77:3068-3076.
- Bürger, P. J.; Pereira, J. C.; Coelho da Silva, J. F.; Valadares Filho, S. C.; Queiroz, A. C.; Cecon, P. R.; Monteiro, H. C. F. 2000. Consumo e digestibilidade aparentes total e parcial em bezerros holandeses alimentados com dietas contendo diferentes níveis de concentrado. *Revista Brasileira de Zootecnia* 29(1):206-214.
- Carvalho, H. H. and Jong, E. V. 2002. Alimentos – métodos físicos e químicos de análise. Porto Alegre: UFRGS, Porto Alegre, RS.
- Carvalho, S.; Vargas, T. D.; Daltrozo, F. D.; Kieling, R. 2008. Consumo de nutrientes, ganho de peso e conversão alimentar de cordeiros terminados em confinamento com dietas contendo diferentes níveis de energia. *Revista Brasileira de Agrociência* 14(44):86-89.
- Cappelle, E. R.; Valadares Filho, S. C.; Silva, J. F. C. and Cecon, P. R. 2001. Estimativas do valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. *Revista Brasileira Zootecnia* 30(6):1837-1856.
- Cirne, L. G. A.; Oliveira, G. J. C.; Jaeger, S. M. P. L.; Bagaldo, M. C. P.; Leite, M. C. P.; Rocha, N. B.; Macedo Junior, C. M.; Oliveira, P. A. 2014. Comportamento ingestivo de cordeiros em confinamento, alimentados com dieta exclusiva de concentrado com diferentes porcentagens de proteína. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 66(1):229-234.
- Figueiredo, M. R. P.; Saliba, E. O. S.; Borges, I.; Rebouças, G. M. N.; Aguiar e Silva, F.; Sá, H. C. M. 2013. Comportamento ingestivo de ovinos alimentados com diferentes fontes de fibra. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 65(2):485-489.
- Gastaldello Junior, A. L.; Pires, A. V.; Susin, I.; Mendes, C. Q.; Ferreira, E. M.; Mourão, G. B. 2010. Desempenho e características de carcaça de cordeiros com dietas contendo alta proporção de concentrado adicionadas de agentes tamponantes. *Revista Brasileira de Zootecnia* 39(3):556-562.
- Gomes, S. P.; Borges, A. L. C. C.; Borges, I.; Macedo Júnior, G. L.; Silva, A. G. M.; Pancoti, C. G. 2012. Efeito do tamanho de partícula do volumoso e da frequência de alimentação sobre o consumo e a digestibilidade em ovinos. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal* 13(1):137-149.
- González, F. H. D. and Scheffer, J. F. S. 2002. Perfil sanguíneo: ferramenta de análise clínica, metabólica e nutricional. Avaliação metabólico-nutricional de vacas leiteiras por meio de fluidos corporais. p.5-17. In: Congresso Brasileiro de Medicina Veterinária. Gramado-RS: SBMV e SOVERGS. Gramado, RS, Brasil.
- Kaneko, J. J.; Harvey, J. W.; Bruss, M. L. 2008. *Clinical biochemistry of domestic animals*. 6th ed. New York: Academic Press.
- Kotarski, S. F.; Wanisha, R. D.; Thur, K. K. 1992. Starch hydrolysis by ruminal microflora. *Journal of Nutrition* 122:178-190.
- Lima, M. E.; Vendramin, L.; Hoffmann, D. A.; Lisboa, F. P.; Gallina, T.; Rabassa, V. R.; Schwegler, E.; Corrêa, M. N. 2012. Alterações na população de protozoários ruminais, quantificados a partir da adaptação técnica de dietética de ovinos submetidos a uma dieta em confinamento. *Acta Veterinária Scandinavica* 40(1):1019.
- Martin, P.; Bateson, R. 1993. *Measuring Behavior*. Cambridge University Press. 84-100.
- McAllister, T. A.; Rode, L. M.; Major, D. J.; Chung, K. J. 1994. Microbial attachment

- and feed digestion in the rumen. *Journal of Animal Science* 72(11):3004-3012.
- Mendes, J. A. C.; Parente, M. O. M.; Parente, H. N.; Zanine, A. M.; Ferreira, D. J.; Moreira Filho, M. A.; Cunha, I. A. L.; Ladim, A. V.; Rocha, K. S. 2018. Performance, ingestive behavior and cost of production of finishing lambs fed non-forage diets. *Biological Rhythm Research* 49:1-11.
- NRC – NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 2000. Nutrients requirements of beef cattle. 7th ed. Washington, D.C.: National Academy Press, update.
- Ortolani, E. R. 2003. Diagnóstico de doenças nutricionais e metabólica por meio de exame de urina em ruminantes. p.91-102. In: 1º Simpósio de patologia clínica veterinária da região sul do Brasil, ed. González, F. H. D.; CAMPOS, R. Porto Alegre, RS.
- Poppi, D. P.; Norton, B. W.; Minson, D. J.; Hendricksen, R. E. 1980. The validity of the critical size theory for particles leaving the rumen. *Journal of Agriculture Science* 94(2):275-280.
- Radostits, O. M.; Mayhew, I. G. J.; Houston, D. M. 2002. Exame clínico e diagnóstico em veterinária. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
- Van Soest, P. J. and Robertson, J. B. 1985. Analysis of forages and fibrous foods. 1.ed. Ithaca: Cornell University.
- Van Soest, P. J.; Robertson, J. B.; Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 70(10):3583-3597.
- Vieira, A. C.; Câmara A. C.; Mendonça, C. L.; Afonso, J. A. B. 2012. Perfil hematológico e bioquímico de ovinos suplementados com salinomicina submetidos à acidose láctica ruminal. *Ciência Animal Brasileira* 13(2):259-271.
- Urano, F. S.; Pires, A. V.; Susin, I.; Mendes, C. Q.; Rodrigues, G. H.; Araujo, R. C.; Mattos, W. R. S. 2006. Desempenho e características da carcaça de cordeiros confinados alimentados com grãos de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 41(10):1525-1530.

Tabelas

Tabela 1 – Participação dos ingredientes nas dietas e composição química das dietas experimentais e dos ingredientes utilizados nas dietas em g kg⁻¹ de matéria seca

Componentes ¹ em g kg ⁻¹ de matéria seca	Dietas			Ingredientes				
	Grão inteiro seco	Grão inteiro reidratado	Grão seco moído	Milho grão seco	Milho grão reidratado	Milho seco moído	Silagem de parte aérea de milho	Núcleo ²
	Dietas			Participação dos ingredientes em cada dieta				
Grão inteiro seco				765,0	-	-	150,0	85,0
Grão inteiro reidratado				-	765,0	-	150,0	85,0
Grão seco moído				-	-	765,0	150,0	85,0
MS natural	733,9	552,4	730,5	914,6	578,0	914,3	381,9	928,3
MM	45,6	44,5	47,1	12,0	10,3	13,3	39,5	372,1
MO	954,4	955,5	952,9	988,0	989,7	986,7	960,5	627,9
EE	28,7	28,9	26,1	33,1	33,2	32,3	22,8	16,2
PB	115,7	114,1	116,0	80,4	81,0	83,7	57,6	536,1
FDN	269,5	264,5	251,5	242,7	240,7	209,3	483,3	179,1
CC	730,5	735,5	748,5	757,3	759,3	790,7	516,7	820,9
PIDN	80,2	72,0	70,8	74,4	68,3	73,4	35,9	139,0
FDNcp	189,3	192,5	180,6	168,3	172,4	135,9	447,3	40,0
Amido	674,3	673,9	674,8	728,6	713,5	700,7	477,9	102,8
NDT ³	802,1	800,2	807,0	814,1	811,7	832,5	654,6	887,4

¹MS natural = Matéria seca natural; MM = Matéria mineral; MO = Matéria orgânica; EE = Extrato etéreo; PB = Proteína bruta; FDN = Fibra em detergente neutro; CC = Conteúdo celular; PIDN = Proteína insolúvel em detergente neutro; FDNcp = Fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína; Amido = Teor de amido; NDT = Nutrientes digestíveis totais.

²Níveis de garantia (nutrientes em 100g do produto): Soja farelo (38,42g); Casca de soja (15 g); Bicarbonato de Sódio (14,7g); Uréia (10 g); Carbonato de cálcio (6,88g); Cloreto de Potássio (6,6g); Fosfato Bicálcico (2,89g); Óxido de Magnésio (2,03 g); Enxofre (2,0g); Levedura de cana-de-açúcar (0,74g); Silicato de Alumínio (378,6 mg); Sulfato de Zinco (102,9mg); Sulfato de Manganês Cinza (81,9mg); Rovimix (74 mg); Monensina Sódica (51,5mg); Sulfato de Cobre (22,8mg); Iodato de Potássio (1,0 mg); Sulfato de Cobalto (1,0mg); Selenito de Sódio (0,7mg); Vitamina A (3700UI); Vitamina D (370UI).

³NDT = 91,0246 – (0,571588 x FDN) (Cappelle et al., 2001).

Tabela 2 – Consumo de nutrientes por dia e por quilo de peso corporal (pc) mais ou menos o desvio padrão dos nutrientes (MS, EE, PB, FDN e amido) e nutrientes digestíveis totais (NDT), de cordeiros mestiços Texel confinados em dietas com diferentes tipos de processamento do grão de milho

Variável ¹	Tratamento ²			Pr>F
	Grão seco inteiro	Grão reidratado inteiro	Grão seco moído	
Consumo de nutrientes em kg dia ⁻¹				
CMSdia	0,907±0,248b	1,113±0,238ab	1,202±0,151a	0,0455
CEEdia	0,027±0,008	0,033±0,007	0,032±0,004	0,2014
CPBdia	0,097±0,026b	0,125±0,027ab	0,143±0,017a	0,0056
CFDNdia	0,177±0,045	0,228±0,052	0,225±0,027	0,0521
CAmidodia	0,637±0,185	0,764±0,155	0,822±0,106	0,0804
CNDTdia	0,725±0,2b	0,883±0,187 ab	0,966±0,126a	0,0444
Consumo de nutrientes em g kg ⁻¹ de peso corporal				
MSpc	22,23±2,52b	25,02±1,49a	24,99±1,37a	0,0113
CEEpc	0,66±0,09b	0,74±0,05a	0,66±0,03b	0,0394
CPBpc	2,39±0,25b	2,81±0,17a	2,98±0,16a	<,0001
CFDNpc	4,34±0,4b	5,11±0,3a	4,69±0,48ab	0,0039
CAmidopc	15,59±2,03	17,20±0,9	17,08±0,92	0,0616
CNDTpc	17,75±2,09b	19,85±1,23ab	20,06±1,11a	0,0146

¹MS: matéria seca; MO: matéria orgânica; EE: extrato etéreo; PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; Amido: teor de amido; CNF: carboidratos não fibrosos; NDT: nutrientes digestíveis totais.

²Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste de T (P<0,05) e tendência de (0,05<P<0,1).

Tabela 3 – Coeficiente de digestibilidade aparente (D) da matéria seca em kg e dos nutrientes (EE, PB, FDN, amido e NDT) em g por kg de MS mais ou menos o desvio padrão em cordeiros mestiços Texel confinados em dietas com diferentes tipos de processamento do grão de milho

Variável ¹	Tratamento ³			Valor-P
	Grão inteiro seco	Grão inteiro reidratado	Grão seco moído	
DMS (kg)	0,833±0,012	0,837±0,012	0,840±0,012	0,9129
DEE (g kg MS ⁻¹)	883,8±14,4	867,7±14,4	878,3±14,4	0,7100
DPB (g kg MS ⁻¹)	721,6±23,6	740,2±23,6	767,6±23,6	0,3685
DFDN (g kg MS ⁻¹)	599,4±39,9	581,7±39,9	598,1±39,9	0,9411
DAmido (g kg MS ⁻¹)	917,2±7,7	916,2±7,7	921,1±7,7	0,8935
NDT ² (g kg MS ⁻¹)	852,9±13,0	850,1±13,0	850,9±13,0	0,9829

¹MS: matéria seca; EE: extrato etéreo; PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; Amido: teor de amido; NDT: nutrientes digestíveis totais.

²NDT foi calculado conforme a fórmula do NRC (2000).

³Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste de T (P<0,05).

Tabela 4 – Desempenho e eficiência alimentar mais ou menos o desvio padrão de cordeiros mestiços Texel confinados em dietas com diferentes tipos de processamento do grão de milho

Variável ¹	Tratamento ³			Pr>F
	Grão inteiro seco	Grão inteiro reidratado	Grão seco moído	
PCi (kg)	28,63±5,09	30,26±4,74	29,87±2,80	0,7342
PCf (kg)	40,42±8,15	44,33±7,91	48,02±4,44	0,1466
GMD (g dia ⁻¹)	193,40±68,74b	230,53±71,46ab	295,83±69,11a	0,0327
EA	0,21±0,05	0,20±0,03	0,24±0,04	0,2050

¹PCi: peso corporal inicial, em kg; PCf: peso corporal final, em kg; GMD: ganho médio diário, em g dia⁻¹; EA: eficiência alimentar.

³Médias seguidas de letras diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de T (P<0,05).

Tabela 5 – Tempo despendido para as atividades de alimentação, ruminação e ócio mais ou menos o desvio padrão de cordeiros mestiços Texel confinados em dietas com diferentes tipos de processamento do grão de milho na dieta de alto concentrado

Atividades	Tratamento ¹			Valor-P
	Grão inteiro seco	Grão inteiro reidratado	Grão seco moído	
Alimentação (horas dia ⁻¹)	3,16±0,36	2,83±0,36	3,13±0,36	0,6931
Ruminação (horas dia ⁻¹)	4,22±0,32	4,22±0,32	4,13±0,32	0,9722
Ócio (horas dia ⁻¹)	16,62±0,47	16,95±0,47	16,74±0,48	0,8724

¹Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste de T (P<0,05).

Tabela 6 – Número de mastigações, número de bolo ruminal e eficiências de ruminação e de alimentação mais ou menos o desvio padrão em cordeiros mantidos em dieta de alto concentrado com diferentes processamentos do grão de milho

Atividades e eficiências ¹	Tratamento ²			Valor-P
	Grão inteiro seco	Grão inteiro reidratado	Grão seco moído	
Mastigações em 15s (n°)	29,83±1,33	30,42±1,33	29,62±1,33	0,8316
MMtb (s bolo ⁻¹)	35,91±2,04	35,76±2,04	38,96±2,05	0,2970
MMnb (n° bolo ⁻¹)	71,31±5,29	72,62±5,29	76,88±5,31	0,4260
EAL (g de MS hora ⁻¹)	354,86±100,21	538,81±100,21	462,51±100,56	0,1655
ERU _{MS} (g de MS hora ⁻¹)	245,13±36,1	293,24±36,1	337,56±36,32	0,0710
ERU _{FDN} (g de FND hora ⁻¹)	32,07±13,94	46,55±13,94	37,96±13,96	0,0697
TMT (horas dia ⁻¹)	7,38±0,47	7,05±0,47	7,26±0,48	0,8724
BOL (n° dia ⁻¹)	430,03±34,14	433,9±34,14	384,21±34,61	0,4799
MMnd (n° dia ⁻¹)	30535±2688,9	31009±2688,9	29397±2715,1	0,9083
NMmin (n° minuto ⁻¹)	119,24±5,39	122,25±5,39	118,7±5,4	0,7914

¹Mastigações em 15s: número de mastigações em 15 segundos; MMtb: tempo de mastigações meréricas por bolo ruminal, em segundos por bolo ruminal; MMnb: número de mastigações meréricas por bolo ruminal, em número por bolo; EAL: eficiência de alimentação, em gramas de matéria seca por hora; ERU_{MS}: eficiência de ruminação da matéria seca, em gramas de matéria seca por hora; ERU_{FDN}: eficiência de ruminação da fibra em detergente neutro, em gramas de FDN por hora; TMT: tempo de mastigação total, em horas por dia; BOL: números de bolos ruminais, em número por dia; MMnd: número de mastigações meréricas, em número por dia; NMmin: número de mastigações por minuto, em número por minuto.

²Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste de T (P<0,05).

Tabela 7 – Parâmetros sanguíneos de cordeiros confinados mantidos em dieta de alto concentrado com diferentes processamentos do grão de milho

Bioquímica sanguínea ¹	Tratamento ²			Valor-P
	Grão inteiro seco	Grão inteiro reidratado	Grão seco moído	
AST	112,46±18,11ab	147,86±18,65a	71,35±18,58b	0,0323
CRE	2,63±1,23	0,66±1,26	0,43±1,31	0,4113
CK	217,05±95,29	255,57±96,02	143,66±100,21	0,7207
GGT	77,66±8,80	75,79±8,83	51,54±9,03	0,0916
PCO ₂	36,40±1,52	38,03±1,54	39,87±1,65	0,3256
pH	7,43±0,01	7,42±0,01	7,44±0,01	0,7294
K	3,97±0,20	3,94±0,20	3,95±0,21	0,9939
Na	148,69±0,88	150,13±0,86	149,23±0,92	0,5120
Cl	104,07±0,98	105,47±0,98	105,05±1,05	0,5992
Ca	0,57±0,04	0,69±0,04	0,69±0,04	0,0603
Gli	76,96±2,4	76,54±2,25	80,99±2,6	0,4049
Lac	2,46±0,78	1,87±0,73	2,16±0,84	0,8589
SO ₂	57,67±4,47	60,57±5,01	54,27±4,92	0,6910
tHb	10,03±0,36	9,72±0,39	10,29±0,39	0,6047
H ⁺	36,85±1,31	37,64±1,34	37,70±1,44	0,8822
cHCO ₃ ⁻	24,02±0,71	24,64±0,70	25,03±0,75	0,6252
ctO ₂	22,06±0,69	22,95±0,74	23,34±0,74	0,4449
BE	0,58±0,78	0,26±0,78	0,65±0,84	0,9354
ctO ₂	8,11±0,72	8,15±0,77	8,10±0,77	0,9989
AG	24,50±0,73	24,10±0,72	23,02±0,78	0,3914
Osm	294,95±1,68	297,56±1,65	295,99±1,78	0,5478

¹AST: aspartato aminotransferase, em UI/L; CRE: creatinina, em mg/dL; CK: creatinina quinase, em UI/L; GGT: gama-glutamilttransferase, em UI/L; PCO₂: pressão parcial de gás carbônico, mmhg; K: potássio, em mmol/L; Na: sódio, em mmol/L; Cl: cloro, em mmol/L; Ca: cálcio, em mmol/L; Gli: glicose, em mg/dL; Lac: ácido láctico, em mmol/L; SO₂: saturação de oxigênio, em %; tHb: hemoglobina total, em g/dL; H⁺: concentração do íon hidrogênio, em nmol/L; cHCO₃⁻: concentração de bicarbonato, em mmol/L; ctO₂: concentração total de dióxido de carbono, em mmol/L; BE: controle de qualidade de excesso de bases, em mmol/L; ctO₂: concentração total de oxigênio, em %; AG: ácido graxo, em mmol/L; Osm: osmolaridade, mOsm/kg.

²Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste de T (P<0,05).

Tabela 8 – Avaliação econômica dos diferentes tratamentos contendo distintos processamentos do grão de milho em cordeiros mestiços Texel durante o período de confinamento

Variável	Tratamento		
	Grão inteiro seco	Grão inteiro reidratado	Grão seco moído
Custos dos ingredientes em base de matéria natural			
Núcleo (R\$ kg ⁻¹)	1,293	1,293	1,293
Milho grão (R\$ kg ⁻¹)	0,590	0,373	0,590
Processamento do milho (R\$ kg ⁻¹) ¹	-	0,073	0,050
Concentrado (R\$ kg ⁻¹)	0,659	0,501	0,704
Silagem de parte aérea de milho (R\$ kg ⁻¹)	1,000	1,000	1,000
Preço da dieta			
Dieta em base de matéria natural (R\$ kg ⁻¹)	0,761	0,610	0,792
Dieta em base de matéria seca (R\$ kg ⁻¹)	1,005	1,102	1,047
Indicadores econômicos por animal			
Custo do consumo de matéria seca por dia (R\$ dia ⁻¹ animal ⁻¹)	0,911	1,227	1,258
Custo total por animal consumido (R\$ animal ⁻¹)	55,58	74,82	76,74
Custo por ganho de peso total (R\$ GPtotal ⁻¹ animal ⁻¹)	4,71	5,32	4,25
Margem bruta (R\$ animal ⁻¹)	38,22	37,06	67,06
Peso da carcaça fria média (kg animal ⁻¹)	18,40	21,52	23,26
Receita (R\$ animal ⁻¹) ²	230,00	269,00	290,75
Lucro bruto (R\$ animal ⁻¹) ³	-21,54	0,46	20,13
ROI (% animal ⁻¹) ⁴	-8,57	0,17	7,44

¹Custo do processamento do milho reidratado: 5,59 reais por hora/20minutos/16kg de milho por dia.

²Receita: Peso da Carcaça Fria média x 12,50, em reais, onde 12,50 é o valor recebido por kg de carcaça fria por animal.

³Lucro Bruto: Receita - investimento inicial na compra dos animais - custo do consumo total de MS por animal - despesas com vermífugos, em reais.

⁴ROI = ((receita - custo)/custo) x 100, em que ROI é return over investment em %, receita é o valor recebido pela venda da carcaça fria, custo é o somatório do valor pago pelos animais no início do experimento, o custo do consumo total de MS por animal e as despesas com o vermífugo.

Influência do processamento do grão de milho nas características de carcaça e qualidade de carne de cordeiros mestiços Texel confinados

Influence of corn grain processing on carcass characteristics and meat quality of confined Texel crossbred lambs

Resumo: Objetivou-se avaliar dietas com alto concentrado e diferentes processamentos do grão de milho nas características de carcaça e componentes não carcaça, qualidade e perfil lipídico da carne de cordeiros mestiços Texel não castrados terminados em confinamento. Foram utilizados 22 animais, distribuídos em três tratamentos: sete animais em grão de milho inteiro (grão inteiro), oito animais em grão de milho reidratado por três dias (grão reidratado) e sete animais em grão de milho seco moído grosso (grão moído), todos com a mesma proporção de volumoso:concentrado (15V:85C). A silagem da parte aérea da planta de milho foi utilizada como volumoso. O concentrado foi composto por 76,5% de milho e 8,5% de núcleo. Após 61 dias de confinamento os animais foram abatidos para avaliação das características quantitativas e qualitativas das carcaças, dos constituintes não carcaças, da qualidade da carne e perfil lipídico da carne. Os animais que receberam grão moído apresentaram maior peso de carcaça quente (24,14 kg), fígado/bile (918 g), pré-estômagos e abomaso vazio (1,11 kg) e intestino grosso cheio (844 g) comparados aos animais que receberam grão inteiro, já o tratamento grão reidratado não diferiu dos demais. A dieta com grão moído proporciona carcaças, fígado/bile e estômago vazio mais pesados e índice de compacidade da carcaça maior em comparação à dieta com grão inteiro. O processamento do grão de milho não altera a qualidade da carne e o perfil de ácidos graxos da carne de cordeiros mestiços Texel terminados em confinamento em dieta de alto concentrado com rendimento médio de carcaça de 48,03%. Recomenda-se o uso do grão moído por promover maior peso de carcaça quente.

Palavras-chave: ácidos graxos, carne ovina, espessura de gordura subcutânea, maciez, vísceras

Abstract: It was aimed evaluate diets with high concentrate and different corn grain processing in carcass characteristics and non-carcass components, quality and lipid profile of the meat of feedlot non-castrated crossbred lambs. Twenty-two animals were distributed in three treatments: seven animals in dry whole grain corn (whole

grain), eight animals in whole grain corn rehydrated for three days (rehydrated grain) and seven animals in dry cracked corn (cracked grain), with the same proportion of roughage: concentrate (15V : 85C). Silage of aerial part of corn was used as roughage. Concentrate consisted of 76.5% corn and 8.5% nucleus. After 61 days of feedlot the animals were slaughtered to evaluate the quantitative and qualitative carcass characteristics, non-carcass constituents, meat quality and meat lipid profile. The animals that received cracked grain had higher hot carcass weight (24.14 kg), liver / bile (918 g), pre-stomachs and empty abomasum (1.11 kg) and full large intestine (844 g) compared to animals that received whole grain, but the treatment rehydrated grain did not differ from the others. Cracked grain diet provides heavier carcasses, paws, liver / bile and empty stomach and higher carcass compactness compared to whole grain. Corn grain processing does not alter meat quality and fatty acid profile of Texel crossbred lambs fed in a high concentrate diet with 48.03% of average carcass yield. It is recommended use dry cracked corn because it promotes higher hot carcass weight.

Keywords: fatty acids, sheep meat, subcutaneous fat thickness, tenderness, viscera

Introdução

O consumo de carne ovina no Brasil é de 0,7 kg habitante⁻¹ ano⁻¹ (MAPA, 2015), isso reflete uma falta de hábito de consumo da carne ovina, sendo que cerca de 12% da população brasileira nunca experimentou, e a produção não atende nem a demanda interna (EMBRAPA, 2018). No entanto, para satisfazer ao consumidor assíduo e a conquista de novos, são necessários estudos para garantir a qualidade de carcaça e da carne.

A terminação em confinamento em dietas com alto concentrado pode auxiliar no abate precoce, com maiores ganhos de peso, rendimento de carcaça e deposição de gordura de cobertura subcutânea e marmoreio. Em que é fundamental que a carcaça esteja com gordura de acabamento adequado para evitar problemas como o endurecimento da carne pelo frio, o que prejudica a maciez da carne. A escolha da dieta tem um papel fundamental sobre a qualidade das carcaças de ovinos comercializadas (Moreno et al., 2014),

O milho é o ingrediente de maior participação em dietas com alto concentrado nos confinamentos. Quando o grão é fornecido inteiro tem a função de estimular a ruminação em ovinos. Contudo o processamento do milho proporciona maior aproveitamento dos nutrientes, assim, quanto maior a capacidade de lesar e fragmentar o grão maior será a capacidade de degradação no rúmen, dentre os diferentes tipos de processamento do grão de milho a moagem é a mais utilizada (Bolzan et al., 2007).

A moagem do grão de milho seco permite maior área de superfície de contato para

a ação dos microrganismos, o que pode influir no local de digestão do amido no trato gastrointestinal, no trânsito da digesta, no conteúdo das vísceras, no ganho de peso e na eficiência alimentar, quando comparado ao grão inteiro. Por outro lado, a reidratação do grão de milho inteiro permite o rompimento do pericarpo pela pressão da água que é absorvida pela semente, e pode afetar as mesmas variáveis. Não se tem na literatura informações de como esse processamento pode atuar na qualidade de carcaça e carne, tão pouco no perfil lipídico da carne.

As características mais importantes ao consumidor em relação à qualidade de carne são a capacidade retenção de água, que interfere na suculência da carne, o engorduramento, e, principalmente, a maciez e o sabor (Sañudo, 1991). Outros fatores como a intensidade da cor vermelha (Osório et al., 2009) e o odor da carne (Monte et al., 2012) também são aspectos importantes no mercado da carne *in natura*.

A carne de ovinos possui alto valor nutricional e funcional, devido suas características organolépticas, apesar da baixa concentração de ácidos graxos insaturados em decorrência do processo de biohidrogenação ruminal. Contudo, contém ácido linoleico conjugado (CLA) (Alves et al., 2012), que atua na prevenção de diabetes, melhora a imune mediação e reduz a gordura corporal (Prado et al., 2011), o que torna um alimento de qualidade e de interesse pelo consumidor.

Portanto, objetivou-se avaliar a influência do processamento do grão de milho na dieta com alto concentrado nas características de carcaça e componentes não carcaça, qualidade de carne e o perfil lipídico da carne de cordeiros mestiços Texel terminados em confinamento.

Material e Métodos

O experimento foi realizado na Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia em Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil, latitude 20°30'37.2"S e longitude 54°37'13.9"W, clima caracterizado como tropical, subtipo AW conforme a classificação de Köppen com chuvas no verão e seca no inverno. O período experimental foi de agosto a dezembro de 2017, com 21 dias para adaptação ambiental e manejo sanitário, 21 dias de adaptação à dieta e 61 dias de período experimental propriamente dito. Os procedimentos foram aprovados pelo comitê de ética da UFMS protocolo 849/2017.

Foram utilizados 22 cordeiros mestiços Texel (¼ Pantaneira + ¾ Texel), machos, não castrados, com idade média inicial de 60 a 90 dias e peso corporal inicial de 29,5±4,2 kg. Os animais foram identificados, distribuídos em baias individuais de 2,5

m² e desverminados, permanecendo nas baias por um período de 21 dias para garantir uma baixa taxa de parasitas helmintos.

Após a adaptação, os animais receberam, aleatoriamente, três tratamentos utilizando dietas de alto grão (15% de volumoso e 85% de concentrado em base de matéria seca) com uma mesma fonte de volumoso (silagem de parte aérea de milho) e um mesmo núcleo, e a composição química de cada dieta e ingrediente testados na Tabela 1. O diferencial entre os tratamentos era a forma de processamento do milho utilizado na dieta: milho seco na forma de grão inteiro (grão inteiro), milho reidratado por três dias na forma de grão inteiro (grão reidratado) e milho seco moído grosso (grão moído).

Na reidratação do grão de milho inteiro foram utilizadas 6 bombonas de 60 litros com tampa, sendo três para o período do trato da manhã e três para o trato da tarde, onde colocava-se o grão de milho inteiro e água suficiente para que o milho ficasse submerso. Passado o período de 72 horas o grão de milho era escoado com tela sombrite (80%) por dez minutos e só então fornecido aos animais do respectivo tratamento. O milho seco moído grosso foi obtido com a moagem do milho em grão seco em peneira com crivo de 18mm.

Os animais foram submetidos, durante 21 dias, a um processo de adaptação do tipo escada até chegar à proporção final estabelecida (15V:85C). Nos sete primeiros dias, a proporção foi de 70V:30C, do oitavo dia ao décimo quarto dia a proporção foi de 40V:60C, e do décimo quinto ao vigésimo primeiro dia, adotou-se a proporção final de 15V:85C.

A dieta foi fornecida às 8h30min e às 15h, sendo fornecido 50% da dieta total em cada período de arração. O consumo foi ajustado diariamente para garantir sobras de MS em torno de 10%. Os animais tinham acesso à água *ad libitum* e o bebedouro era lavado todos os dias.

Após 61 dias de confinamento, os animais foram pesados para obter o peso corporal final sem jejum. Eles foram então, transportados ao frigorífico e passaram por um período de jejum de sólidos por 16 horas antes do abate.

Os animais foram abatidos no frigorífico comercial Flor da Serra em Campo Grande-MS, realizado conforme as normas de abate humanitário. Nas carcaças foram aferidos o peso de carcaça quente, o pH no pernil, 45 minutos após o abate (pH inicial), acabamento e conformação. A avaliação do acabamento e da conformação das carcaças foram obtidos por meio de escore visual que variaram de 1 a 5. No escore de

acabamento, o escore 1 representava um animal muito magro, e o escore 5, muito gordo. Para a avaliação da conformação, o escore 1 representava uma carcaça côncava e o escore 5, uma hiperconvexa, todos conforme o proposto por Cezar e Souza (2007).

Os componentes não-carcaças foram separados e pesados logo após o abate. Foram avaliados os componentes externos (pele/lã, cabeça, cauda e testículos), órgãos (traqueia/esôfago, coração, pulmão, baço, fígado/vesícula biliar, diafragma, rins e testículo), trato gastrointestinal com e sem conteúdo (pré-estômagos/abomaso, intestino delgado e intestino grosso) e os depósitos de gorduras (cardíaca, omental, mesentérica e perirrenal). Os componentes não-carcaças totais foram estimados em porcentagem do peso corporal final sem jejum.

Os fígados foram imediatamente separados, pesados, identificados e colocados em gelo para o transporte até o laboratório, onde foram avaliados quanto à presença de abscessos hepáticos, conforme metodologia descrita por Brink et al. (1990). Esta metodologia avalia em uma escala de 0 a A+, de acordo com um fígado sem abscessos e com um ou mais abscessos com diâmetros maiores que 2,5cm de diâmetro e porções do diafragma ligados à superfície do fígado.

Após o período de resfriamento (4°C por 24h), foi feito o peso de carcaça fria, o rendimento de carcaça fria e o pH 24h após abate (pH final). O rendimento da carcaça fria foi obtido pela equação $RCF = (\text{peso da carcaça fria} \times 100) / \text{peso corporal final sem jejum}$.

Então as carcaças foram cerradas em duas meias carcaças. Na meia-carcaça esquerda foram obtidas medidas do comprimento interno da carcaça (CIC), comprimento externo da carcaça (CEC), comprimento da perna (CP), circunferência da perna (CirP), profundidade torácica mínima (PTMin), profundidade torácica máxima (PTMax) e índice de compacidade da carcaça ($ICC = \text{peso da carcaça fria} / \text{comprimento interno da carcaça}$) (Osório e Osório, 2005), utilizando-se uma fita flexível graduada em centímetros.

Na meia carcaça-esquerda foi realizado um corte transversal entre a 12ª e a 13ª costelas para obtenção da espessura de gordura subcutânea (EGS) com o auxílio de um paquímetro. No músculo *Longissimus dorsi*, avaliou-se a área de olho de lombo (AOL), o marmoreio e a cor. A AOL foi determinada demarcando-se seu formato em papel vegetal, levado posteriormente para leitura em equipamento Li-Cor (Model 3100 Area Meter).

O marmoreio foi determinado visualmente conforme padrões do USDA (1997): 1-3 traços, 4-6 leve, 7-9 pequeno, 10-12 médio, 13-15 moderado e 16-18 abundante. Cada amostra foi avaliada por dois indivíduos treinados e com auxílio de gabarito.

A cor foi aferida por um colorímetro marca HUNTERLAB, modelo MiniScan XE PLUS, que determina a luminosidade (L^* , 0 corresponde ao preto e 100 corresponde ao branco) e os componentes verde/vermelho ($-a^*$ representa o verde e $+a^*$ representa o vermelho) e azul/amarelo ($-b^*$ representa o azul e $+b^*$ representa o amarelo).

Na sequência coletou-se uma amostra do músculo *Longissimus dorsi* a partir da 12ª costela, no sentido cranial, de aproximadamente 12 cm, a qual foi embalada, identificada e congelada no seu formato natural. O músculo ainda congelado foi cerrado retirando-se uma pequena amostra de aproximadamente 15g próximo à 12ª costela, para a avaliação de perfil de ácidos graxos através da cromatografia gasosa. Em seguida, foram coletadas amostras com espessura de 2,5 cm (mínimo de três amostras por animal) para avaliação da perda por descongelamento, do pH, da cor, do marmoreio, da perda por cocção e da força de cisalhamento.

A perda por descongelamento foi obtida pela diferença de peso entre a amostra congelada e descongelada, por 24 horas em refrigerador a 4°C, expressa em porcentagem do peso congelado. Para determinação do pH utilizou-se um peagâmetro (Hanna Instruments) previamente calibrado, em cada peça de contra filé foi aferido o pH e então feito a média das avaliações de todas as peças de cada animal.

A perda por cocção foi determinada pela diferença de peso da amostra crua e a amostra assada em um forno elétrico pré-aquecido a 170°C. As amostras foram assadas até atingir 71°C de temperatura interna no centro geométrico, aferido por um termômetro portátil tipo espeto, e pesadas após a temperatura externa da amostra atingir 28°C.

Para determinação da força de cisalhamento utilizou-se as mesmas amostras utilizadas para avaliação da perda por cocção. Das amostras de cada animal, retirou-se seis subamostras cilíndricas de 1,27cm, com uma furadeira de bancada, coletadas no sentido longitudinal da fibra muscular, e cortadas utilizando-se o equipamento TextureAnalyses TA-XT, com uma lâmina Warner-Bratzler. Os valores de força de cisalhamento foram expressos em quilogramas (kg).

A extração dos lipídeos e a metilação dos ácidos graxos foram efetuadas utilizando-se a técnica de Hara e Radin (1978), com modificações. Em 5g de tecido muscular, foi adicionada 28ml da solução isopropanol/hexano (2:3) para a extração dos

ácidos graxos. A metilação foi realizada com 40mg dos ácidos graxos extraídos, e adicionou-se os solventes para a reação (40µl de metóxido de sódio – 30% em metanol) e solução contendo ácido oxálico anidro. A separação e detecção dos ácidos graxos por meio de cromatografia gasosa (marca Thermo, modelo Trace GC Ultra) com detector de ionização de chama (FID), em coluna capilar de sílica fundida (100m x 0,25mm diâmetro interno, 0,2µm de espessura) (Restek RTX® - 2330, Bellefonte, PA, USA). O volume de injeção utilizado foi 1µl, em modo splitless. Os dados de tempo de retenção e percentagens de componentes foram obtidos utilizando o software Chrom Quest versão 4.2, utilizou-se o padrão Supelco® 37 Component FAME Mix, os dados obtidos da quantidade de cada ácido graxo foi expressa em miligramas por grama de carne. Então foi possível realizar o somatório dos ácidos graxos saturados (AGS), ácidos graxos poliinsaturados (AGPI), ácidos graxos monoinsaturados (AGMI), ácidos graxos insaturados (AGI), a relação entre os somatórios e o total de ácidos graxos quantificados.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo procedimento GLM, em delineamento inteiramente ao acaso com três tratamentos, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey quanto cabível, tudo ao nível de 5% de significância. Foi declarada ainda uma tendência quando observado valor de P entre 5% e 10% de probabilidade, utilizou-se o pacote estatístico SAS (SAS v 9.4 – SasInstitute Inc., Cary, CA, EUA).

Resultados

O peso corporal de abate, peso da carcaça fria, perda por resfriamento, rendimento de carcaça, pH (abate e 24h), acabamento, conformação, EGS, AOL, marmoreio, cor (L^* , a^* e b^*) e medidas nas carcaças (CIC, CEC, CP, CircP, PTmin e PTmax) não diferiram entre os tratamentos avaliados ($P > 0,05$). Entre as características de carcaças, apenas o peso da carcaça quente e o índice de compactidade foram afetados pelos tratamentos ($P < 0,05$), com maiores valores para os animais alimentados com o grão moído, menor com o grão inteiro e não diferindo dos demais com o grão reidratado (Tabela 2).

Entre os componentes não carcaça, o fígado/bile, o pré-estômago, o abomaso vazio e o intestino grosso cheio também foram maiores ($P < 0,05$) nos animais que receberam a dieta com milho moído, quando comparados aos que receberam o grão inteiro. Os que receberam o grão inteiro reidratado também não diferiram dos demais tratamentos (Tabela 3).

O conteúdo do intestino grosso foi maior ($P < 0,05$) nos animais tratados com o grão reidratado e grão moído, em relação a dieta com grão inteiro. Os demais componentes corporais avaliados não diferiram entre si, tão pouco quanto o total dos componentes expressos em porcentagem do peso corporal sem jejum (Tabela 3).

Não foi detectado nenhum abscesso no fígado dos animais deste estudo.

Houve diferença entre os tratamentos somente para o componente de cor a* do músculo *Longissimus dorsi*, com maior valor para a carne dos animais alimentados com o grão moído em relação ao grão reidratado, enquanto nos que receberam o grão inteiro, a cor não diferiu (Tabela 4). As demais variáveis qualitativas da carne não diferiram entre os animais dos diferentes processamentos do milho.

Foram quantificados 12 diferentes ácidos graxos (Tabela 5). Não houve diferença ($P > 0,05$) para nenhum dos ácidos graxos detectados, independente do tipo de processamento do grão de milho da dieta dos cordeiros. Também não houve ($P > 0,05$) diferença quando foi feito o agrupamento entre os ácidos graxos saturados, insaturados, monoinsaturados, poliinsaturados e totais.

Discussão

O peso corporal e o peso da carcaça fria não diferiram entre os tratamentos, apenas houve uma tendência, provavelmente se deve à amplitude dos valores de desvio padrão de cada tratamento.

O maior peso da carcaça quente pode ser explicado pelo maior consumo e ganho de peso dos animais que receberam o grão moído (Artigo 2). Como os animais entraram no confinamento com pesos semelhantes, quanto maior o ganho de peso durante o confinamento maior será o peso da carcaça dos animais.

O pH abate e 24h não diferiram entre os tratamentos, porém o pH final está dentro da normalidade preconizado para a espécie, entre 5,5 e 5,8 (Zeoula et al., 2007), ou seja independente do processamento não do milho não interferiu no pH da carcaça dos animais.

A perda por resfriamento, o acabamento, o marmoreio, a EGS e a cor da carne foram satisfatórios e sem diferença entre os tratamentos, indicando que as três formas de processamento do milho promovem a mesma qualidade de carcaça. A perda por resfriamento possui uma relação com a proporção entre gordura e água na carcaça: quanto maior a deposição de gordura na carne, menor a perda por resfriamento (Zarpelon et al., 2015). No presente trabalho não houve diferença entre os tratamentos

em nenhuma das variáveis indicativas de deposição de gordura da carcaça e da carne (acabamento, EGS e marmoreio). Isso explica a ausência de diferença na perda por resfriamento entre os tratamentos.

A EGS observada (entre 2,49 a 2,98mm) está dentro da faixa de 2,0 a 5,0mm de EGS, preconizada por Silva Sobrinho e Osório (2008) para se evitar o encurtamento da fibra muscular pelo frio. O encurtamento pelo frio reduz a maciez da carne, o que pode prejudicar a escolha da carne pelo consumidor. A semelhança entre o marmoreio e a EGS indica que os diferentes tipos de processamentos do grão de milho aqui avaliados levaram a uma velocidade de deposição de gordura semelhante.

Gastaldello Junior et al. (2010) avaliaram cordeiros em dieta de alto concentrado com proporção de 90% de concentrado e 10% de volumoso, com 70,8% participação de milho moído grosso na dieta. Estes autores observaram peso de abate de 41,0 kg, 20,6 kg de PCQ, 20,1 kg de PCF, 2,5% de perda por resfriamento, 14,1 cm² de AOL e 1,8 mm de EGS, valores similares aos obtidos por Lima et al. (2013). Estes resultados estão próximos aos obtidos no presente trabalho. Gastaldello Junior et al. (2010) e Lima et al. (2013), porém, tiveram valores de perda por resfriamento e EGS inferiores, provavelmente em função da menor deposição de gordura dos animais em relação ao presente trabalho.

A ausência de diferença na cor do músculo *Longissimus dorsi* na 12^a costela entre os tratamentos vem reforçar a deposição de gordura semelhante. A cor da carne possui relação com a capacidade de retenção de água (pela intensidade de L* - Purchas, 1990), com a quantidade de gordura (com o valor de b* - Cañeque et al., 2003) e com a quantidade de pigmento vermelho presente na mioglobina e de citocromo C presente no músculo (com o valor de a* - Hedrick et al., 1983).

Em ovinos são considerados normais variações para cor de 30,03 a 49,47 para L*, de 8,24 a 23,53 para a* e de 3,38 a 11,10 para b* (Sañudo et al., 2000). Os valores aqui observados estão dentro deste padrão. Lima et al. (2013) trabalharam com cordeiros em uma dieta de 80% de concentrado, e relataram valores superiores ao presente trabalho para L* (em torno de 42), e inferiores para a* (12,7) e para b* (9,39), esses dados são diferentes provavelmente a menor deposição de músculo e maior de gordura de marmoreio do que o presente trabalho.

As medidas internas das carcaças podem ser influenciadas pela raça, pelo sexo, pela deposição de tecidos (Menezes et al., 2009) e pela dieta (Medeiros et al., 2009). No presente estudo os animais pertenciam ao mesmo grupo racial, sexo e o processamento

do grão de milho das dietas não interferiu no peso corporal final, o que justifica o fato de não se haver observado diferenças nas medições realizadas nas carcaças de animais. A exceção foi o índice de compacidade da carcaça, cuja diferença pode ser associada à tendência de variação do PCF entre os tratamentos. Lima et al. (2013) ao avaliarem dieta com 80% de concentrado obtiveram valores inferiores aos do presente estudo por terem utilizado animais da raça Texel abatidos mais leves e jovens, com 60,1 cm de CIC, 40,1 cm de CP e 26,9 cm de PTmax.

Os componentes externos e órgãos (exceto o fígado+bile) não foram afetados pelos processamentos, pois no presente estudo os animais eram da mesma raça e idade o que corrobora com a não diferença entre os tratamentos.

No presente trabalho a dieta foi formulada para possuir a mesma proporção de nutrientes e valor nutricional, onde apenas a forma de processamento do grão de milho foi diferente. Isto resultou em consumos distintos (Artigo 2), o que influenciou no peso e no conteúdo do TGI.

As diferenças de peso observadas no fígado+bile acompanharam o aumento do consumo de matéria seca dos animais (Artigo 2). Os animais com maior aporte de nutrientes consumidos e absorvidos possuem maior quantidade de metabólitos para serem processados pelo fígado. De forma similar, Queiroz et al. (2015) observaram aumento no tamanho do fígado e do baço dos animais confinados conforme aumentavam a densidade energética da dieta. Isto foi acompanhado por uma maior EGS da carcaça.

No presente estudo, descartou-se um aumento do fígado devido à acidose metabólica devido ausência de problemas metabólicos (Capítulo 2) que modificassem a estrutura tecidual ou a presença de corpos estranhos no fígado. Portanto os animais estavam sadios, o que indica que a adaptação e a dieta foram eficientes, sem comprometer o desempenho dos animais.

O maior volume consumido provoca a expansão do rúmen para melhor comportar o alimento consumido, bem como promover a mistura do bolo alimentar. Isto explica o maior peso dos pré-estômagos e abomasos vazios nos grupos de animais que mostraram aumento de consumo (Artigo 2).

Só houve diferença no peso do intestino grosso cheio por causa da diferença de peso dos conteúdos intestinais, visto que o peso do intestino grosso vazio não diferiu entre os tratamentos (Tabela 3). O maior conteúdo no intestino grosso pode ocorrer devido a uma maior ingestão de matéria seca ou a uma baixa digestibilidade da dieta,

influenciada, principalmente, pelo alto teor de fibra em detergente neutro (Brochier e Carvalho, 2008). Como a proporção de ingredientes e o teor de fibra foram os mesmos em todos os grupos de animais do presente trabalho, o motivo da maior quantidade de conteúdo no intestino grosso foram as diferenças no consumo da dieta durante o confinamento. Esse aumento do conteúdo do intestino grosso entre os tratamentos, no entanto, não foi tão alto que causasse aumento do peso e do tamanho do intestino grosso.

As diferenças no consumo entre os tratamentos (Artigo 2) também não foi suficiente para promover diferenças nas reservas corporais de gorduras viscerais (cardíaca, perirrenal, omental e mesentérica). As gorduras viscerais dos ovinos não são aproveitadas na alimentação humana. Assim, quanto menores os depósitos de gorduras viscerais, maior o excedente de energia que poderia ser direcionado à produção de tecidos comestíveis (Moreno et al., 2014). Estes autores observaram valores de 0,76 kg de gordura omental e de 0,47kg de mesentérica, em cordeiros mantidos em uma dieta com 70% de concentrado, são inferiores aos do presente trabalho, e se devem aos animais terem sido abatidos mais leves (32,25kg) e a dieta com menor quantidade de concentrado.

Quando os componentes não-carcaça são expressos em porcentagem do peso corporal, observam-se maiores participações do peso corporal com os componentes externos e o trato gastrointestinal cheio, principais responsáveis por atuar no rendimento da carcaça dos animais. Contudo, alguns órgãos que podem ser aproveitados na culinária (Medeiros et al., 2008).

O pH da carne aqui observado está dentro do preconizado para a espécie, entre 5,5 e 5,8 (Zeoula et al., 2007). Esta medida possui grande relação com a retenção de água e com a cor. O pH dentro da normalidade e a deposição de gordura de marmoreio corroboraram com a perda por descongelamento da carne obtida, e todas as variáveis não foram afetados pelo processamento do grão de milho.

A intensidade da cor obtida seja pelo parâmetro L (36,2) ou pelo parâmetro a* (16,74) estão dentro do padrão observado para a carne ovina (Sañudo et al., 2000). Já o parâmetro b* (15,08) apresentou um valor acima do preconizado. Este parâmetro é um indicativo de maior marmorização e associado a uma suculência e sabor da carne, o que seria desejável ao consumidor.

O marmoreio das amostras do *Logissimus dorsi* da Tabela 2 e 4, são diferentes por causa da região onde foi avaliado, quanto mais próximo à 12ª costela menor o teor de

marmoreio e quanto mais em direção cranial maior será a deposição ao longo do músculo avaliado. O marmoreio é uma gordura de deposição tardia, o que indica que as dietas de alto concentrado promoveram o desenvolvimento animal garantindo a deposição de gordura intramuscular, independente do processamento sobre o grão de milho.

A perda por cocção apresentou valores altos (valor médio 36,49%) em relação aos valores encontrados na literatura. Saccol (2015) observou perdas de 28,9% e Venturini (2017), uma variação de 22,14 a 27,52%. A perda por cocção está relacionada com mudanças físicas que a carne passa durante o processo de cozimento e interfere na maciez final da carne e no rendimento pós cozimento (Bressan et al., 2001). No presente trabalho, os altos valores de perda por cocção podem ter influenciado a força de cisalhamento da carne.

A força de cisalhamento das carnes apresentou um valor médio de 6,2kg. Estes valores ficaram próximos aos considerados de uma carne pouco macia (5,9 a 7,2) (Boleman et al., 1997). A força de cisalhamento é uma característica relacionada à perda por cocção e ao marmoreio, os altos valores podem explicar a carne pouco macia. Carnes com elevado teor de água tornam-se mais duras durante o cozimento, devido à perda de líquidos. Em relação ao marmoreio, quanto mais gordura, maior será a perda de gordura durante o cozimento por derretimento (Shackelford et al., 1997), podendo levar a uma maior dureza da carne.

O perfil de ácidos graxos da carne não diferiu entre os tratamentos provavelmente em decorrência da semelhança nos alimentos utilizados nas dietas e a mesma proporção de volumoso:concentrado.

Em estudo anterior, Yoshihara Carneiro (2017) avaliou o perfil lipídico da gordura intramuscular de cordeiros terminados em confinamento com uma dieta de 40% de volumoso e 60% de concentrado. Esta autora constatou valores próximos aos deste experimento para os ácidos graxos saturados C10:0 (0,02 mg g⁻¹) e C12:0 (0,02 mg g⁻¹), e inferiores para C16:0 (3,8 mg g⁻¹), C17:0 (0,1 mg g⁻¹), C18:0 (2,91 mg g⁻¹), C16:1 (0,25 mg g⁻¹), C18:1 (10,1 mg g⁻¹), C18:2 (0,8 mg g⁻¹) e CLA (0,15 mg g⁻¹).

As maiores concentrações dos ácidos palmítico, esteárico e oléico na carne ovina observadas no presente estudo, também foram relatadas por outros autores como Macedo et al. (2008), Arruda et al. (2012), Castro (2016) e Yoshihara Carneiro (2017), em relação aos demais ácidos graxos quantificados.

Os valores dos ácidos graxos saturados estão em concentração inferior aos insaturados. Isso é bom, pois, quando os AGS estão em excesso, são considerados prejudiciais a saúde humana (Caldeira et al., 2010). O consumo exagerado de AGS pode alterar o nível de colesterol sanguíneo e elevar a incidência de doenças cardiovasculares (Oliveira et al., 2008). Por outro lado, o maior consumo de carne com alta concentração de ácidos graxos insaturados está relacionado à redução do colesterol total e das LDL (Mihaylova e Peeva, 2007). Entre os ácidos graxos insaturados o ácido linoléico conjugado (CLA) é importante na manutenção da saúde humana (Prado et al., 2011), com efeitos como a redução de incidência de doenças cardiovasculares e a prevenção da osteoporose (Tapiero et al., 2002).

A relação entre AGPI:AGS é um indicativo de potencial colesterolêmico (Arruda et al., 2012) e serve para se classificar um alimento como saudável ou não. Essa relação deve ser superior a 0,4 para caracterizar um alimento saudável. Porém, as carnes em geral possuem a relação próximo de 0,1 (Wood et al., 2004). No presente estudo, o valor obtido foi em média 0,14.

A composição dos ácidos graxos da dieta pode sofrer modificações conforme a biohidrogenação realizada pelos microrganismos ruminais (Kozloski, 2011). Níveis elevados de grãos resultam em maiores teores de ácido graxo linoléico (C18:2), enquanto dietas com alta participação de forragens promovem maior teor de ácido linolênico (C18:3) (Bas e Morand-Fehr, 2000).

Como os processamentos adotados sobre o grão de milho levaram à mesma qualidade de carne, a escolha sobre qual processamento adotar deve ser pelo menos laborioso ou o mais lucrativo.

Conclusão

Tanto o uso do grão seco inteiro (sem processamento) quanto a moagem grosseira e a reidratação garantem a mesma qualidade da carne. O sistema de produção deve optar por processamentos que resultem em maior desempenho e produtividade. Neste sentido recomenda-se para o confinamento a moagem grosseira (18mm) do grão de milho seco pois promove aumento do peso dos animais obtendo-se carcaças mais pesadas (PCQ), mais compactas com carne de qualidade e perfil lipídico saudável, além de maior praticidade na elaboração das dietas, pois é mais fácil moer do que reidratar o grão.

Referências

- Alves, L. G. C.; Fernandes, A. R. M.; Osório, J. C. S.; Osório, M. T. M.; Nubiato, K. E. Z.; Cunha, C. M.; Cornélio, T. C. and Catalano Neto, A. P. 2012. Composição de ácidos graxos na carne de cordeiro em confinamento. PUBVET 6(32): art. 1455.
- Arruda, P. C. L.; Pereira, E. S.; Pimentel, P. G.; Bomfim, M. A. D.; Mizubuti, I. Y.; Ribeiro, E. L. A.; Fontenele, R. M. and Regadas Filho, J. G. L. 2012. Perfil de ácidos graxos no *Longissimus dorsi* de cordeiros Santa Inês alimentados com diferentes níveis energéticos. Semina: Ciências Agrárias 33(3):1229-1240.
- Bas, P. and Morand-Fehr, P. 2000. Effect of nutritional factors on fatty acid composition of lamb fat deposits. Livestock Production Science 64:61-79.
- Boleman, S.J.; Boleman, S.L.; Miller, R.K.; Taylor, J.F.; Cross, H.R.; Wheeler, T.L.; Koohmaraie, M.; Shackelford, S.D.; Miller, M.F.; West, R.L.; Johnson, D.D. and Savell, J.W. 1997. Consumer evaluation of beef of known categories of tenderness. Journal of Animal Science 75(6):1521-1524.
- Bolzan, I. T.; Sanchez, L. M. B.; Carvalho, P. A.; Velho, J. P.; Lima, L. D.; Morais, J. and Cadorin Junior, R. L. 2007. Consumo e digestibilidade em ovinos alimentados com dietas contendo grão de milho moído, inteiro ou triturado com uréia, com três níveis de concentrado. Ciência Rural 37(1):229-234.
- Bressan, M. C.; Prado, O. V.; Pérez, J. R. O.; Lemos, A. L. S. C. Bonagurio, S. 2001. Efeito do peso ao abate de cordeiros Santa Inês e Bergamácia sobre as características físico-químicas da carne. Ciência e Tecnologia de Alimentos 21(3):293-303.
- Brink, D. R.; Lowry, S. R.; Stock, R. A. and Parrott, J. C. 1990. Severity of liver abscesses and efficiency of feed utilization of feedlot cattle. Journal of Animal Science 68:1201-1207.
- Brochier, M. A. and Carvalho, S. 2008. Peso e rendimento dos componentes do peso vivo de cordeiros terminados em confinamento com dietas contendo proporções crescentes de resíduo úmido de cervejaria. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia 60(5):1213-1218.
- Caldeira, L. A.; Ferrão, S. P. B.; Fernandes, S. A. A.; Magnavita, A. P. A. and Santos, T. D. R. 2010. Índices de qualidade nutricional da fração lipídica do leite de búfalas da raça Murrah produzido em diferentes fases de lactação. Revista do Instituto Adolfo Lutz 69(4):545-554.
- Cañeque, V.; Velasco, S.; Díaz, M. T.; Huidobro, F. R.; Pérez, C. and Lauzurica, S. 2003. Use of whole barley with a protein supplement to fatten lambs under different management systems and its effect on meat and carcass quality. Animal Research 52(3):271-285.
- Cappelle, E. R.; Valadares Filho, S. C.; Silva, J. F. C. and Cecon, P. R. 2001. Estimativas do valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. Revista Brasileira Zootecnia 30(6):1837-1856.
- Castro, J. M. 2016. Composição de ácidos graxos da carne de cordeiros produzidos em pastagem tropical sob diferentes sistemas de alimentação. Dissertação (M.Sc.). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Porto Alegre, RS, Brazil.
- Cezar, M. F. and Sousa, W. H. 2007. Carcaças Ovinas e Caprinas: obtenção, avaliação e classificação. Agropecuária Tropical, Uberaba, MG.
- EMBRAPA. Pesquisa mostra que 12% dos brasileiros nunca comeram carne ovina. 2018. Available at: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/34766692/pesquisa-mostra-que-12-dos-brasileiros-nunca-comeram-carne-ovina>>. Accessed on: Dec. 20, 2018.

- Gastaldello Junior, A. L.; Pires, A. V.; Susin, I.; Mendes, C. Q.; Ferreira, E. M. and Mourão, G. B. 2010. Desempenho e características de carcaça de cordeiros com dietas contendo alta proporção de concentrado adicionadas de agentes tamponantes. *Revista Brasileira de Zootecnia* 39(3):556-562.
- Hara, A. and Radin, N. S. 1978. Lipid extraciton of tissues with low-toxicity solvent. *Analytical Biochemistry* 90(1):420-426.
- Hedrick, H. B.; Paterson, J. A.; Matches, A. G.; Thomas, J. D.; Morrow, R. E.; Stringer, W. G. and Lipsey, R. J. 1983. Carcass and palatability characteristics of beef produced on pasture, corn silage and corn grain. *Journal of Animal Science* 57(4):791-801.
- Kozloski, G. V. 2011. *Bioquímica dos ruminantes*. 3th ed. Santa Maria: UFSM, Santa Maria.
- Lima, L. D.; Rêgo, F. C. A.; Koetz Junior, C.; Ribeiro, E. L. A.; Constantino, C.; Belan, L.; Gasparine, M. J.; Sanchez, A. F. and Zundt, M. 2013. Interferência da dieta de alto grão sobre as características da carcaça e carne de cordeiros Texel. *Semina: Ciências Agrárias* 34(6):4053-4064.
- Macedo, V. P.; Garcia, C. A.; Silveira A. C.; Monteiro, A. L. G.; Macedo, F. A. F. and Spers, R. C. 2008. Composições tecidual e química do lombo de cordeiros alimentados com rações contendo semente de girassol em comedouros privativos. *Revista Brasileira de Zootecnia*37(10):1860-1868.
- MAPA –Ministério da agricultura pecuária e abastecimento. Caprinos e Ovinos. Brasil, 2015. Available at: <<http://www.agricultura.gov.br/animal/especies/caprinos-e-ovinos>>. Accessed on: Dec. 16, 2015.
- Medeiros, G. R.; Carvalho, F. F. R.; Batista, A. M. V.; Dutra Júnior, W. M.; Santos, G. R. A. and Andrade, D. K. B. 2009. Efeito dos níveis de concentrado sobre as características de carcaça de ovinos Morada Nova em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia* 38(4):718-727.
- Medeiros, G. R.; Carvalho, F. F. R.; Batista, A. M. V.; Alves, K. S.; Mattos, C. W.; Saraiva, T. A.; Nascimento, J. F. 2008. Efeito dos níveis de concentrado sobre os componentes não-carcaça de ovinos Morada Nova em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia* 37(6):1063-1071.
- Menezes, J. J. L.; Gonçalves, H. C.; Ribeiro, M. S.; Rodrigues, L.; Cañizares, G. I. L. and Medeiros, B. B. L. 2009. Efeitos do sexo, do grupo racial e da idade ao abate nas características de carcaça e maciez da carne de caprinos. *Revista Brasileira de Zootecnia* 38(9):1769-1778.
- Mihaylova, G. and Peeva, T. 2007. Trans fatty acids and conjugated linoleic acid in the buffalo milk. *Italian Journal of Animal Science* 6(1):1056-1059.
- Monte, A. L. S.; Gonsalves, H. R. O.; Villarroel, A. B. S.; Damaceno, M. N.; Cavalcante, A. B. D. 2012. Qualidade da carne de caprinos e ovinos: uma revisão. *Agropecuária Científica no Semiárido* 8(3):11-17.
- Moreno, G. M. B.; Borba, H.; Araújo, G. G. L.; Voltolini, T. V.; Souza, R. A.; Silva Sobrinho, A. G.; Buzankas, M. E.; Lima Júnior, D. M. and Alvarenga, T. I. R. C. 2014. Rendimento de carcaça, cortes comerciais e não-componentes da carcaça de cordeiros Santa Inês alimentados com feno de erva-sal e concentrado. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal* 15(1):192-205.
- Oliveira, R. L.; Ladeira, M. M.; Barbosa, M. A. A. F.; Assunção, D. M. P.; Matsushita, M. and Santos, G. T. 2008. Ácido linoleico conjugado e perfil de ácidos graxos no músculo e na capa de gordura de novilhos bubalinos alimentados com diferentes fontes de lipídios. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 60(1):169-178.

- Osório, J. C. S. and Osório, M. T. M. 2005. Produção de carne ovina: Técnicas de avaliação “in vivo” e na carcaça. 2nd ed. Pelotas.
- Osório, J. C. S.; Osório, M. T. M. and Sañudo, C. 2009. Características sensoriais da carne ovina. *Revista Brasileira de Zootecnia* 38:292-300.
- Prado, I. V.; Maggioni, D.; Abrahão, J. J. S.; Zawadzki, F.; Valero, M. V.; Marques, J. A.; Ito, R. H. and Perotto, D. 2011. Composição química e perfil de ácidos graxos do músculo *Longissimus* de bovinos de diferentes grupos genéticos alimentados com silagem de sorgo ou cana-de-açúcar e terminados com 3,4 ou 4,8 mm de espessura de gordura de cobertura. *Semina: Ciências Agrárias* 32(4):1461-1476.
- Purchas, R. W. 1990. An assessment of the role of pH differences in determining the relative tenderness of meat from bulls and steers. *Meat Science* 27(2):120-140.
- Queiroz, L. O.; Santos, G. R. A.; Macêdo, F. A. F.; Mora, N. H. A. P.; Torres, M. G.; Santana, T. E. Z. A. and Macêdo, F. G. 2015. Características quantitativas da carcaça de cordeiros Santa Inês, abatidos com diferentes espessuras de gordura subcutânea. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal* 16(3):712-722.
- Saccol, A. G. F. 2015. Produção de carne ovina em diferentes sistemas de alimentação. Tese (D.Sc.). Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Santa Maria, RS, Brazil.
- Sañudo, C. 1991. La calidad organoléptica de la carne con especial referencia a La especie ovina. Factores que la determinan, métodos de medida y causas de variación. 117 p. In: 3º Curso Internacional sobre Producción de Ganado Ovino, Zaragoza.
- Sañudo, C.; Enser, M. E.; Campo, M. M.; Nute, G. R.; María, G.; Sierra, I. and Wood, J. D. 2000. Fatty acid composition and sensory characteristics of lamb carcasses from Britain and Spain. *Meat Science*, Amsterdam 54(4):339-346.
- Shackelford, S. D.; Wheeler, T. L. and Koohmaraie, M. 1997. Effect of the callipyge phenotype and cooking method on tenderness of several major Lamb muscles. *Journal of Animal Science* 75(8):2100-2105.
- Silva Sobrinho, A. G. and Osório, J. C. S. 2008. Aspectos quantitativos da produção de carne ovina. p.97-119. In: Sobrinho, A. G.; Sañudo, C.; Osório, J. C. S.; Campo Arriba, M. M.; Osório, M. T. M. Produção de carne ovina. Jaboticabal: Funep.
- Tapiero, H.; Ba, G. N.; Couveur, P. and Tew, K. D. 2002. Polyunsaturated fatty acids (PUFA) and eicosanoids in human health and pathologies. *Biomed Pharmacother* 56(5):215-222.
- USDA. Official United States standards for grades of carcass beef. 1997. Livestock and Seed Program, Agric. Market. Serv., Washington, DC.
- Venturini, R. S. 2017. Características da carne de cordeiros e borregos alimentados com dietas de alto concentrado de milho ou sorgo. Tese (D.Sc.). Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Santa Maria, RS, Brazil.
- Wood, J. D.; Richardson, R. I.; Nute, G. R.; Fisher, A. V.; Campo, M. M.; Kasapidou, E.; Sheard, P. R. and Enser, M. 2004. Effects of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Science* 66(1):21-32.
- Yoshihara Carneiro, M. M. 2017. Consumo e ganho residual no desempenho, características de carcaça e qualidade da carne de cordeiros confinados. Tese (D.Sc.). Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, Brazil.
- Zarpelon, T. G.; Mizubuti, I. Y.; Ribeiro, E. L. A.; Pereira, E. S.; Silva, L. D. F.; Prado-Calixto, O. P.; Tarsitano, M. A.; Fávero, R.; Pires, K. A. and Borges, C. A. A. 2015. Desempenho, características de carcaça e avaliação econômica da substituição do milho grão inteiro por casca de soja peletizada na alimentação de cordeiros em confinamento. *Semina: Ciências Agrárias* 36(2):1111-1122.

Zeoula, N. M. B. L.; Souza, P. A.; Souza, H. B. A. and Silva Sobrinho, A. G. 2007. Parâmetros qualitativos da carne ovina: um enfoque à maturação e marinação. *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias* 102(563-564):215-224.

Tabelas

Tabela 1 – Participação dos ingredientes nas dietas e composição química das dietas experimentais e dos ingredientes utilizados nas dietas em g kg⁻¹ de matéria seca

Componentes ¹ em g kg ⁻¹ de matéria seca	Dietas			Ingredientes				
	Grão inteiro seco	Grão inteiro reidratado	Grão seco moído	Milho grão seco	Milho grão reidratado	Milho seco moído	Silagem de parte aérea de milho	Núcleo ²
	Dietas			Participação dos ingredientes em cada dieta				
Grão inteiro seco				765,0	-	-	150,0	85,0
Grão inteiro reidratado				-	765,0	-	150,0	85,0
Grão seco moído				-	-	765,0	150,0	85,0
MS natural	733,9	552,4	730,5	914,6	578,0	914,3	381,9	928,3
MM	45,6	44,5	47,1	12,0	10,3	13,3	39,5	372,1
MO	954,4	955,5	952,9	988,0	989,7	986,7	960,5	627,9
EE	28,7	28,9	26,1	33,1	33,2	32,3	22,8	16,2
PB	115,7	114,1	116,0	80,4	81,0	83,7	57,6	536,1
FDN	269,5	264,5	251,5	242,7	240,7	209,3	483,3	179,1
CC	730,5	735,5	748,5	757,3	759,3	790,7	516,7	820,9
PIDN	80,2	72,0	70,8	74,4	68,3	73,4	35,9	139,0
FDNcp	189,3	192,5	180,6	168,3	172,4	135,9	447,3	40,0
Amido	674,3	673,9	674,8	728,6	713,5	700,7	477,9	102,8
NDT ³	802,1	800,2	807,0	814,1	811,7	832,5	654,6	887,4

¹MS natural = Matéria seca natural; MM = Matéria mineral; MO = Matéria orgânica; EE = Extrato etéreo; PB = Proteína bruta; FDN = Fibra em detergente neutro; CC = Conteúdo celular; PIDN = Proteína insolúvel em detergente neutro; FDNcp = Fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína; Amido = Teor de amido; NDT = Nutrientes digestíveis totais.

²Níveis de garantia (nutrientes em 100g do produto): Soja farelo (38,42g); Casca de soja (15 g); Bicarbonato de Sódio (14,7g); Uréia (10 g); Carbonato de cálcio (6,88g); Cloreto de Potássio (6,6g); Fosfato Bicálcico (2,89g); Óxido de Magnésio (2,03 g); Enxofre (2,0g); Levedura de cana-de-açúcar (0,74g); Silicato de Alumínio (378,6 mg); Sulfato de Zinco (102,9mg); Sulfato de Manganês Cinza (81,9mg); Rovimix (74 mg); Monensina Sódica (51,5mg); Sulfato de Cobre (22,8mg); Iodato de Potássio (1,0 mg); Sulfato de Cobalto (1,0mg); Selenito de Sódio (0,7mg); Vitamina A (3700UI); Vitamina D (370UI).

³NDT = 91,0246 – (0,571588 x FDN) (Cappelle et al., 2001).

Tabela 2 – Médias e desvios padrões das características de carcaça de cordeiros mestiços Texel terminados em confinamento em dietas com alto concentrado e diferentes processamentos do grão de milho

Características da carcaça ¹	Processamentos do grão de milho ²			Pr>F
	Grão inteiro seco	Grão inteiro reidratado	Grão seco moído	
PC (kg)	39,11±7,84	44,32±7,91	48,02±4,44	0,0807
PCQ (kg)	19,17±3,95b	22,37±3,57ab	24,14±3,05a	0,0492
PCF (kg)	18,4±3,92	21,52±3,42	23,26±3,07	0,0506
PR (%)	4,13±1,5	3,79±1,09	3,72±1,3	0,8141
RC (%)	47,04±3,1	48,72±2,03	48,32±2,63	0,4494
pH abate	6,31±0,23	6,09±0,39	5,97±0,38	0,1871
pH 24h	5,53±0,07	5,54±0,06	5,57±0,11	0,6235
Acabamento	3,29±1,38	4,0±1,04	4,07±1,3	0,4327
Conformação	1,71±0,95	2,25±1,28	1,86±1,07	0,6340
EGS (mm)	2,49±0,95	2,71±0,4	2,98±0,58	0,4108
Marmoreio	5,29±1,5	5,63±2,07	5,71±2,06	0,9054
AOL (cm ²)	13,97±3,2	16,34±1,81	17,27±3,24	0,0996
Parâmetros colorimétricos do músculo <i>Longissimus dorsi</i> na 12 ^a costela				
L*	37,34±2,49	39,23±1,87	39,2±1,35	0,1363
a*	18,34±1,43	18,77±0,62	17,83±1,68	0,3932
b*	5,33±0,94	5,92±0,72	5,86±1,15	0,4369
Medidas na carcaça				
CIC (cm)	61,21±3,88	61,81±4,0	63,21±1,8	0,5404
CEC (cm)	66,7±4,43	67,08±4,71	68,91±3,2	0,5776
CP (cm)	46,36±2,08	45,4±1,87	45,39±2,04	0,5805
CircP (cm)	29,09±1,77	29,91±1,83	29,56±1,42	0,6462
PTmin (cm)	14,9±0,44	14,79±1,07	14,4±1,64	0,6985
PTmax (cm)	27,71±2,03	28,13±1,88	28,8±1,17	0,5109
Compacidade	0,299±0,047b	0,347±0,039 ab	0,367±0,041a	0,0185

¹PC: peso corporal sem jejum, em kg; PCQ: peso da carcaça quente, em kg; PCF: peso da carcaça fria, em kg; PR: perda por resfriamento, em porcentagem; RC: rendimento de carcaça fria, em porcentagem; pH abate: pH da carcaça aferido logo após o abate; pH 24h: pH da carcaça aferido após 24 horas de resfriamento; Acabamento: distribuição da gordura na carcaça avaliado por meio de escore; Conformação: proporção do tecido muscular e adiposo em relação ao esqueleto estimado por escore; EGS: espessura de gordura subcutânea na 12^a costela, em mm; Marmoreio: escore de marmorização da carne; AOL: área de olho de lombo; L*: luminosidade; a*: componente verde/vermelho; b*: componente azul/amarelo; CIC: comprimento interno da carcaça; CEC: comprimento externo da carcaça; CP: comprimento de perna; CircP: circunferência de perna; PTmin: profundidade torácica mínima; PTmax: profundidade torácica máxima; Compacidade: índice de compacidade da carcaça, é o PCF/CIC.

²Médias seguidas de letras diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Tabela 3 – Médias e desvios padrões dos componentes não carcaça e totais em porcentagem do peso corporal sem jejum de cordeiros mestiços Texel em dieta de alto concentrado com diferentes processamentos do grão de milho

Variáveis (kg)	Processamentos do grão de milho ¹			Pr>F
	Grão inteiro seco	Grão inteiro reidratado	Grão seco moído	
Componentes externos (kg)				
Pele+Lã	3,81±0,88	4,17±0,64	4,62±0,86	0,1859
Cabeça	1,88±0,25	2,02±0,25	2,19±0,18	0,0652
Cauda	0,25±0,07	0,31±0,1	0,33±0,08	0,1669
Testículo	0,52±0,16	0,54±0,17	0,56±0,1	0,8760
Órgãos (kg)				
Coração	0,176±0,036	0,177±0,036	0,196±0,028	0,4769
Pulmão	0,38±0,066	0,425±0,075	0,482±0,084	0,0611
Baço	0,078±0,024	0,078±0,022	0,084±0,012	0,7877
Traquéia+Esôfago	0,209±0,047	0,253±0,041	0,241±0,05	0,1929
Fígado+Bile	0,665±0,084b	0,767±0,189ab	0,918±0,121a	0,0117
Rins	0,129±0,079	0,107±0,018	0,120±0,013	0,6415
Diafragma	0,180±0,026	0,190±0,029	0,208±0,03	0,2071
Trato gastrointestinal (kg)				
Pré-estômagos e abomaso cheio	4,163±0,83	4,36±0,982	4,526±0,702	0,7320
Pré-estômagos e Abomaso Vazio	0,875±0,144b	1,013±0,212ab	1,11±0,118a	0,0479
Peso Conteúdo Pré-estômagos e Abomaso	3,289±0,693	3,345±0,82	3,415±0,667	0,9493
Intestino delgado cheio	0,716±0,104	0,741±0,172	0,807±0,163	0,5144
Intestino delgado vazio	0,445±0,059	0,479±0,11	0,466±0,055	0,7150
Peso conteúdo intestino delgado	0,271±0,092	0,262±0,127	0,340±0,126	0,3929
Intestino grosso cheio	0,618±0,161b	0,802±0,15ab	0,844±0,144a	0,0265
Intestino grosso vazio	0,222±0,05	0,239±0,065	0,270±0,031	0,2347
Peso conteúdo intestino grosso	0,397±0,126b	0,563±0,115a	0,574±0,117a	0,0185
Gorduras viscerais (kg)				
Cardíaca	0,086±0,038	0,093±0,032	0,106±0,018	0,5026
Perirrenal	0,307±0,116	0,403±0,259	0,385±0,083	0,5545
Omental	0,768±0,354	1,071±0,504	1,072±0,284	0,2748
Mesentérica	0,624±0,179	0,775±0,292	0,672±0,123	0,3956
Totais em porcentagem do peso corporal sem jejum				
Componentes externos	16,59±1,1	16,03±1,94	16,16±2,3	0,8363
Órgãos	4,72±0,58	4,51±0,25	4,69±0,27	0,5363
Trato gastrointestinal vazio	4,01±0,5	3,09±0,41	3,85±0,25	0,7620
Trato gastrointestinal cheio	14,16±1,24	13,27±0,98	12,85±0,98	0,0880
Gorduras viscerais	4,44±0,84	5,09±1,40	4,64±0,70	0,4825

¹Médias seguidas de letras diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Tabela 4 – Média e desvio padrão das características qualitativas da carne no músculo *Longissimus dorsi* em cordeiros mestiços Texel em dietas de alto concentrado com diferentes processamentos do grão de milho

Características de qualidade da carne	Processamentos do grão de milho ¹			Pr>F
	Grão inteiro seco	Grão inteiro reidratado	Grão seco moído	
Perda por descongelamento (%)	8,62±2,45	10,00±1,3	8,67±2,21	0,3341
pH	5,55±0,05	5,58±0,08	5,55±0,07	0,2640
Luminosidade	36,31±2,08	36,22±1,86	36,44±3,13	0,9845
Intensidade de cor a*	16,48±1,28ab	16,11±1,18b	17,73±0,98a	0,0368
Intensidade de cor b*	14,65±1,11	14,91±1,01	15,72±1,14	0,1786
Marmoreio	8,0±3,37	10,13±3,68	7,57±4,35	0,3939
Perda por cocção (%)	37,72±4,31	36,72±5,78	34,95±6,62	0,6550
Força de cisalhamento (kg)	5,46±0,96	6,41±2,74	6,69±2,4	0,5558

¹Médias seguidas de letras diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Tabela 5 – Média e desvio padrão do perfil lipídico do músculo *Longissimus dorsi* de cordeiros mestiços Texel em dieta de alto concentrado com diferentes processamentos do grão de milho

Ácidos graxos (mg/g de carne) ¹	Processamentos do grão de milho ²			Pr>F
	Grão inteiro seco	Grão inteiro reidratado	Grão seco moído	
C10:0	0,029±0,007	0,028±0,019	0,032±0,014	0,8789
C12:0	0,028±0,011	0,025±0,018	0,03±0,015	0,8469
C14:0	0,479±0,108	0,516±0,365	0,566±0,253	0,8326
C15:0	0,077±0,021	0,084±0,062	0,074±0,033	0,9002
C16:0	5,465±1,827	6,44±4,291	6,702±2,522	0,7408
C16:1	0,298±0,069	0,361±0,212	0,397±0,163	0,5275
C17:0	0,316±0,143	0,333±0,25	0,295±0,12	0,9252
C18:0	3,161±1,285	3,52±2,675	3,732±1,388	0,8573
C18:1n9c	10,885±4,729	12,523±7,725	13,193±4,913	0,7659
C18:2n6c	1,049±0,222	1,15±0,575	1,069±0,293	0,8769
C20:4n6	0,174±0,03	0,158±0,026	0,145±0,027	0,1856
CLA	0,091±0,036	0,082±0,042	0,091±0,049	0,8865
AGS	9,555±3,268	10,947±7,517	11,432±4,269	0,8018
AGMI	11,183±4,783	12,885±7,908	13,59±5,062	0,7584
AGPI	1,314±0,24	1,39±0,629	1,305±0,324	0,9195
AGMI:AGS	1,147±0,11	1,210±0,095	1,195±0,080	0,4479
AGPI:AGS	0,145±0,034	0,145±0,040	0,120±0,024	0,2917
AGI:AGS	1,293±0,092	1,354±0,110	1,315±0,094	0,4920
Total	22,052±8,209	25,222±15,976	26,327±9,560	0,7885

¹C10:0 ácido decadonóico; C12:0 ácido láurico; C14:0 ácido mirístico; C15:0 ácido pentadecanóico; C16:0 ácido palmítico; C16:1 ácido palmitoleico; C17:0 ácido heptadecanóico; C18:0 ácido esteárico; C18:1n9c ácido oléico; C18:2n6c ácido linoleico; C20:4n6 ácido aradônico; CLA ácido linoleico conjugado, 18:2c9 t-11; AGS ácidos graxos saturados; AGMI ácidos graxos monoinsaturados; AGPI ácidos graxos poliinsaturados; AGMI:AGS relação ácidos graxos monoinsaturados e ácidos graxos saturados; AGPI:AGS relação ácidos graxos poliinsaturados e ácidos graxos saturados; AGI:AGS relação ácidos graxos insaturados totais e ácidos graxos saturados

²Médias seguidas de letras diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).