**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Exigência de FDN fisicamente efetiva de forragem (FDN_{fef}) em dieta
à base de grão de milho inteiro na terminação de cordeiros**

Matheus Sousa de Paula Carlis

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Ciência
Animal e Pastagens

**Piracicaba
2021**

Matheus Sousa de Paula Carlis
Bacharel em Zootecnia

**Exigência de FDN fisicamente efetiva de forragem (FDN_{fef}) em dieta à base
de grão de milho inteiro na terminação de cordeiros**
versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **EVANDRO MAIA FERREIRA**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Ciência
Animal e Pastagens

Piracicaba
2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Carlis, Matheus Sousa de Paula

Exigência de FDN fisicamente efetiva de forragem (FDN_{fe}) em dieta à base de grão de milho inteiro na terminação de cordeiros / Matheus Sousa de Paula Carlis. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2021.

110 p.

Dissertação (Mestrado) - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1.FDN_{fe} 2. Grão inteiro 3. Rúmen 4. Cordeiros I. Título

DEDICATÓRIA

Dedico a Deus, meus pais José Roberto de Carlis e Cláudia Silva de Paula Carlis e meus irmãos Roberto Luís Sousa de Paula Carlis, Renato Guilherme de Carlis, minha namorada Beatriz, minha cunhada Amanda e toda minha família.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me abençoar e me dar forças para continuar lutando.

A minha família por sempre me apoiar e confiar em mim.

Aos meus amigos (as) que sempre estiveram ao meu lado.

Ao DVATCOM e toda equipe pelo trabalho realizado e pela oportunidade de residir na moradia da pós-graduação.

Aos meus amigos (as) que dividiram a moradia comigo, com quem aprendi muito e fui muito bem recebido

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP) e ao Departamento de Zootecnia pela oportunidade de realização da pós-graduação e todo suporte oferecido.

À CAPES, pela concessão a bolsa durante o mestrado.

À FAPESP pelo auxílio financeiro para condução do projeto (Processo: 18/07749-0).

Ao professor Dr. Evandro Maia Ferreira, pela oportunidade e orientação.

Ao professor Dr. Alexandre Vaz Pires pelas contribuições e por sedar a estrutura do seu grupo de estudos.

À professora Dra. Carla Maris Machado Bittar, pela coordenação do programa de pós graduação.

Aos companheiros do setor (SIPOC), os funcionários Zica (Adilson), Roberto, Joseval, José (ZéZé) e Dona Neuza, obrigado por cada ajuda, explicação, paciência e momentos agradáveis que pude compartilhar.

Aos integrantes do grupo de pesquisa do LNRA e do SIPOC e também aos colegas que a pós-graduação acrescentou em minha vida: Daniel, Janaina, Xena (André), José Paulo, Pinguim (Arnaldo), Gabi, Pancada (Marcelo), Matheuzinho, Mizsura, Bela, Paulão, Isa, Dri, Nathália, Carol, Rhaíssa, Terezinha, Ancelmo, Amanda, e Marcus Busanello.

Enfim, agradeço à todos que de alguma forma contribuíram para que eu chegasse até aqui, que conseguiram junto comigo fazer com que esse sonho se tornasse realidade.

Muito Obrigado!

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
ABREVIATURAS E ACRÔNIMOS	9
1. INTRODUÇÃO	11
REFERÊNCIAS	12
2. REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1. PRODUÇÃO E CONSUMO DA CARNE OVINA NO BRASIL	15
2.2. DIETAS À BASE DE MILHO INTEIRO OU MOÍDO	17
2.3. DEFINIÇÃO DE FIBRA EM DETERGENTE NEUTRO FISICAMENTE EFETIVA (FDN _{FE})	19
2.4. DIFERENÇA ENTRE FIBRA EFETIVA (FDN _E) E FIBRA FISICAMENTE EFETIVA (FDN _{FE})	21
2.4.1. Fibra Efetiva – FDN Efetiva (FDN _E)	21
2.4.2. Fibra Fisicamente Efetiva – FDN Fisicamente Efetiva (FDN _{FE})	22
2.5. MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DA EFETIVIDADE DA FIBRA E DA FIBRA FISICAMENTE EFETIVA	23
2.5.1. Método laboratorial e estatístico	23
2.5.2. Penn State Particle Separator (PSPS)	24
2.5.3. Métodos De Bioensaios	25
2.6. VARIÁVEIS RESPOSTAS PARA A MENSURAÇÃO DA EFETIVIDADE	26
2.6.1. Mastigação	26
2.6.2. Saliva	27
2.6.3. pH ruminal	28
2.6.4. Fermentação Ruminal	29
2.7. EFEITO DA FDN _{FE} NO DESEMPENHO DOS ANIMAIS	31
REFERÊNCIAS	32
3. EXIGÊNCIA DE FDN FISICAMENTE EFETIVA DE FORRAGEM (FDN _{FEF}) PARA CORDEIROS CONFINADOS COM DIETAS À BASE DE MILHO INTEIRO: DIGESTIBILIDADE APARENTE DOS NUTRIENTES, BALANÇO DE NITROGÊNIO E FERMENTAÇÃO RUMINAL	41
RESUMO	41
ABSTRACT	42
3.1. INTRODUÇÃO	42
3.2. MATERIAL E MÉTODOS	44
3.2.1. Animais e instalações experimentais	44
3.2.2. Delineamento experimental e tratamentos	44
3.2.3. Digestibilidade dos nutrientes	49
3.2.4. Balanço de nitrogênio	49
3.2.5. Características de fermentação ruminal	49
3.2.6. Análises laboratoriais e cálculos	50
3.2.7. Análise estatística	51
3.3. RESULTADOS	52
3.3.1. Consumo e Digestibilidade	52
3.3.2. Fermentação Ruminal	56
3.3.3. Balanço de nitrogênio	58
3.4. DISCUSSÃO	60

3.4.1.	Consumo e Digestibilidade.....	60
3.4.2.	Fermentação Ruminal.....	61
3.4.3.	Balanço de Nitrogênio.....	62
3.5.	CONCLUSÕES.....	62
	REFERÊNCIAS	63
4.	EXIGÊNCIA DE FDN FISICAMENTE EFETIVA DE FORRAGEM (FDN _{FEF}) PARA CORDEIROS CONFINADOS COM DIETAS À BASE DE MILHO INTEIRO: DESEMPENHO, METABOLITOS SANGUÍNEOS, CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA E COMPORTAMENTO INGESTIVO	67
	RESUMO.....	67
	ABSTRACT	68
4.1.	INTRODUÇÃO.....	68
4.2.	MATERIAL E MÉTODOS.....	71
4.2.1.	Local, animais e instalações experimentais.....	71
4.2.2.	Delineamento experimental, tratamentos e manejo alimentar	71
4.2.3.	Comportamento Ingestivo	76
4.2.4.	Análises laboratoriais e cálculos	76
4.2.5.	Escore de consistência fecal	77
4.2.6.	Abate dos animais e características da carcaça.....	78
4.2.7.	Avaliação da Morfologia ruminal	80
4.2.8.	Lesões sugestivas de Ruminite.....	80
4.2.9.	Abscesso hepático	81
4.2.10.	Colheita de sangue para análises sanguíneas	81
4.2.11.	Aspartato-aminotransferase (AST) e gama-glutamyl-transferase (GGT)	82
4.2.12.	Glicose e Ureia.....	82
4.2.13.	Insulina.....	82
4.2.14.	Análise estatística	83
4.3.	RESULTADOS	83
4.3.1.	Desempenho.....	83
4.3.2.	Metabólitos Sanguíneos.....	87
4.3.3.	Comportamento Ingestivo	89
4.3.4.	Carcaças.....	93
4.3.5.	Desenvolvimento do trato gastrintestinal.....	98
4.4.	DISCUSSÃO.....	101
4.4.1.	Desempenho.....	101
4.4.2.	Metabólitos Sanguíneos.....	102
4.4.3.	Comportamento Ingestivo	103
4.4.4.	Carcaças.....	103
4.4.5.	Desenvolvimento do trato gastrintestinal.....	104
4.5.	Conclusões	105
	REFERÊNCIAS	105

RESUMO

Exigência de FDN fisicamente efetiva de forragem (FDN_{fef}) em dieta à base de grão de milho inteiro na terminação de cordeiros

O objetivo do presente estudo foi avaliar a exigência de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem (FDN_{fef}) para cordeiros confinados recebendo dieta à base de grão de milho inteiro. O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados, definidos de acordo com o peso e idade dos animais no início do experimento. As dietas experimentais foram: 0% FDN_{fef} – dieta à base de milho grão inteiro sem volumoso; 3,6% FDN_{fef} – dieta à base de milho grão inteiro, contendo 3,6% de FDN_{fef} ; 7,2% FDN_{fef} – dieta à base de milho grão, contendo 7,2% de FDN_{fef} ; 10,8% FDN_{fef} – dieta à base de milho grão inteiro, contendo 10,8% de FDN_{fef} ; CONT (dieta controle) – dieta à base de milho moído contendo 7,2% de FDN_{fef} . No **experimento I** foram avaliadas a digestibilidade aparente dos nutrientes, o balanço de nitrogênio e a fermentação ruminal. Foram utilizados 30 cordeiros mestiços (Dorper x Santa Inês), castrados, com peso médio inicial de $30,14 \pm 3,01$ kg, cânulados no rúmen e aproximadamente 3 meses de idade. Não houve efeito dos tratamentos sobre o consumo de matéria seca (CMS). A dieta 0% FDN_{fef} apresentou maior digestibilidade da MS, MO, NDT, EM, propionato e ácidos graxos de cadeia curta totais ($P < 0,05$). Contudo, houve interação entre os tratamentos e horário de coleta para o pH ruminal ($P < 0,05$). No **experimento II** foram avaliados o desempenho, metabolitos sanguíneos, características de carcaça e comportamento ingestivo. Foram utilizados 45 cordeiros não castrados mestiços (Dorper x Santa Inês), com peso médio inicial de $22,6 \pm 5,3$ kg e idade média de 88 ± 10 dias. Após o período de adaptação, o aumento nos teores de FDN_{fef} diminuiu o CMS ($P < 0,0001$), GMD, EA, peso final ($P < 0,01$), concentração sérica de AST ($P = 0,01$) e de glicose ($P = 0,03$), e diminuiu o peso vivo ao abate ($P < 0,001$), PCQ ($P < 0,001$), PCF ($P < 0,001$), RCF ($P < 0,01$), espessura de parede corporal ($P < 0,001$), escore de adiposidade ($P < 0,01$), gordura peri-renal ($P < 0,0001$), AOL ($P = 0,001$). Adicionalmente, os teores crescentes de FDN_{fef} diminuiu a área ($P = 0,02$) e altura das papilas ruminais ($P = 0,008$). Os tempos de ruminação e mastigação apresentaram resposta quadrática, cujo maior tempo de ruminação ($P = 0,001$) foi observado com o teor de 7,2% de FDN_{fef} e o maior tempo de mastigação ($P = 0,006$) com o teor de 10,8% de FDN_{fef} . Nenhuma das dietas provocou qualquer tipo de lesão sugestiva de ruminite. Em conclusão, nas dietas com milho inteiro não é recomendada adição de FDN_{fef} .

Palavras-chave: FDN_{fef} , Exigência, Fibra, Grão inteiro, Digestibilidade, Desempenho, Carcaça, Rúmen, Cordeiro

ABSTRACT

Requirement of physically effective neutral detergent fiber of forage (pefNDF) in whole corn grain-based diets for feedlot lambs

The aim of the present study was to evaluate the requirement of physically effective neutral detergent fiber of forage (pefNDF) for feedlot lambs receiving a whole corn grain-based diet. The experimental design was in a randomized complete block design, defined by BW and age at the beginning of the experiment. The experimental diets were: 0% pefNDF – whole corn grain-based diet without forage; 3.6% pefNDF – whole corn grain-based diet with 3.6% pefNDF ; 7.2% pefNDF – whole corn grain-based diet with 7.2% pefNDF ; 10.8% pefNDF – whole corn grain-based diet with 10.8% pefNDF ; CONT (control diet) – ground corn-based diet with 7.2% pefNDF . In **experiment I** was to evaluate apparent digestibility of nutrients, N balance, and ruminal fermentation. Thirty ruminally cannulated Dorper x Santa Inês ram lambs, castrated, with 30.14 ± 3.01 kg of initial BW and approximately 3 mo old were used. There was no effect of treatments on DMI ($P>0.05$). The diet 0% pefNDF showed higher digestibility of DM, OM, TDN, ME, propionate and total short-chain fatty acids ($P<0.05$). However, the addition of pefNDF to whole corn grain-based diets increased ruminal pH ($P<0.05$). In **experiment II** was to evaluate performance, blood metabolites, carcass characteristics and ingestive behavior. Forty-five no castrated Dorper x Santa Inês ram lambs were used, with 22.6 ± 5.3 kg of initial BW and 88 ± 10 d old. After the adaptation period, the increase levels of pefNDF decreased the DMI ($P<0.0001$), ADG, FE, final BW ($P<0.01$), AST ($P=0.01$) and glucose ($P=0.03$) concentrations, and decreased the BW at slaughter ($P<0.001$), HCW ($P<0.001$); CCW ($P<0.001$), CCY ($P<0.01$), body wall thickness ($P<0.001$), adiposity score ($P<0.01$), perirenal fat ($P<0.0001$), LM area ($P=0.001$). Additionally, the increase levels of pefNDF decreased the area ($P=0.02$) and length of ruminal papillae ($P=0.008$). The rumination and chewing times (min/d) showed a quadratic response, whose higher rumination time ($P=0.001$) was observed with 7.2% pefNDF and the higher chewing time ($P=0.006$) with 10.8% of pefNDF . None of the diets caused any types of lesion suggestive of ruminitis. In conclusion, the addition of pefNDF to whole corn diets is not recommended.

Keywords: pefNDF , Requirement, Fiber, Whole grain, Digestibility, Performance, Carcass, Rumen, Lambs

ABREVIATURAS E ACRÔNIMOS

0% FDN_{fef} – dieta à base de milho grão inteiro sem volumoso

3,6% FDN_{fef} – dieta à base de milho grão inteiro, contendo 3,6% de FDN_{fef}

7,2% FDN_{fef} – dieta à base de milho grão, contendo 7,2% de FDN_{fef}

10,8% FDN_{fef} – dieta à base de milho grão inteiro, contendo 10,8% de FDN_{fef}

A:P – Relação acetato e propionato

AGCC – Ácidos graxos de cadeia curta

AOL – Área de olho de lombo

ASA – Áreas de superfície absorviva

AST – Aspartado – aminotransferase

CAM – Consumo de amido

CCNF – Consumo de carboidratos não fibrosos

CEE – Consumo de extrato etéreo

CFDA – Consumo de fibra insolúvel em detergente ácido

CFDN – Consumo de fibra insolúvel em detergente neutro

CIC – Comprimento interno de carcaça

CMO – Consumo de matéria orgânica

CMS – Consumo de matéria seca

CNF – Carboidrato não fibroso

CONT (dieta controle) – dieta à base de milho moído contendo 7,23% de FDN_{fef}

CP – Comprimento do pernil

CPB – Consumo de proteína bruta

EADP – Escore de adiposidade de carcaça

EE – Extrato etéreo

EGS – Espessura de gordura subcutânea

EM – Energia metabolizável

EPC – Espessura de parede corporal

EPM – Erro padrão da média

FDN – Fibra insolúvel em detergente neutro

FDNe – Fibra insolúvel em detergente neutro efetiva

FDN_{fe} – Fibra fisicamente efetiva

FDN_{fef} – Fibra insolúvel em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem

GGT – Gama glutamil – transferase

GMD – Ganho de peso médio diário

GPR – Gordura peri – renal

ICC – Índice de compactidade de carcaça

ICP – Índice de compacidade de pernil

MM – Matéria mineral

MO – Matéria orgânica

MS – Matéria seca

N – NH_3 -N amoniacal

NDT – Nutrientes digestíveis totais

PB – Proteína Bruta

PCF – Peso de carcaça fria

PCJ – Peso corporal em Jejum

PCQ – Peso de carcaça quente

PDR – Proteína degradável no rúmen

PG – Perímetro de garupa

PR – Perda por resfriamento

PSPS – Penn State Particle Separator

PUFA – Ácidos graxos poli – insaturados

PV – Peso vivo

PVA – Peso vivo ao abate

RCF – Rendimento de carcaça fria

RCF – rendimento de carcaça fria

RCQ – Rendimento de carcaça quente

TGIC – Trato gastrointestinal cheio

TGIV – Trato gastrointestinal vazio

TMP – Tamanho médio de partícula

1. INTRODUÇÃO

Dentre as categorias de ovinos, a carne de cordeiros abatidos com no máximo 5 meses de idade é a que apresenta maior aceitação pelos consumidores. Neste sentido, a prática de confinamento e o uso de dietas com elevado teor de concentrado tem se consolidado como sistema padrão para produção de cordeiros para abate precoce no Brasil (FERREIRA *et al.*, 2011a; FERREIRA *et al.*, 2014).

Pesquisas brasileiras têm demonstrado potencial no uso de dietas com alto teor de grãos para cordeiros (FERREIRA *et al.*, 2011b; FERREIRA *et al.*, 2014). Tem sido reportado na literatura elevados GMD (280 a 300 g/d) por cordeiros recebendo dietas contendo 90% de concentrado (GASTALDELLO Jr. *et al.*, 2010; QUEIROZ *et al.*, 2008). Desta maneira, fica evidente que quando o objetivo é produzir animais para abate precoce, o uso de dietas com elevado teor de concentrado é uma excelente opção. A elevada densidade energética das dietas ricas em grãos justifica os altos GMD, o que é coerente com o preconizado pelo NRC (2007), que o GMD se correlaciona positivamente com a ingestão de energia. Desta forma, visando maximizar o consumo de energia metabolizável (EM) pelos animais, facilitar o manejo de cocho, reduzir os custos com energia elétrica e mão de obra, tem crescido nos últimos anos o uso de dietas com 100% de concentrado com grãos inteiros nos confinamentos de bovinos (BELTRAME; UENO, 2011). Entretanto, as informações a respeito do uso do grão inteiro em dietas sem forragem na terminação de cordeiros são limitadas no Brasil (GALLO *et al.*, 2014).

Pesquisas nos Estados Unidos apresentaram valores de eficiência alimentar de cordeiros recebendo dietas com grãos de milho inteiro de 0,20 g/kg de matéria seca (STEVEN, 2009), contudo, vale lembrar que o milho utilizado na América do Norte é do tipo dentado ou macio (predomina o endosperma farináceo), que por sua vez apresenta digestibilidade superior ao milho tipo “flint” (predomina endosperma vítreo ou duro) comumente utilizado no Brasil (SANTOS, 2011). Além disso, os referidos autores utilizaram cordeiros com peso superior a 30 kg ao início do experimento. Então, é importante mensurar a eficiência alimentar de cordeiros jovens recebendo grãos de milho inteiro nas condições brasileiras. Esta informação é importante para auxiliar o produtor no cálculo da viabilidade do uso do grão inteiro frente às dietas convencionais.

Muitos produtores brasileiros já estão utilizando grão de milho inteiro na terminação de cordeiros, sem, contudo, existir um conjunto de informações consolidadas para nortear seu uso. Além disso, a maioria dos confinadores de cordeiros utiliza “*pellet*” proteico para bovinos na terminação de cordeiros, incorrendo em prejuízo, pelo fato das exigências nutricionais de cordeiros serem notadamente diferentes das exigências nutricionais de bovinos, assim, esta pesquisa utilizou uma fórmula de “*pellet*” específica para terminação de cordeiros jovens recebendo grão de milho inteiro.

Porém o uso de dietas com elevado teor de grãos, pode acarretar em distúrbios metabólicos, como a acidose ruminal subaguda, causada pelo acúmulo de ácidos graxos produzidos na fermentação ruminal, principalmente de carboidratos dos quais se destaca o amido por sua elevada taxa de degradação ruminal, principal carboidrato encontrado no grão de milho (NAGARAJA e LECHETENBERG, 2007; OWENS *et al.*, 1998). A maioria das informações sobre o uso de grão de milho inteiro, assim como a exigência de FDN_{fe} (ou FDN_{fef}) em dietas de confinamento foram determinadas para espécie bovina, tais informações que também são utilizadas para a formulação de dietas para a terminação de ovinos em confinamento, assim evidenciando a necessidade de se realizar trabalhos avaliando a exigência de FDN_{fe} e o uso de dietas à base de grão de milho inteiro na terminação de cordeiros.

Diante do exposto, os objetivos com estes experimentos foram avaliar os efeitos da inclusão de teores crescentes de FDN fisicamente efetiva de forragem (FDN_{fef}) em dietas à base de milho inteiro sobre o consumo e digestibilidade dos nutrientes, características de fermentação ruminal, ganho de peso, eficiência alimentar, comportamento ingestivo e características de carcaça de cordeiros confinados.

Referências

BELTRAME, J.M. e UENO, R. K. Dietas com 100% de Concentrado com Grão de Milho Inteiro Para Terminação de Bovinos de Corte em Confinamento. **Tese de Mestrado, Universidade Tuiuti do Paraná, Guarapuava-Pr**, p. 41, 2011.

FERREIRA, E.M.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; GENTIL, R.S.; PARENTE, M.O.M.; NOLLI, C.P.; MENEGHINI, R.C.M.; MENDES, C.Q.; RIBEIRO, C.V.D.M. Growth, Feed Intake, Carcass Characteristics, and Meat Fatty Acid Profile of Lambs Fed Soybean Oil Partially Replaced by Fish Oil Blend. **Animal Feed Science and Technology**, v. 187, p. 9-18, 2014.

FERREIRA, E.M.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; MENDES, C.Q.; GENTIL, R.S.; ARAUJO, R.C.; AMARAL, R.C.; LOERCH, S.C. Growth, Feed Intake, Carcass Characteristics, and Eating Behavior of Feedlot Lambs Fed High-Concentrate Diets Containing Soybean Hulls. **Journal of Animal Science**, v. 89, p. 4120-4126, 2011a.

FERREIRA, E.M.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; MENDES, C.Q.; QUEIROZ, M.A.; ARAUJO, R. C.; GENTIL, R.S.; LOERCH, S.C. Apparent Digestibility, Nitrogen Balance, and Ruminal Constituents in Ram Lambs Fed High-Concentrate Diets Containing Soybean Hulls. **Journal of Animal Science**, v. 89, p. 4127-4133, 2011b.

GALLO, S.B.; MERLIN, F. DE A.; MACEDO, C.M. DE. E SILVEIRA, R.D. de O. Whole Grain Diet for Feedlot Lambs. **Small Ruminant Research**, v.120, p. 185-188, 2014.

GASTALDELLO JR, A.L.; PIRES, A. V.; SUSIN, I.; MENDES, C.Q.; FERREIRA, E.M.; MOURÃO, G.B. Desempenho e Características Da Carcaça de Cordeiros Confinados com Rações de Alta Proporção de Concentrado Contendo Monensina Sódica, Bicarbonato de Sódio e Fontes de Calcário. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 556-562, 2010.

NAGARAJA, T.G.; LECHTENBERG, K.F. Acidosis in Feedlot Cattle. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v. 23, p. 333–350, 2007.

NRC.Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids. Washington: **National Academic Press**, 292 P. New York: Pergamon Press Inc. p.1-19, 2007.

OWENS, F.N.; SECRIST, D.S.; HILL, W.J.; GILL, D.R. Acidosis in Cattle: A Review. **Journal of Animal Science**. v. 76, p. 275–286, 1998.

QUEIROZ, M.A.A.; SUSIN, I.; PIRES, A. V.; MENDES, C. Q.; GENTIL, R.S.; ALMEIDA, OMER CAVALCANTI DE; AMARAL, R.CA.; MOURÃO, G.B. Desempenho de Cordeiros e Estimativa Da Digestibilidade Aparente Do Amido de Dietas com Diferentes Fontes Proteicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 1193-1200, 2008.

SANTOS, J. E. P. DISTÚRBIOS METABÓLICOS. IN: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. 2. Ed. **Nutrição De Ruminantes**. Jaboticabal: Funep. p. 616, 2011.

STEVEN, H. Whole-Grain Diets for Finishing Lambs. **College of Agriculture and Life Sciences, Virginia Polytechnic Institute and State University**. Publication v. 410, p. 024, 2009.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Produção e consumo da carne ovina no Brasil

O consumo brasileiro de carne ovina está entre 0,6 – 0,7 kg *per capita*/ano, um consumo considerado baixo ao comparar-se com o consumo de outras carnes como, por exemplo, bovina, suína e de frango, que chegam a ter um consumo per capita/ano de 35 kg, 14,8 kg e 44,1 kg respectivamente (ANUALPEC, 2018). Esta disparidade é resultado do empenho observado nas últimas décadas nestas cadeias mais eficientes, por meio da estruturação, tecnificação e ampliação de suas receitas. Consequentemente, a cadeia da ovinocultura deve seguir o exemplo das cadeias produtivas já estruturadas no Brasil, com vistas a aumentar a quantidade e qualidade da oferta de carne de cordeiros. O alto potencial produtivo dos ovinos, e o crescimento no rebanho de 22,1% (EMBRAPA, 2019), estimularam maior aceitabilidade no mercado consumidor de carne ovina de qualidade, assim estimulando o investimento na produção desta espécie (MOTTA *et al.*, 2016; PIRES *et al.*, 2000).

Além disso, a carne ovina apresenta propriedades benéficas para o organismo humano, principalmente quando proveniente de cordeiros (animais jovens) sendo fonte de proteínas, aminoácidos essenciais, baixa concentração de lipídios e de gordura saturada (ALVES *et al.*, 2014; MOTTA *et al.*, 2016). A salubridade da carne está relacionada principalmente ao seu teor de gordura e composição de ácidos graxos (SAATCHI *et al.*, 2013). Um desequilíbrio de colesterol, gorduras na dieta e uma alta fração de ácidos graxos saturados (AGS) são considerados uma das principais causas de aterosclerose, sobre de peso e obesidade (GILLINGHAM *et al.*, 2011). A elevada ingestão de AGS também pode estar associada à diminuição da sensibilidade à insulina, que é o fator mais importante no desenvolvimento da síndrome metabólica e diabetes (D'ALESSANDRO *et al.*, 2019; KENNEDY *et al.*, 2009).

Portanto, diretrizes alimentares geralmente recomendam reduzir a ingestão de ácidos graxos saturados e aumentar os ácidos graxos poli-insaturados para reduzir a doença arterial coronariana (GILLINGHAM *et al.*, 2011). Em particular, a composição de ácidos graxos da carne de cordeiro é afetada pela idade, peso no abate e estação de criação, mas os resultados são muito variáveis (BANSKALIEVA, 1997; D'ALESSANDRO *et al.*, 2019; RHEE, 2000). Porém há relatos sobre o aumento na

proporção de AGS no músculo com o aumento idade dos cordeiros (DÍAZ *et al.*, 2005; D'ALESSANDRO *et al.*, 2019; SABBIONI *et al.*, 2016).

A cadeia produtiva da ovinocultura ainda enfrenta grandes desafios, o que impede seu crescimento no Brasil, em comparação com outras cadeias produtoras de proteína animal, tais como a sazonalidade produtiva da atividade, a inexistência de um mercado constante, a necessidade de uma oferta regular de animais, a necessidade de escala para comercialização e a busca por animais jovens por parte dos frigoríficos (ALVES *et al.*, 2014; JORIS; VILPOUX, 2013; SORIO, 2013). Outro ponto que deve ser considerado, para obtenção de resultados na ovinocultura, é o aumento do desempenho reprodutivo das ovelhas e da velocidade de crescimento dos cordeiros (MACEDO JÚNIOR *et al.*, 2007), no qual o cordeiro é a categoria mais demandada para o consumo interno (SILVA SOBRINHO *et al.*, 2008; SILVA *et al.*, 2019). Perseguindo o objetivo de maior eficiência alimentar, na produção de animais em confinamento, é cada vez maior o uso de dietas ricas em grãos que são rapidamente fermentáveis no rúmen e maximizam o consumo de energia (STEELE *et al.*, 2009; SILVA *et al.*, 2019). Entretanto, para produzir carcaças de qualidade, alguns fatores devem ser considerados, como idade, sexo, genótipo e sistema de criação (MOTTA *et al.*, 2016; OLIVEIRA *et al.*, 1998).

Segundo Poli *et al.* (2008), existem diferentes sistemas para terminação de cordeiros, entretanto, poucos Estudos têm sido realizados para compará-los, notando-se tendência de divulgação de tecnologias com elevado uso de concentrados. A falta de uma fonte de volumoso pode reduzir a produção de saliva e prejudicar a ruminação e a motilidade ruminal (MINERVINO *et al.*, 2014). O aumento da proporção de grãos de uma dieta promove a fermentação ruminal com predomínio do pH ácido, principalmente nas primeiras horas após a ingestão. Este pH ácido é uma consequência do aumento da concentração de ácido propiônico no rúmen (VAN BAALE *et al.*, 2004), em grande parte devido à fermentação de grãos de cereais, como o milho.

Reduções drásticas e prolongadas do pH podem inibir o crescimento de microrganismos celulolíticos e metanogênicos, que podem prejudicar a digestibilidade dos alimentos e o desempenho animal (KRAJCARSKI-HUNT *et al.*, 2002). Assim, a manipulação da fermentação ruminal através da substituição de ingredientes altamente fermentáveis é uma estratégia nutricional essencial para a saúde e para

maximizar o desempenho do animal (HOMEM JUNIOR *et al.*, 2019). O tipo de terminação de um animal depende do mercado a ser atendido, que pode preferir carcaças com maior ou menor cobertura de gordura e diferente conformação (MOTTA *et al.*, 2016). Em um estudo comparando economicamente a produção de cordeiros em pastagens de *Cynodon dactylon* e em confinamento com dietas de ração completa, com 18% de proteína bruta e 72% de nutrientes digestíveis totais, na região Sul do Brasil, Macedo Júnior *et al.* (2007) obtiveram um lucro de 17% maior em cordeiros confinados, assim constatando a viabilidade econômica da atividade.

2.2. Dietas à base de milho inteiro ou moído

Do ponto de vista conceitual, dietas com grão inteiro são compostas por grãos não processados (p.ex. milho e/ou aveia) misturados a um núcleo proteico mineral vitamínico. Comumente, as dietas com grãos inteiros são isentas de forragem (STEVEN, 2009).

Uma das características das dietas com grãos inteiros é a simplicidade da mistura, tendo em vista que em condições convencionais, a dieta total é composta de apenas dois ingredientes, um núcleo que tem como finalidade principal o suprimento de proteína, minerais e vitaminas e um ingrediente energético na forma integral, sendo o milho o principal ingrediente energético de dietas de alto grão para cordeiros no Brasil (FERREIRA *et al.*, 2014; GALLO *et al.*, 2014). A definição da proporção entre o núcleo proteico e o grão inteiro deve levar em conta as exigências nutricionais da categoria animal em questão e a composição nutricional dos ingredientes. Mas, para cordeiros em confinamento tem-se utilizado com frequência dietas contendo 85% de milho grão e 15% de núcleo proteico, tais proporções que já são consolidadas para terminação de bovinos de corte (GALLO *et al.*, 2014).

A composição do núcleo proteico também deve variar conforme a categoria animal, contudo, para cordeiros em confinamento, os núcleos devem apresentar um teor de 30 a 38% de PB. Devido aos baixos teores de cálcio em dietas a base de grãos de cereais, é indicada a inclusão de uma fonte de cálcio ao núcleo proteico. Existem muitas fontes de cálcio que podem ser utilizadas em dietas para cordeiros, sendo que o calcário calcítico, incluído na proporção de 1,0 a 3,0% da dieta total tem se mostrado uma excelente opção (GASTALDELLO Jr., 2013). Vale lembrar que no mercado

brasileiro não é permitido o uso de ingredientes de origem animal para formulação de dietas para ruminantes. Outro ponto que vale lembrar são os riscos de incidência de cálculo renal em cordeiros confinados, o que está relacionado com o desbalanceamento da dieta em cálcio e fósforo e aos elevados teores de proteína degradável no rúmen (PDR) da dieta.

Para minimizar os riscos de ocorrência de cálculo renal pode-se adicionar cloreto de amônia ao núcleo proteico (FERREIRA *et al.*, 2014). Aditivos alimentares, tais como os ionóforos também são frequentemente adicionados a dietas com grãos inteiros, os quais têm como principais finalidades melhorar a eficiência alimentar (GASTALDELLO Jr., 2013) e prevenir desordens metabólicas de ordem nutricional, tal como acidose.

Em dietas ricas em concentrado, o consumo de MS é limitado pela ingestão energética (NRC, 2007), por apresentar maior densidade energética que as dietas convencionais. Apesar da existência na literatura de um conjunto de dados sobre o desempenho de cordeiros recebendo dietas com grãos inteiros (GALLO *et al.*, 2014; OLIVEIRA *et al.*, 2015a; ZARPELON *et al.*, 2015), são escassas informações sobre o uso desta estratégia alimentar sobre o comportamento ingestivo e o metabolismo ruminal de cordeiros.

Quanto à forma de processamento do milho, uma comparação do milho inteiro com o milho moído ou na forma de silagem de grão úmido, demonstrou que o fornecimento do grão inteiro possibilitou uma maior área de papilar ruminal (% da superfície de absorção), a produção e absorção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) estimulam o metabolismo e o desenvolvimento do epitélio ruminal (WANG *et al.*, 2009). Dietas contendo altos teores de amido podem aumentar a produção ruminal de AGCC, estimulando o desenvolvimento ruminal e aumentando sua atividade absorptiva (LANE; JESSE, 1997). Então, é possível sugerir que o aumento na área epitelial observada por Oliveira *et al.* (2015b) para cordeiros alimentados com grãos inteiros foi decorrente de uma maior digestão ruminal do amido, com consequente aumento na produção de AGCC em comparação aos que receberam grãos moídos.

Tem sido sugerido que devido a sua maior superfície para ataque enzimático no rúmen e pós-rúmen, a inclusão de milho moído na dieta resulta em maior digestibilidade da matéria orgânica. Contudo, tal hipótese não se confirmou no estudo de Bolzan *et al.* (2007), os quais forneceram dietas contendo milho inteiro, moído ou

adicionado com ureia e não verificaram efeito sobre a digestibilidade da MS, matéria orgânica (MO), extrato etéreo (EE), FDN e carboidratos totais, havendo apenas efeito para a digestibilidade da PB que foi superior para a dieta contendo grão úmido. Este resultado reafirma a ideia de que o processo de mastigação dos ovinos é muito eficiente em triturar aos grãos de milho já no primeiro ciclo de mastigação.

Apesar do maior ganho de peso para os animais que receberam grão inteiro (0,36 kg/d) em relação aos que receberam grão moído (0,34 kg/d) ou úmido (0,30 kg/d), chamou a atenção o valor de pH demasiadamente baixo para os animais do tratamento com grão inteiro (5,37) na comparação com os do tratamento com grão moído (6,62) ou úmido (6,63) (OLIVEIRA *et al.*, 2015a). O pH de 5,37 (OLIVEIRA *et al.*, 2015a) deve ser encarado como um valor crítico, tendo em vista que valores de pH abaixo de 5,5 tem sido utilizado como valor limiar abaixo do qual a ocorrência de acidose subclínica é iminente (WIERENGA *et al.*, 2010). Os resultados de Oliveira *et al.* (2015ab) indicam a necessidade de desenvolvimento de estratégias que possam dar maior segurança ao confinador ao utilizar dietas com grãos inteiros para cordeiros, devido a essas dietas claramente aumentar o desafio aos animais, mantendo os mesmos em seu limite metabólico durante a terminação em confinamento.

Um aspecto relevante para o sucesso do confinamento com dietas contendo grão inteiro é uma adequada adaptação dos animais à dieta. A exposição de cordeiros a dietas com alto teor de concentrado sem adaptação pode resultar em elevados índices de mortalidade, principalmente por acidose ruminal e outras doenças metabólicas associadas à superalimentação. O período de adaptação deve ter duração de 10 a 14 dias, podendo ser realizado por meio do aumento gradativo da dieta com grão inteiro em substituição a uma fonte de volumoso ou por meio de restrição alimentar, neste último caso deve-se iniciar com a dieta final, sendo fornecida em quantidade restrita, com aumento progressivo na quantidade ofertada a cada dois dias até o animal atingir consumo *ad libitum* (STEVEN, 2009).

2.3. Definição de Fibra em Detergente Neutro Fisicamente Efetiva (FDN_{fe})

Desde muito antes da criação do conceito de FDN_{fe}, muitos pesquisadores já haviam buscando um método padrão para definir o teor de fibra e tamanho de

partículas ideais nas dietas de ruminantes afim de manter a saúde ruminal, gordura do leite e promover um melhor desempenho.

Na década de 70 já havia o conhecimento que a digesta de animais ruminantes é composta por duas fases, uma fase com tamanho de partícula menor e uma fase com partículas grandes e que passam mais lentamente no trato gastrointestinal dos animais (BALDWIN *et al.*, 1976; MERTENS; ELY, 1979).

Poppi e Norton (1980) dos quais observaram que menos de 5% das partículas de fezes de ovinos e bovinos passaram pelo orifício de uma peneira de 1,18 mm, concluindo que partículas retidas em peneiras com essa porosidade, teriam alta resistência para passar pelo orifício reticulo-omasal, cujo diâmetro seria semelhante (1,18 mm) estimulando assim a atividade de mastigação. O trabalho de Poppi *et al.* (1980) serviu para basear importantes Estudos posteriores. Sudweeks *et al.* (1981) desenvolveram o índice de valor volumoso, o qual corresponderia ao teor de forragem mínimo nas dietas necessário para o animal passar ao menos 31,1 min/ kg de matéria seca mastigando e manter 3,5% de gordura no leite.

Ainda na década de 80 Mertens (1986) buscava um método para fracionar as partículas do alimento, o qual tomou como base o estudo de Poppi *et al.* (1985). Então, Mertens (1986) adotou o fracionamento das partículas e considerou que as partículas maiores de 1,18 mm requerem mastigação e ruminação para sair do rúmen, e, portanto, essa “fração de 1,18 mm” seria eficiente em manter inalterado o teor de gordura do leite, o que deu origem ao conceito de fibra efetiva (FDN_e). Nesse mesmo contexto, Sauvant *et al.* (1990) desenvolveram o índice de fibrosidade que é definido como à duração do tempo de mastigação (ingestão e ruminação) em min/ kg de MS, mínimo necessário para se manter o teor de gordura no leite.

No final da década de 90 já com os conceitos bem consolidados, Lammers e colaboradores em 1996 construíram um separador de partículas, nomeado de “Penn State Particle Separator (PSPS)”, onde era disposto por duas peneiras, com orifícios de 19,0 e 8,0 mm, seguidos de um fundo, na qual partículas retidas na peneira de 19 mm possuíam fator de efetividade 2,0, partículas retidas na peneira de 8 mm fator de efetividade de 1, e no fundo recebiam o fator de efetividade de 0,2.

O modelo criado por Lammers *et al.* (1996) para separar as partículas que possuem efetividade em manter a mastigação e gordura do leite foi evoluindo e adaptado por Kononoff *et al.* (2003), que incluíram uma terceira peneira, com orifícios

de 1,18 mm de diâmetro, estabeleceram um método para se estimar o tamanho médio das partículas da ração total, em matéria natural e com esse dado determinas a efetividade da fibra, a qual foi amplamente adotada ao redor do mundo devido a facilidade de uso a nível de campo.

No ano de 1997, Mertens e colaboradores diferenciaram os conceitos de fibra efetiva e fisicamente efetiva, levando em consideração aspectos físicos, o tamanho da partícula e aspectos químicos a determinação da fração FDN dos alimentos, neste sentido a FDN_{fe} é a multiplicação da porcentagem de FDN na dieta pela a porcentagem de partículas maiores que 1,18 mm separadas utilizando a PSPS. Entretanto, pesquisadores começaram a observar que muitas partículas de alimento nas fezes de vacas leiteiras possuíam comprimento de até 4,00 mm, ou seja, concluíram que partículas maiores que 1,18 mm poderiam passar ilesas pelo rúmen sem proporcionar estímulo efetivo na mastigação. Assim Henriches e Kononoff (2013) substituíram a peneira de 1,18 mm por uma peneira de 4,00 mm, mantendo-se a mesma metodologia descrita anteriormente.

2.4. Diferença entre Fibra efetiva (FDN_e) e Fibra fisicamente efetiva (FDN_{fe})

2.4.1. Fibra Efetiva – FDN Efetiva (FDN_e)

A fibra efetiva, também conhecida como FDN efetiva foi um termo originalmente proposto para dietas de vacas leiteiras (MERTENS, 1986; 1997). Sendo a fração da FDN efetiva em manter o teor de gordura do leite, dependendo do tamanho, capacidade de estímulo mastigatório, poder tampão, taxa de fermentação e outras características intrínsecas a fração fibrosa.

A efetividade dos alimentos proposta por Mertens (1997) é um fator teórico, que pode variar de 0 a 1. Sendo 0 equivale a fibra que não consegue manter o teor de gordura no leite e 1 quando a fibra mantém inalterado o teor de gordura no leite. Todavia, o método apresenta muita subjetividade e pouca padronização, principalmente por tratar a efetividade diretamente como tamanho de partículas, assim um alimento com tornando difícil sua utilização pelos nutricionistas, além disso, o teor de gordura do leite é afetado por outros fatores (BAUMAN *et al.*, 2006) e é um parâmetro irrelevante para animais em terminação.

2.4.2. Fibra Fisicamente Efetiva – FDN Fisicamente Efetiva (FDN_{fe})

O conceito de fibra fisicamente efetiva foi elaborado a partir das características do alimento que são capazes de estimular a mastigação. O conceito FDN_{fe} está relacionada puramente com características físicas da fibra que são capazes de estimular a mastigação. De outra forma, a FDN efetiva está relacionada com a capacidade total da FDN de um alimento em manter estáveis o pH ruminal e a gordura do leite. Dessa forma a fração solúvel da fibra também é incluída no conceito FDN_{fe}.

Mertens (1997) trabalhou o tamanho de partículas, FDN e respostas dos animais, correlacionando valores de FDN_{fe} com respostas dos animais. O autor observou correlação com o pH ruminal e a porcentagem de gordura do leite com R² de 0,71 e 0,63 respectivamente. Neste estudo o autor sugere a inclusão de 19 a 20% de FDN_{fe} para vacas, com esse teor de inclusão o pH ruminal é próximo de 6,0 e a porcentagem de gordura próximo de 3,5.

As recomendações do NRC (2007) para estimativa do fator de efetividade tiveram com base um conjunto de três peneiras denominado “*Pen State Particle Separator*” (PSPS), com os crivos de 19, 8, e 1,18 mm. No entanto, Estudos posteriores demonstraram que a digesta omasal apresenta partículas com tamanhos maiores, foi então sugerido pelo NASEM (2016) a substituição da peneira de 1,18 mm pela de 4,00 mm, sendo o fator de efetividade calculado com base nesta última peneira, para bovinos de corte.

Figura Erro! Nenhum texto com o estilo especificado foi encontrado no documento.1. Relações existentes entre FDN, FDN_e (FDN efetiva) e FDN_{fe} (FDN fisicamente efetiva) proposto por Mertens (2001).

2.5. Métodos de Determinação da Efetividade Da Fibra e da Fibra Fisicamente Efetiva

2.5.1. Método laboratorial e estatístico

Mertens (1997) conduziu a análise de dados de mastigação com diversos alimentos e correlacionou o tempo de mastigação com o processamento físico de forragens. Posteriormente conduziu ensaio com o fracionamento da forragem por seu tamanho de partículas, em uma peneira de 1,18 mm, a multiplicação da porcentagem de matéria seca retida na peneira pelo teor de FDN obtinha-se, de forma simples, o teor de FDN_{fe}.

O diâmetro de 1,18 mm foi eleito devido à observação de estudo prévio, realizado por Poppi *et al.* (1985), no qual foi observado que partículas maiores que 1,18 mm de diâmetro passariam pelo rúmen lentamente proporcionando estímulo para ruminação. Por meio deste sistema, o qual quantifica a proporção de partículas maiores do que 1,18 mm seria possível estimar a fração do alimento que ficaria retida no rúmen e assim estimularia a ruminação. Desta forma, Mertens (1997) propôs um fator de efetividade, que combinado como o teor de FDN pode ser utilizado de maneira satisfatória para gerar teores de FDN_{fe}. O fator de efetividade física foi teoricamente

estabelecido, variando de 0 a 1, sendo que para feno de gramíneas na forma de partículas longas o fator de efetividade é de 1,0; desta forma raciocina-se que quando a efetividade vale 1,0 à atividade mastigatória está sendo plenamente estimulada e a gordura do leite é mantida e quando próximo a zero a atividade mastigatória não está sendo estimulada.

2.5.2. Penn State Particle Separator (PSPS)

Para a realização deste método é necessário atender três suposições: 1) A FDN é uniformemente distribuída em todas as frações de tamanho de partícula, 2) atividade de mastigação provocada é semelhante para todas as partículas retidas na peneira de 1,18 mm e 3) a fragilidade ou facilidade de redução do tamanho de partícula durante a mastigação é semelhante entre as fontes de FDN.

Vários estudos utilizando o PSPS para medir a FDN_{fe} objetivando relacionar mudanças na FDN_{fe} com mudanças no consumo de matéria seca, mastigação, ruminação e pH de vacas leiteiras (BEAUCHEMIN *et al.*, 2003; KRAUSE *et al.*, 2006; KONONOFF *et al.*, 2003; YANG *et al.*, 2001; YANG e BEAUCHEMIN, 2005;). Relações variáveis entre FDN_{fe} , mastigação e pH ruminal foram observadas para silagem de milho e alfafa. Em particular, alguns Estudos (KONONOFF e HEINRICHS, 2003; YANG *et al.*, 2001;) mostraram que a FDN_{fe} medida com o PSPS era um preditor com baixa acurácia para o tempo de mastigação e pH ruminal para vacas alimentadas com dietas à base de silagem de milho e alfafa. Nos estudos supracitados, as vacas responderam ao tamanho de partícula neste estudo, mas a FDN_{fe} foi consistentemente alta e insensível a mudanças acentuadas no tamanho das partículas de forragem, conforme indicado pela porcentagem de partículas retidas na peneira de 19 mm do PSPS (que variou entre 3 e 31,4%).

A facilidade na mensuração da FDN_{fe} usando a PSPS fez o método ser amplamente adotada por nutricionistas em todos os lugares do mundo. Mas a sua inclusão nos programas de formulação não consegue estimar seguramente essa característica das dietas e, portanto, trabalha-se a efetividade dos alimentos e o teor de FDN_{fe} para prever o pH ruminal.

2.5.3. Métodos De Bioensaios

O método aborda o uso de tratamentos com adequado teor de FDN de forragem (FDN_{ref} , controle positivo), uma dieta com nível subótimo de FDN (FDN_{ref} , controle negativo) e a dieta teste na qual o nível de FDN_{te} é semelhante ao controle negativo e o alimento teste é incluído até atingir o nível de FDN do controle positivo, conforme observado na Figura 2.

Figura Erro! Nenhum texto com o estilo especificado foi encontrado no documento. **2.** Delineamento para determinação do fator de efetividade com a metodologia de bioensaio de acordo com Armentano e Pereira (1997), adaptado por Goulart (2010).

Assim com os dados dos três tratamentos, é possível calcular as correlações com base na resposta do animal (pH ruminal, tempo de ruminação e etc.), e desta forma realizar a estimativa para determinar o limite de substituição da forragem pelo alimento teste.

Portanto, considerando que a efetividade de um alimento teste seja 0,5, significa que cada unidade de FDN neste alimento é capaz de induzir a resposta em 50% do alimento teste; ou ainda, que são necessárias 2 unidades de FDN a mais no alimento teste para que exerça a mesma efetividade de uma unidade de FDN da forragem padrão (GOULART, 2010).

2.6. Variáveis Respostas Para a Mensuração da Efetividade

2.6.1. Mastigação

A taxa de secreção de saliva e a quantidade de saliva produzida são determinadas pela atividade mastigatória, que por sua vez é influenciado pela fonte de forragem, proporção de forragem e concentrado e a ingestão de forragem. Em termos de fatores relacionados à dieta, as características limitantes do consumo de matéria seca como densidade energética, digestibilidade, taxa de degradação, tempo de ruminação, tempo total de mastigação e a passagem da digesta estão relacionadas ao teor de fibras da dieta e relação forragem: concentrado (OKINE *et al.*, 1997).

A redução do tamanho das partículas, em dietas com elevada proporção de concentrados, diminui a atividade mastigatória por quilograma de FDN como observado por Mertens (1997), segundo o autor supracitado o corte das forragens utilizando peneiras com aberturas de 40 mm reduziram a atividade mastigatória total para 80% em relação a matéria original (100%). A trituração de forragens pode reduzir a atividade mastigatória em até 60% em consideração ao estímulo mastigatório da forragem em partículas longas de forragem.

A atividade mastigatória por ingestão FDN_{fe} foi consistente em experimentos realizados com vacas recebendo dietas que variaram em comprimento de partícula quando estimado usando PSPS, à medida que reduz o tamanho da partícula reduz a atividade mastigatória (ARMENTANO e PEREIRA 1997; MERTENS 1997; YANSARI, 2004). A proporção de partículas > 19 mm pode ser um fator primário que afeta a atividade mastigatória, atividade mastigatória é um dos principais indicadores de saúde ruminal e de função e eficácia da fibra. Mertens (1997) correlacionou a atividade mastigatória com a concentração de FDN e tamanho de partícula, a partir dos resultados encontrados o autor propôs o conceito de FDN_{fe} como descrito anteriormente.

Alguns Estudos (KONONOFF; HEINRICHS, 2003; YANG *et al.*, 2001) demonstraram que a FDN_{fe} é um pobre preditor do tempo de mastigação e do pH ruminal, em contraste, Beauchemin *et al.* (2003) reportaram que a FDN_{fe} é um indicador confiável da atividade de mastigação e da acidose ruminal subclínica, corroborando com os últimos autores, Armentano e Pereira (1997) calcularam

coeficientes de correlação de 0,63 e 0,81 para relação entre FDN_{fe} (% da MS) e medidas da atividade de mastigação (min/dia e min/ kg de MS, respectivamente).

2.6.2. Saliva

Dietas com alto teor de fibra com partículas longas estimulam maior taxa de ruminação e maior produção de saliva, o que leva ao aumento da diluição do conteúdo ruminal e tamponamento do mesmo, mantendo condições adequadas para o desenvolvimento de bactérias celulolíticas e protozoários. A manutenção do pH ruminal em níveis adequados (6,0 – 6,2) depende da capacidade de produção de agentes tamponantes, como sais à base de carbonatos, fosfatos, e da remoção dos AGCC por meio da absorção pelo epitélio ruminal (VAN SOEST, 1982).

Os ruminantes matam os níveis de pH do meio ruminal adequados, da saliva, que é rica em bicarbonato de sódio e possui pH em torno de 8,1. A secreção de saliva depende do tipo da dieta que o animal é alimentado, dietas com alto teor de umidade diminuem a produção de saliva, no entanto alimentos ricos em fibra induzem maior secreção de saliva (BERCHIELLI *et al.*, 2006).

A saliva contém íons bicarbonato e fosfato de hidrogênio que atuam removendo íons hidrogênio da solução por uma combinação de alcalinização e tamponamento. Bailey e Balch (1961) relataram que as concentrações de bicarbonato e fosfato apresentam média de 126 e 26 meq/L para 48 amostras de saliva mista coletada de quatro vacas secas da raça Shorthorn. Foi relatado que a composição da saliva é relativamente constante e não muito afetada pela dieta ou ingestão de alimentos (ERDMAN, 1988).

O mecanismo de remoção de íons hidrogênio é diferente para bicarbonato e fosfato de hidrogênio. No sistema de carbonato, íons hidrogênio são incorporados na água e, no sistema fosfato, os íons hidrogênio fluem pelo fluxo da digesta através do orifício omasal. Em pH ruminal, aproximadamente 94% do potencial tampão do fosfato de hidrogênio ($\text{pK}_a=7,2$) é usado, e os íons de hidrogênio associados fluem do rúmen como fosfato di-hidrogenado. Embora o pK_a para o bicarbonato seja 6,1, mais de 50% do potencial tampão é usado quando o pH é igual ao pK_a em 6,1 porque o rúmen é um sistema aberto em que a concentração de CO_2 dissolvido é mantida a níveis constantes devido, principalmente, a eructação desses animais. O sistema tampão

carbonato atua de maneira diferente do sistema fosfato (embora algum fosfato seja removido da solução pelo metabolismo microbiano) porque a forma associada é removida do sistema por desidratação do ácido carbônico para H_2O e CO_2 e remoção de gás CO_2 : $H^+ + HCO_3^- \rightarrow H_2CO_3 \rightarrow H_2O + CO_2 \uparrow \rightarrow CO_2$ (gás).

O dióxido de carbono formado a partir da desidratação de ácido carbônico se equilibra com a fase gasosa e é expulso por eructação. Assim, os íons hidrogênio são removidos do rúmen por incorporação na água (ALLEN, 1997).

As taxas de fluxo da saliva variam com a atividade mastigatória, segundo estudos de Cassida e Stokes (1986) que realizaram colheitas e mediram o fluxo de repouso e ingestão de saliva com vacas multíparas da raça Holandesa no início da lactação, as quantidades de saliva média dos fluxos durante o repouso e a alimentação foram de 151 e 177 ml/min, respectivamente; o fluxo de saliva das vacas em repouso aumentou de 130 a 173 ml/min de 4 a 8 semanas pós-parto. O Fluxo de saliva durante a ruminação foi 1,8 vezes maior que o fluxo de repouso para valores publicados na literatura (CASSIDA; STOKES, 1986).

Dos componentes dietéticos, a FDN_{fe} tem sido relacionada positivamente à secreção salivar e, com isso, há recomendações de teores mínimos na dieta (a partir de predição de pH ruminal) de animais ruminantes no sentido de reduzir a ocorrência de distúrbios metabólicos como a acidose ruminal. Moreira *et al.* (2009), avaliando o pH no fluído ruminal de vacas leiteiras, concluíram que dietas ricas em concentrado apresentam menor valor de pH (5,6), devido a rápida fermentação ruminal, já dietas com maior quantidade de volumoso apresentam maior valor de pH (6,3), por induzir maior produção de saliva, assim aumentando o poder tampão do fluído ruminal.

2.6.3. pH ruminal

O pH ruminal é influenciado pelo tipo de alimento consumido e sua estabilidade é atribuída, em grande parte, à saliva, que possui alto poder tamponante (OWENS, GOETSCH, 1988; VAN SOEST, 1994). A saliva sofre incremento em seu fluxo, devido ao estímulo da mastigação e ruminação, que resulta de reflexos iniciados por estímulos físicos das partículas grosseiras sobre a parede ruminal (HARFOOT, 1981; HOOVER; STOKES, 1991).

A redução do pH ruminal ocorre, principalmente, após a rápida digestão do alimento, em virtude de elevadas taxas de degradação. O fornecimento de grãos de cereais moídos acarreta alguns problemas, entre os quais se encontra a inadequada secreção de saliva para manter o pH entre 6,0 e 7,0, bem como a imprópria estrutura física para estimular a motilidade ruminal.

A indicação de FDN_{fe} na dieta visa a manutenção de uma faixa ótima de concentração hidrogeniônica. Isso, pois, esta fração está associada ao estímulo mastigatório e consequente produção de tampões salivares, que atuam na manutenção adequada da microbiota ruminal (ALLEN, 1997; ZEBELI *et al.*, 2012). Além disso, uma dieta com níveis adequados de FDN_{fe} é capaz de formar no rúmen um tapete fibroso, chamado de *mat-ruminal* que atuará nos estímulos de contração, facilitando a mistura da digesta e absorção dos ácidos graxos (TAF AJ *et al.*, 2004; ZEBELI *et al.*, 2012). Quando se trabalha com dietas de alto grão, a preocupação com os teores mínimos de fibra é muito grande, uma vez que ao se fornecer elevadas quantidades de carboidratos prontamente fermentáveis, o risco de ocorrência de distúrbios metabólicos é elevado.

No intuito de minimizar os efeitos negativos destas desordens metabólicas, Fox *et al.* (2004) recomendaram o uso de 7 a 10% de FDN_{fe} para dietas de bovinos em fase de terminação, que seriam capazes de manter o pH ruminal por volta de 5,8 de acordo com equação sugerida por Pitt *et al.* (1996). No entanto, os autores destacaram que muitos dos confinamentos norte americanos usam valores menores que os sugeridos, algo como 5,0% e maior parte deles entre 6,0 e 8,0%. Contudo, essas recomendações levam em consideração apenas dados dos EUA, onde as fontes de volumosos são mais restritas, onível de tecnologia e aniamis são muito diferentes do Brasil, o que dificulta o uso desses teores de FDN_{fe} .

2.6.4. Fermentação Ruminal

A fermentação ruminal pode ser alterada em vários aspectos pela FDN_{fe} , principalmente na formação do *mat-ruminal* que é o principal responsável pelo desencadeamento do estímulo a ruminação, que por sua vez, estimula maior produção de saliva. Pesquisas com vacas leiteiras demonstram que a quantidade de fibras longas, em quantidades que não permitam a seleção, na dieta possui a

efetividade física necessária para manter as funções ruminais, devido este componente promover atividade de mastigação e secreção de saliva, resultando em valores de pH adequados (BEAUCHEMIN *et al.*, 1991; SWAIN; ARMENTANO, 1994).

Sendo assim, a consistência física do conteúdo ruminal, o qual é formado por uma camada flutuante de partículas longas sobre um “pool” de líquidos e partículas pequenas (MERTENS, 1997). As partículas longas no rúmen proporcionam o estímulo necessário para desencadear a atividade de ruminação. Depois de vários ciclos de ruminação, as partículas fibrosas longas são reduzidas a um tamanho que possam escapar ao rúmen. Entretanto, quando vacas são alimentadas com dietas contendo uma quantidade insuficiente de fibra, ou fibra com tamanho de partícula muito reduzido, pode prejudicar a produção do animal. Segundo Valadares Filho e Pina (2006), dietas com menos de 40% de forragem, reduzem a produção salivar, diminuindo o crescimento da flora microbiana.

Quando tratamos de saúde ruminal, é sabido que a presença de fibras afeta a ingestão de matéria seca, a digestibilidade, a quantidade e composição do leite e que essas respostas podem ser alteradas em função da quantidade de FDN e também do seu tamanho de partículas (ALLEN, 1997; MERTENS, 1997). Armentano e Pereira (1997) relataram que a inclusão de subprodutos fibrosos contribui para o atendimento da FDN total das dietas, porém estimulam a mastigação em proporção menor do que forragens processadas grosseiramente, diminuindo o volume de saliva produzido para tamponar o rúmen. Nesta situação, pode haver redução do pH ruminal, relação acetato: propionato, digestibilidade da matéria orgânica e diminuição do tempo de retenção da dieta. Por outro lado, Goulart *et al.*, (2020) mostraram que a torta de algodão pode substituir em 50% a inclusão de volumoso (silagem de milho) em dietas de terminação de bovinos, sem afetar o pH ruminal, consistência do *mat-rumial* e mantendo o pH ruminal médio acima de 6,2.

A redução do pH ruminal diminui a digestão da proteína, celulose, hemicelulose e pectina, tendo menor efeito sobre a digestão do amido (HOOVER; STOKES, 1991). Estudos *in vitro* indicam que a eficiência de síntese de proteína microbiana pode diminuir, quando o pH é menor que 6 (STROBEL; RUSSELL, 1986).

2.7. Efeito da FDN_{fe} no Desempenho dos Animais

O desempenho animal é uma função direta do consumo de matéria seca digestível (MERTENS, 1994), sendo que, a variação no consumo responde por 60 a 90% do desempenho, sendo apenas 10 a 40% devido às variações na digestibilidade do alimento. De forma geral, o consumo pode apresentar limitações, pelo próprio animal, pelo alimento e pelas condições de alimentação. A relação do consumo com o desempenho é facilmente explicada, pelo fato do consumo influenciar diretamente a entrada de nutrientes, principalmente, energia e proteína, necessários para o atendimento das exigências de manutenção e produção (NOLLER *et al.*, 1996).

O controle da ingestão voluntária de alimentos em ruminantes está atribuído a três mecanismos básicos: o mecanismo de controle físico, relacionado à capacidade de distensão dos compartimentos estomacais rúmen-retículo e ao teor de fibra em detergente neutro (FDN) da dieta, o mecanismo fisiológico e, por último, o mecanismo psicogênico.

O teor de FDN como regulador do consumo é diretamente relacionado ao tamanho das partículas, as quais formam o *mat-ruminal* e essa fração da digesta atua na distensão do rúmen (BALDWIN *et al.*, 1976). Neste sentido minimizar a inclusão de FDN_{fe} em dietas de confinamento aumenta o consumo de matéria orgânica e conseqüentemente o desempenho dos animais.

A baixa inclusão de FDN_{fe} pode gerar distúrbios metabólicos (ALVES *et al.*, 2003), sobretudo devido a alterações no pH ruminal (PHY; PROVENZA, 1998; SANTRA *et al.*, 2003). Assim, prejudicando a digestão da fibra e a produção microbiana, reduzindo o consumo de matéria seca e/ou ocasionando distúrbios metabólicos no animal. Mertens em 2002 em um estudo utilizando dados de oito publicações e realizando 27 comparações FDN_{fe} gerou a seguinte equação para o ganho de peso: $GMD = 1,19 + 0,0269 \cdot FDN_{fe} - 0,000883 \cdot FDN_{fe}^2$, utilizando a equação para o máximo ganho de peso a inclusão de FDN_{fe} é de 15%, sendo um valor bastante superior dos observados em grandes confinamentos. Nos EUA a média de inclusão de FDN_{fe} é de 5 a 8%, esses valores mínimos são adotados a fim de promover o máximo ganho de peso.

Pires *et al.* (2006) trabalhando com cordeiros cruzamento Îleê de France x Texel terminados em confinamento, recebendo dietas com 25, 31, 37 e 43% de FDN que o

aumento do teor de fibra na ração promoveu redução no ganho de peso, peso final e rendimento de carcaça quente e fria.

No estudo de Pitt *et al.* (1996) ficou demonstrado que a inclusão de FDN_{fe} próximo de 24,5% mantém o pH próximo de 6,46 e reduzindo a inclusão de FDN_{fe} o pH ruminal apresenta a tendência de redução.

Alhadas (2018) trabalhando a inclusão de FDN_{fe} oriundo da cana-de-açúcar observou que o máximo consumo matéria seca foi alcançado com a inclusão de 2,41% de FDN_{fe} na dieta de bovinos em confinamento. Mertens *et al.* (2002) sugeriu que a inclusão de FDN_{fe} para garantir a mínima presença de abscessos hepáticos é de 22%. As recomendações são amplas e com finalidades distintas, a mais difundida é com base no estímulo da mastigação pois apresenta segurança em nível de campo, cabe ao nutricionista dosar a inclusão de acordo com os dados observados previamente por pesquisadores.

Referências

ALHADAS, H.M. Tese de Doutorado: Efeito Dos Níveis de Inclusão de Fibra Fisicamente Efetiva Proveniente de Cana-De-Açúcar em Dietas de Grão Inteiro Sobre os Parâmetros Ingestivos, Digestivos E Ruminais. **Universidade Federal de Viçosa**. Ufv, 2018.

ALLEN, M.S. Relationship Between Fermentation Acid Production in the Rúmen and the Requirement for Physically Effective Fiber. **Journal of Dairy Science**, v. 80, p. 1447-1462, 1997.

ALVES, K.S. Níveis de Energia em Dietas Para Ovinos Santa Inês: Digestibilidade Aparente. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, p. 1962-1968, 2003.

ALVES, L.G.C.; OSÓRIO, J.C.S.; FERNANDES, A.R.M.; RICARDO, H.A.; CUNHA, A.M. **Produção de carne ovina** com Foco no Consumidor. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, p.2399, 2014.

ANUALPEC. Anuário da Pecuária Brasileira (20th Ed. Vol. 1). São Paulo, São Paulo, Brasil: Instituto Fnp, 2018.

ARMENTANO, L. AND PEREIRA, M. Measuring the Effectiveness of Fiber by Animal Response Trials. **Journal of Dairy Science**, v.80, p.1416-1425, 1997.

BAILEY, C. B.; BALCH, C. C. Saliva secretion and its relation to feeding in cattle: 2.* The composition and rate of secretion of mixed saliva in the cow during rest. **British Journal of Nutrition**, v.15(3), p. 383-402, 1961.

BALDWIN, R. I.; KOONG, L. J.; ULYATT, M. J. E SMITH, N. Toward A Synthesis. In from Plant to Animal Protein, **Rural Science** vol. n (Ed. T.M. Sutherland, J. R. McWilliam and R. A. Leng), p. 175-181, 1976.

BANSKALIEVA, V. Effect of age, physiological state and nutrition on fatty acid composition in depot fat and ruminal volatile fatty acids in sheep. **Small Ruminant Research**, v. 24, p. 37-42, 1997.

BAUMAN, D.E.; MATHER, I.H.; WALL, R.J.; AND LOCK, A.L. Major Advances Associated with the Biosynthesis of Milk. **Journal of Dairy Science**. v. 89, p. 1235-1243, 2006.

BEAUCHEMIN, K. A.; AND YANG, W. Z. Effects of physically effective fiber on intake, chewing activity, and ruminal acidosis for dairy cows fed diets based on corn silage. **Journal of Dairy Science**, v. 88, p. 2117-2129, 2005.

BEAUCHEMIN, K.A. Effects of Dietary Neutral Detergent Fiber Concentration and Alfafa Hay Quality on Chewing Activities, Rumen Function, and Milk Production of Dairy Cows. **Journal of dairy science**, v. 74, p. 3140-3151, 1991.

BEAUCHEMIN, K.A.; YANG, W.Z.; RODE, L.M. Effects of Particle Size of Alfalfa Based Dairy Cows' Diets on Chewing Activity, Ruminal Function and Milk Production of Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**, v. 86, p. 630, 2003.

BELTRAME, J.M.; UENO, R, K. Dietas com 100% de Concentrado com Grão de Milho Inteiro Para Terminação de Bovinos de Corte em Confinamento. **Tese de Mestrado, Universidade Tuiuti do Paraná, Guarapuava-Pr**, p. 41, 2011.

BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição De Ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2006.

BOLZAN, I.T.; SANCHEZ, L.M.B.; CARVALHO, P.Q.; VELHO, J.P.; LIMA, L.D.; MORAIS, J.; CADORIN, JR. R.L. Consumo E Digestibilidade Aparente em Ovinos Alimentados com Dietas Contendo Grão de Milho Moído, inteiro Ou Tratado com Ureia, com Três Níveis de Concentrado. **Ciência Rural**, v. 37, p. 229-234, 2007.

CASSIDA, K. A.; AND. M. R. AND STOKES. Eating and Resting Salivation in Early Lactation Dairy Cows. **Jornal of Dairy Science**, v. 69, p.1282, 1986.

D'ALESSANDRO, A.G.; MAIORANO, G.; CASAMASSIMA, D.; MARTEMUCCI, G.E. Fatty Acid Composition and Vitamin E of Meat as Influenced by Age and Season of Slaughter in Mediterranean Light Lamb. **Small Ruminant Research**, v. 170, p. 97-101, 2019.

DÍAZ, M. T.; ÁLVAREZ, I.; DE LA FUENTE, J.; SAÑUDO, C.; CAMPO, M. M.; OLIVER, M. A.; AND CAÑEQUE, V. Fatty acid composition of meat from typical lamb production systems of Spain, United Kingdom, Germany and Uruguay. **Meat Science**, v. 71(2), p. 256-263, 2005.

EMBRAPA. Boletim do Centro de Inteligência e Mercado de Caprinos e Ovinos [recurso eletrônico - n. 9. Sobral, CE: **Embrapa Caprinos e Ovinos**, 2019.

ERDMAN, R. A. Dietary buffering requirements of the lactating dairy cow: A review. **Journal of Dairy Science**, v. 71(12), p. 3246-3266, 1988.

FERREIRA, E.M.; PIRES, A. V.; SUSIN, I.; GENTIL, R. S.; GILAVERT, S.; PARENTE, M. O. M.; BIEHL, M. V.; RIBEIRO, C. V. M. Lamb Performance, Milk Production and Composition from Ewes Supplemented with Soybean of Partially Replaced by Fish Oil Blend. **Livestock Science**, v. 163, p. 51-61, 2014.

FOX, D. G., TEDESCHI, L. O., TYLUTKI, T. P., RUSSELL, J. B., VAN AMBURGH, M. E., CHASE, L. E., PELL, A.N. AND OVERTON, T. R. The Cornell net carbohydrate and protein system model for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. **Animal Feed Science and Technology**, v. 112, p. 29-78, 2004.

GALLO, S.B.; MERLIN, F. DE A.; MACEDO, C.M. DE.; SILVEIRA, R.D. DE O. Whole Grain Diet for Feedlot Lambs. **Small Ruminant Research**, v.120, p. 185-188, 2014.

GASTALDELLO JR.; A.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; MENDES, C.Q.; QUEIROZ, M.A.A; AMARAL, R.C.; GENTIL, R.S.; FERREIRA, E.M.; MOURÃO, G.B.; EASTRIDGE, M.L. Limestone with Different Particle Size and Sodium Bicarbonate to Feedlot Lambs Fed High Grain Diets with Or Without Monensin. **Small Ruminant Research**, v. 114, p. 80-85, 2013.

GILLINGHAM, L.G.; SYDNEY H.J.; JONES, S. JONES, P.J. Dietary Monounsaturated Fatty Acids Are Protective Against Metabolic Syndrome and Cardiovascular Disease Risk Factors. **Lipids**, v. 46, p. 209-228, 2011.

GOULART, R. S.; SANTOS, V. P.; MURARO, G. B.; DANIEL, J. L. P.; AMARAL, R. C.; TOLEDO FILHO, S. G.; E PIRES, A. V. Exchanging tropical fiber sources on intake and ingestive behavior of feedlot rations in beef cattle. In **Journal of Dairy Science**, v. 93, p. 155-155, 2010.

HARFOOT, C. G. Anatomy, Physiology and Microbiology of the Ruminant Digestive Tract. In: Lipid Metabolism in Ruminant **Animals**, Pergamon. p. 1-19, 1981.

HEINRICHS, J.; AND KONONOFF, P. The Penn state particle separator. **Penn State Extension**, University Park, PA. DSE, v. 186, p. 1-8, 2013.

HOMEM JUNIOR, R. A. C.; NOCERA, B. F.; FALEIROS, L. F.; ALMEIDA, M. T. C.; PASCHOALOTO, J. R.; PEREZ, H. L.; D'ÁURIA, A.P. E EZEQUIEL, J. M. B. Substituição parcial de milho por cascas de soja em dietas de alta percentagem de grãos para ovinos confinados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, p. 29, 2019.

HOOVER, W. H. AND STOKES, S. R. Balancing Carbohydrates and Proteins for Optimum Rumen Microbial Yield. **Journal of Dairy Science**, v. 74, p. 3630-3644, 1991.

JORIS, J.L.; VILPOUX, O.F. Transações entre produtores e frigoríficos no setor de ovinos no estado de Mato Grosso do Sul: uma abordagem pela economia dos custos de transação. **Revista Organizações Rurais e Agroindustriais**, Lavras, v.15, p. 220-234, 2013.

KENNEDY, A.; MARTINEZ, K.; CHUANG, C. C.; LAPOINT, K.; AND MCINTOSH, M. Saturated fatty acid-mediated inflammation and insulin resistance in adipose tissue: mechanisms of action and implications. **The Journal of nutrition**, v. 139, p. 1-4, 2009.

KONONOFF, P.J.; HEINRICHS, A.J. The Effect of Reducing Alfafa Haylage Particle Size on Cows in Early Lactation. **Journal of Dairy Science**, v. 86, p.1445, 2003.

KRAJCARSKI-HUNT, H.; PLAIZIER, J.C.; WALTON, J.-P.; SPRATT, R.; MCBRIDE, B.W. Effect of Subacute Ruminal Acidosis on In Situ Fiber Digestion in Lactating Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**, v.85, p.570-573, 2002.

KRAUSE, K.M.; OETZEL, G.R. Understanding and Preventing Subacute Ruminal Acidosis in Dairy Herds: A Review. **Animal Feed Science and Technology**, v. 126, p. 215-236, 2006.

LAMMERS, B. P.; BUCKMASTER, D. R.; AND HEINRICHS, A. J. A simple method for the analysis of particle sizes of forage and total mixed rations. **Journal of Dairy Science**, v. 79, p. 922-928, 1996.

LANE, M.A. AND JESSE, B.W. Effect of Volatile Fatty Acid Infusion in Development of the Rúmen Epithelium in Neonatal Sheep. **Journal of Dairy Science**, v.80, p.740-746, 1997.

MACEDO JÚNIOR, G.L.; ZANINE, A.M.; BORGES, I.; PÉREZ, J.R.O. Qualidade da fibra para a dieta de ruminantes. **Ciência Animal**, v.17, p.7-17, 2007.

MERTENS, D. R. Regulation of Forage Intake. **Forage Quality Evaluation**, and Utilization, p. 450-493, 1994.

MERTENS, D. R. Physical Effective NDF and Its Use in Formulating Dairy Rations. **2 Symposium International end Bovines of Milk**, 2001.

MERTENS, D. R. Gravimetric Determination of Amylase-Treated Neutral Detergent Fiber in Feeds with Refluxing in Beakers or Crucibles: Collaborative Study. **Journal of AOAC International**, v. 85, p. 1217-1240, 2002.

MERTENS, D.R. Effect of Physical Characteristics, Forage Particle Size and Density on Forage Utilization. In **Proceedings from the Afia Nutrition Symposium**, p. 91-106, 1986.

MERTENS, D.R. Creating A System for Meeting the Fiber Requirements of Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**, v.80, p.1463-1481, 1997.

MERTENS, D.R. AND ELY, L. O. A Dynamic Model of Fiber Digestion and Passage in the Ruminant for Evaluating **Forage Quality**. **Journal of Animal Science**, v. 49, p. 1085-1095, 1979.

MINERVINO, A.H.H.; KAMINISHIKAWAHARA, C.M.; SOARES, F.B.; ARAÚJO, C.A.S.C.; REIS, L.F.; RODRIGUES, F.A.M.L.; VECHIATO, T.A.F.; FERREIRA, R.N.F.; BARRÊTO-JÚNIOR, R.A.; MORI, C.S.; ORTOLANI, E.L. Behaviour of Confined Sheep Fed with Different Concentrate Sources. **Arquivo Brasileiro De Medicina Veterinária E Zootecnia**, v.66, p.1163-1170, 2014.

MOREIRA, P. C.; MENDONÇA, A. C.; MARTINS, A. F.; WASCHECK, R. C.; SOUZA, P. R.; DUTRA, A. R.; GRANDSIRE, C.; REZENDE, P. L. P.; CARDOSO, J. R.; BENETTI, E. J.; SILVA, M. S. B. Avaliação do pH do Fluido Ruminal de Vacas Leiteiras. **Estudos**, Goiânia, v.36, p. 1201-1218, 2009.

MOTTA, J.F.; FERREIRA, O.G.L; VAZ, R.Z.; COSTA, O.A.D; ALONZO, A.G.; GONÇALVES, M.; LOPES, A.G. AND PEDRA, W.U. Desempenho Produtivo E Qualidade da Carcaça de Cordeiros Avaliados em Dois Sistemas Alimentares. **B. Indústr. Anim.**; Nova Odessa, v. odessa, v.73, p.15-23, 2016.

NASEM. National Academies of Sciences Engineering and Medicine. **Nutrient Requirements of Beef Cattle**. National Academies Press. 2016.

NOLLER, C. H.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; QUEIROZ, D. S. Exigências Nutricionais em Pastejo. In: **Simpósio Sobre Manejo de Pastagens**, 13. Piracicaba. Anais... Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários "Luiz de Queiroz", p. 151-184, 1996.

NRC. **Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids**. Washington: National Academic Press. New York: Pergamon Press Inc. p.1-19, 2007.

OKINE, E. K.; KHORASANI, G. R.; KENNELLY, J. J. Effects of Source of Forage and Level of Concentrate on Chewing Activity and Milk Production Response in Late Lactation Cows. Canadian **Journal of Animal Science**, v. 77, p. 253-258, 1997.

OLIVEIRA, L.S.; MAZON, M.R.; CARVALHO, R.F.; PESCE, D.M.C.; SILVA, S.L; GALLO, S.B.; LEME, P.R. Effects of Processing Corn on the Carcass Traits and Meat Quality of Feedlot Lambs. **Trop Anim Health Prod.**; v.47, p. 883-887, 2015b.

OLIVEIRA, L.S.; MAZON, M.R.; CARVALHO, R.F.; PESCE, D.M.C.; SILVA, S.L.S.; NOGUEIRA FILHO, J.C.M.; GALLO, S.B.; LEME, P.R. Processamento do Milho Sobre O Desempenho E Saúde Ruminal de Cordeiros. **Ciência Rural**, v.45, p. 1292-1298, 2015a.

OLIVEIRA, N.M.; OSÓRIO, J.C.S.; MONTEIRO, E.M. Produção de carne em ovinos de cinco genótipos. Composição regional e tecidual. **Ciência Rural**, v.28, p.125-129, 1998.

OWENS, F. N.; GOETSCH, A. L. Ruminal Fermentation. In: Church, D.C. **the Ruminant animal Digestive Physiology and Nutrition**. Englewood. 1988.

PHY, T.S. AND PROVENZA, F.D. Sheep Fed Grain Prefer Foods and Solutions That Attenuate Acidosis. **Journal of Animal Science**, v.76, p.954-960, 1998.

PIRES, C. C.; GALVANI, D. B.; CARVALHO, S.; CARDOSO, A. R. E GASPERIN, B. G. Características da Carcaça de Cordeiros Alimentados com Dietas Contendo Diferentes Níveis de Fibra em Detergente Neutro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, p. 2058-2065, 2006.

PIRES, C.C.; SILVA, L.F.; FARINATTI, L.H.E.; PEIXOTO, L.A.O.; FÜLBER, M.E.; CUNHA, M.A. Crescimento de cordeiros abatidos com diferentes pesos. Constituintes corporais. **Ciência Rural**, v.30, p.869- 873, 2000.

PITT, R. E.; VAN KESSEL, J. S.; FOX, D. G.; PELL, A. N.; BARRY, M. C.; ANDEAN SOEST, P. J. Prediction of Ruminal Volatile Fatty Acids and Ph Within the Net Carbohydrate and Protein System. **Journal of Animal Science**, v. 74, p. 226-244, 1996.

POLI, C.H.E.C.; MONTEIRO, A.L.G.; BARROS, C.S.; MORAES, C.S.; MORAES, A.M.; FERNANDES, M.A.M.; PIAZZETA, H.V.L. Produção de Ovinos de Corte em Quatro Sistemas de Produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.666-673, 2008.

POPPI, D.P.; HENDRICKSEN, R.E.; MINSON, D.J. The Relative Resistance to Escape of Leaf and Stem Particles from the Rúmen of Cattle and Sheep. **Journal of Agriculture Science**; v. 105, p. 9, 1985.

POPPI, D.P.; MINSON, D.J.; Ternouth. Studies of Cattle and Sheep Eating Leaf Stem Fractions of Grasses. I. the Voluntary Intake, Digestibility and Retention Time in the Reticule-Rúmen. Austr. **Jornal of Agricultural Resources**; v. 32, p. 99, 1980.

RHEE, K. S. Fatty acids in meats and meat products. **Fatty acids in foods and their health implications**; v. 2, p. 83-108, 2000.

SAATCHI M. GARRICK, D.J. TAIT, R.G. MAYES, M.S. DREWNOSKI, M. SCHOONMAKER, J. DIAZ, C. BEITZ, D.C. REECY, J.M. Genome-Wide Association and Prediction of Direct Genomic Breeding Values for Composition of Fatty Acids in Angus Beef Cattle Bmc. **Genomics**, v. 14, p. 730, 2013.

SABBIONI, A.; BERETTI, V.; ZAMBINI, E. M.; AND SUPERCHI, P. Carcass and meat parameters in Cornigliese sheep breed as affected by sex and age-class. Italian **Journal of Animal Science**, v. 15, p. 2-9, 2016.

SANTRA, A.; CHATURVEDI, O. H.; TRIPATHI, M. K.; KUMAR, R.; AND KARIM, S. A. Effect of dietary sodium bicarbonate supplementation on fermentation characteristics and ciliate protozoal population in rumen of lambs. **Small Ruminant Research**, v. 47, p. 203-212, 2003.

SAUVANT, D.; DULPHY, J. P.; AND MICHALET-DOREAU, B. The concept of fibrosity index of ruminant feeds. **Productions Animales**, v. 3, p. 309-318, 1990.

SILVA SOBRINHO, A. G.; SAÑUDO, C.; OSÓRIO, J. C. S.; ARRIBAS, M. M. C.; OSÓRIO, M. T. M. **Produção de carne ovina**. Jaboticabal: FUNEP, p. 228, 2008.

SILVA, M. G. B.; FACHIORLI, D. F.; COSTA, C.; DE LIMA MEIRELLES, P. R.; FACTORI, M. A.; DA SILVA BARROS, J.; E GARCIA, C. A. the Effect of Combinations of Dried or Ensiled Corn and Sorghum on the Performance of Feedlot Lambs. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 40, p. 1543-1554, 2019.

SORIO, A. A carne ovina e o abate clandestino: A informalidade tem jeito. **Revista Cabra e Ovelha**, n.78, 2013.

STEELE, M. A. Ruminal Acidosis and the Rapid Onset of Ruminal Parakeratosis in A Mature Dairy Cow: A Case Report. **Acta Veterinaria Scandinavica**, v. 59, p. 1-6, 2009.

STEVEN, H. Whole-Grain Diets for Finishing Lambs. **College of Agriculture and Life Sciences, Virginia Polytechnic Institute and State University**. Publication p. 410-024, 2009.

STROBEL, H. J. AND RUSSELL, J.B. Effect of Ph and Energy Spilling on Bacterial Protein Syntheses by Carbohydrate Limited Cultures of Mixed Rúmen Bacteria. **Journal of Dairy Science**; v. 69, p. 2947-2959, 1986.

SUDWEEKS, E. M.; ELY, L. O.; MERTENS, D. R.; AND SISK, L. R. Assessing minimum amounts and form of roughages in ruminant diets: roughage value index system. **Journal of Animal Science**, v. 53, p. 1406-1411, 1981.

SWAIN, S.M.; ARMENTANO L.E. Quantitative Evaluation of Fiber from Non-Forage Sources Used to Replace Alfalfa Silage. **Journal of Dairy Science**, v. 77, p. 2318, 1994.

TAF AJ, M.; JUNCK, B.; MAULBETSCH, A.; STEINGASS, H.; PIEPHO, H.-P.; AND DROCHNER, W. Digesta Characteristics of Dorsal, Middle and Ventral Rúmen of Cows Fed with Different Hay Qualities and Concentrates Levels. **Archives of Animal Nutrition**, v. 58, p. 325-342, 2004.

VALADARES FILHO, S. C. E PINA, D. S. Fermentação Ruminal. In: **Nutrição De Ruminantes**. Jaboticabal: Funep, p. 583, 2006.

VAN BAALE, M. J.; SARGEANT, J. M.; GNAD, D. P.; DEBEY, B. M.; LECHTENBERG, K. F.; AND NAGARAJA, T. G. Effect of forage or grain diets with or without monensin on ruminal persistence and fecal Escherichia coli O157: H7 in cattle. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 70, p. 5336-5342, 2004.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. 1. Ed. Corvalis: O. E B. Books, 1982.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional Ecology of the Ruminant** (2nd Ed.), Cornell Univ. Press, Itacha, Ny, Usa, p. 476, 1994.

WANG, Y.H.; XU, M.; WANG, F.N.; YU, Z.P.; YAO, J.H.; ZAN, L.S.; YANG, F.X. Effect of Dietary Starch on Rumen and Small Intestine Morphology and Digesta Ph In Goats. **Livestock Science**, v. 122, p. 48-52, 2009.

YANG, W. Z.; AND BEAUCHEMIN, K. A. Effects of physically effective fiber on digestion and milk production by dairy cows fed diets based on corn silage. **Journal of Dairy Science**, v. 88, p. 1090-1098, 2005.

YANG, W.Z.; BEAUCHEMIN, K.A.; RODE, L.M. Effects of Grain Processing, Forage to Concentrate Ratio, and Forage Particle Size on Rumen Ph and Digestion by Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**, v. 84, p. 2203-2216, 2001

YANSARI AT, VALIZADEH R, NASERIAN A, CHRISTENSEN DA, YU P, SHAHROODI FE. **Journal Dairy Science**, v. 87, p. 3912–3924, 2004.

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.; BORGES, C.A.A. Desempenho, Características de Caraça E Avaliação Econômica da Substituição do Milho Grão Inteiro Por Casca de Soja Peletizada Na Alimentação de Cordeiros em Confinamento. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 2, p. 1111-1122, 2015.

ZEBELI, Q.; ASCHENBACH, J. R.; TAJAJ, M.; BOGHUN, J.; AMETAJ, B. N.; AND DROCHNER, W. Invited Review: Role of Physically Effective Fiber and Estimation of Dietary Fiber Adequacy in High-Producing Dairy Cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 95 p. 1041–1056, 2012.

3. EXIGÊNCIA DE FDN FISICAMENTE EFETIVA DE FORRAGEM (FDN_{fef}) PARA CORDEIROS CONFINADOS COM DIETAS À BASE DE MILHO INTEIRO: DIGESTIBILIDADE APARENTE DOS NUTRIENTES, BALANÇO DE NITROGÊNIO E FERMENTAÇÃO RUMINAL

Resumo

O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da inclusão de teores crescentes de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem (FDN_{fef}) em dietas à base de grãos de milho inteiros sobre o consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes, o balanço de nitrogênio e a fermentação ruminal. Foram utilizados 30 borregos mestiços (Dorper x Santa Inês), castrados, com peso médio inicial de $30,14 \pm 3,01$ kg e aproximadamente 3 meses de idade, cânulados no rúmen. O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados (5 tratamentos e 6 blocos), definidos de acordo com o peso e idade dos animais no início do experimento. As dietas experimentais foram as que seguem: CONT (controle positivo) – dieta à base de grãos de milho moídos contendo 7,2% de FDN_{fef} ; 0% FDN_{fef} – dieta à base de grãos de milho inteiros sem forragem; 3,6 FDN_{fef} – dieta à base de grãos de milho inteiros contendo 3,6% de FDN_{fef} ; 7,2 FDN_{fef} – dieta à base de grãos de milho inteiros contendo 7,2% de FDN_{fef} ; 10,8 FDN_{fef} – dieta à base de grãos de milho inteiros contendo 10,8% de FDN_{fef} . Não houve efeito dos tratamentos sobre o consumo de CMS. O aumento no teor de FDN_{fef} reduziu a digestibilidade da MS, MO ($P=0,04$) e NDT ($P=0,0006$). As dietas à base de grãos de milho inteiros associado à FDN_{fef} apresentaram maior digestibilidade da MS e MO ($P < 0,001$) em relação a dieta CONT. Por sua vez, a dieta 0% FDN_{fef} apresentou maior digestibilidade de MS ($P < 0,001$), MO ($P < 0,0001$), PB ($P = 0,01$), NDT ($P < 0,001$) e EM ($P < 0,001$) em relação a dieta CONT. Houve efeito quadrático ($P = 0,04$) dos teores de FDN_{fef} na concentração total dos AGCC, cuja menor concentração foi observada para dieta 3,6 FDN_{fef} . Houve interação dietas x horas ($P < 0,001$) para o pH ruminal, sendo que nas horas 9 ($P = 0,04$) e 12 ($P = 0,003$) após a alimentação os cordeiros que receberam a dieta CONT apresentaram pH ruminal inferior aos alimentados com a dieta 0% FDN_{fef} . Além disso, nas horas 9 ($P = 0,0064$), 12 ($P < 0,0001$) e 16 ($P = 0,014$) os cordeiros da dieta CONT também apresentaram pH ruminal inferior aos alimentados com as dietas à base de grãos de milho inteiros associados a FDN_{fef} . Na hora 24, observou-se aumento linear ($P = 0,02$) no pH ruminal em resposta ao aumento nos teores de FDN_{fef} . A concentração ruminal de propionato foi inferior ($P = 0,04$) para os animais que receberam a dieta CONT quando comparados aos que receberam a dieta 0% FDN_{fef} . Nas dietas com milho inteiro não é recomendada adição de FDN_{fef} , tendo em vista que não foi observado benefício sobre a digestibilidade dos nutrientes, a fermentação ruminal e o balanço de nitrogênio. A dieta com milho inteiro sem forragem mostrou-se muito adequada para uso na terminação de cordeiros, principalmente por ter potencializado a digestibilidade da MS e MO, sem indícios clínicos de acidose ruminal.

Palavras-chave: Ovinos, Confinamento, Rúmen, Dieta sem forragem.

Abstract

The present study aimed to evaluate increasing levels of physically effective neutral detergent fiber of forage (pefNDF) in a whole corn grain-based diet on DMI, apparent digestibility of nutrients, nitrogen balance, and ruminal fermentation. Thirty ruminally cannulated Dorper $\times$ Santa Inês ram lambs, castrated, with 30.14 ± 3.01 kg of initial BW and approximately 3 mo old were used. The experimental design was in a randomized complete block (5 treatments and 6 blocks), defined by BW and age at the beginning of the experiment. The experimental diets were: CONT (positive control) – ground corn-based diet with 7,2% of pefNDF ; 0_{pefNDF} – whole corn grain-based diet without forage; $3,6_{\text{pefNDF}}$ – whole corn grain-based diet with 3,6% of pefNDF ; $7,2_{\text{pefNDF}}$ – whole corn grain-based diet with 7,2% of pefNDF ; $10,8_{\text{pefNDF}}$ – whole corn grain-based diet with 10,8% of pefNDF (DM basis). There was no effect of treatments on DMI. The increasing levels of pefNDF decreased the digestibility of DM, OM ($P = 0.03$) and TDN ($P < 0.001$). Whole corn grain-based diets associated or not with pefNDF showed higher digestibility of DM and OM ($P < 0.01$) than CONT. In turn, 0_{pefNDF} showed higher digestibility of TDN ($P < 0.01$) and ME ($P < 0.01$) than CONT. The propionate concentration of lambs fed CONT was lower than 0_{pefNDF} ($P = 0.04$), while the isobutyrate concentration was higher ($P = 0.01$) for lambs on the CONT compared to lambs that received the other diets. Total SCFA concentration showed a quadratic ($P = 0.05$) response, with the lowest value observed for the $3,6_{\text{pefNDF}}$. There were diets $\times$ hour's interaction for ruminal pH, so it was observed that at hours 9 ($P = 0.04$) and 12 ($P < 0.01$) after feeding the lambs fed with the CONT had a lower ruminal pH than those fed 0_{pefNDF} . Additionally, at hours 9 ($P < 0.01$), 12 ($P < 0.0001$) and 16 ($P = 0.01$) the lambs on the CONT also had lower ruminal pH compared to lambs fed diets with whole corn associated with pefNDF . At hour 24, a linear ($P = 0.02$) increase in ruminal pH was observed in response to increasing levels of pefNDF . In diets with whole corn, the addition of pefNDF is not recommended, considering that no benefits were observed on the digestibility of nutrient, ruminal fermentation and nitrogen balance. The diet with whole corn without forage proved to be very suitable for finishing lambs, mainly because it enhanced DM and OM digestibility, without clinical evidence of ruminal acidosis.

Key words: Sheep, Feedlot, NDF, Rumen, diet without forage.

3.1. Introdução

Em dietas à base de grãos inteiros, a atividade mastigatória é fundamental para o melhor aproveitamento do alimento pelo animal, tendo em vista que os grãos integrais que não forem fisicamente danificados terão sua digestão comprometida (OWENS *et al.*, 1997). Contudo, é conhecido também que o uso de dietas com elevado teor de grãos requer o devido cuidado, pois podem causar reduções drásticas e prolongadas no pH ruminal, podendo levar a um quadro de acidose ruminal subaguda, o que é caracterizado quando o pH ruminal permanece abaixo de 5,5 por longo período (NAGARAJA; LECHTENBERG, 2007). Dessa forma, o pH ruminal é

correlacionado com a fibra fisicamente efetiva (FDN_{fe}), uma vez que a FDN_{fe} está associada ao estímulo mastigatório e consequente produção de tampões salivares, que atuam na manutenção adequada do pH e favorece a microbiota ruminal (ALLEN, 1997; ZEBELI *et al.*, 2012). Além disso, a FDN_{fe} é capaz de formar no rúmen um tapete fibroso, o *mat-ruminal*, que atua nos estímulos de contração, facilitando a mistura da digesta e absorção dos ácidos graxos produzidos durante a fermentação ruminal (TAF AJ *et al.*, 2004; ZEBELI *et al.*, 2018).

Desta forma, é recorrente o questionamento quanto à necessidade ou não de inclusão de fontes de FDN_{fe} em dietas à base de milho inteiro. Além disso, muitos nutricionistas utilizam as exigências nutricionais de FDN_{fe} de bovinos para formulação de dietas para cordeiros. Entretanto, a exigência de fibra de bovinos pode não ser a mesma dos ovinos, tendo em vista que os ovinos possuem menor tamanho corporal e capacidade ingestiva, fazendo com que, geralmente, dedique mais tempo em atividade de mastigação em relação aos bovinos (DEBOEVER *et al.*, 1990).

Por outro lado, a comparação de uma dieta contendo 85% de milho inteiro e 15% de núcleo proteico na forma peletizada com dietas contendo 15 ou 30% de casca de soja em substituição ao milho, resultou em aumento no consumo de MS e no GMD de cordeiros (ZARPELON *et al.*, 2015). Este fato permite hipotetizar que os teores demasiadamente baixos de FDN das dietas à base de grãos inteiros podem limitar o desempenho de cordeiros confinados, o que poderia estar relacionado com a incapacidade do milho inteiro manter o pH ruminal estável em dietas sem forragem. Consistente com esta ideia, a inclusão de 5% de feno em dietas à base grãos de milho inteiros aumentou o GMD de cordeiros, devido a melhoria do ambiente ruminal e maior retenção da dieta no rumen (OLIVEIRA *et al.*, 2015a), contrapondo-se a estes achados, é recorrente entre os nutricionistas a ideia de que a adição de forragem em dietas a base de grãos de milho inteiros diminui a digestibilidade do amido (PAULA, 2014) e compromete o GMD e a eficiência alimentar dos animais.

Frente ao apresentado, o objetivo deste trabalho foi definir o teor ideal de fibra fisicamente efetiva de forragem (FDN_{fef}) em dietas à base de grãos de milho inteiros para terminação de cordeiros, para isso foi avaliado o consumo e a digestibilidade dos nutrientes, características de fermentação ruminal e o balanço de nitrogênio de cordeiros alimentados com dietas à base de grãos de milho inteiros contendo teores crescentes de FDN_{fef} .

3.2. Material e Métodos

3.2.1. Animais e instalações experimentais

O experimento foi realizado nas instalações para estudos de metabolismo do Sistema Intensivo de Produção de Ovinos e Caprinos (SIPOC) do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, localizada em Piracicaba – SP (22° 42' 24" S e 47° 37' 53" O), Brasil. O experimento foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA/ESALQ), protocolo nº 7909050620.

Foram utilizados trinta cordeiros mestiços (Dorper x Santa Inês) castrados, com peso médio inicial de $30,14 \pm 3,01$ kg e aproximadamente 3 meses de idade. Um mês antes do início do experimento os animais foram preparados cirurgicamente para colocação de cânula ruminal. Após a cicatrização, os animais foram alojados individualmente em gaiolas para ensaios de metabolismo com dimensões de 1,30 x 0,55 m, providas de cocho, bebedouro e sistema para colheita de fezes e urina. As gaiolas foram mantidas em ambiente coberto, ao abrigo da chuva e luz solar direta. Todos os animais foram vermifugados com 1,0% moxidectin (Cydectin, Fort Dodge Saúde Animal, Campinas, São Paulo, Brasil) na dosagem de 1 mL/50 kg de peso corporal e receberam aplicação de suplemento vitamínico ADE antes do início do experimento.

3.2.2. Delineamento experimental e tratamentos

Utilizou-se o delineamento experimental de blocos completos casualizados com 5 tratamentos e 6 blocos. Os blocos foram definidos de acordo com o peso e idade dos animais no início do experimento. O período experimental teve duração de 31 dias, sendo 25 dias de adaptação às dietas, cinco dias para mensuração do CMS, colheita de fezes e urina e um dia para colheita de fluído ruminal. O protocolo de adaptação foi como segue:

- 1º ao 2º dia: oferta de ração total equivalente a 2,0% do peso corporal (PC);
- 3º ao 4º dia: oferta de ração total equivalente a 2,4% do PC;
- 5º ao 6º dia: oferta de ração total equivalente a 2,8% do PC;
- 6º ao 8º dia: oferta de ração total equivalente a 3,2% do PC;

- 9º ao 10º dia: oferta de ração total equivalente a 3,6% do PC;
A partir do 11º dia: oferta de ração total para garantir consumo *ad libitum*.

As dietas experimentais foram as que seguem: CONT (controle positivo) – dieta à base de grãos de milho moídos contendo 7,2% de FDN_{fef} ; 0% de FDN_{fef} – dieta à base de grãos de milho inteiros sem forragem; 3,6 FDN_{fef} – dieta à base de grãos de milho inteiros contendo 3,6% de FDN_{fef} ; 7,2 FDN_{fef} – dieta à base de grãos de milho inteiros contendo 7,2% de FDN_{fef} ; 10,8 FDN_{fef} – dieta à base de grãos de milho inteiros contendo 10,8% de FDN_{fef} (% da MS). A fonte de forragem utilizada foi o feno de *coastcross*. As dietas experimentais foram formuladas para serem isonitrogenadas, utilizando-se o “*Small Ruminant Nutrition System*” (SRNS) versão 1.9.6290.40564 (CANNAS *et al.*, 2004), as quais estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Proporção dos ingredientes, caracterização física e composição química das dietas experimentais (% MS).

Ingredientes (% MS)	% FDN _{fer} ¹				
	CONT	0	3,6	7,2	10,8
Feno de “coastcross”	10	0	5	10	15
“Pellet” proteico ²	—	30	30	30	30
Grão de milho inteiro	—	70	65	60	55
Grão de milho moído	73	—	—	—	—
Farelo de soja	13	—	—	—	—
Ureia	0,50	—	—	—	—
Cloreto amônia	0,50	—	—	—	—
Calcário	1,50	—	—	—	—
Mistura mineral ³	1,50	—	—	—	—
Composição química (% MS) ⁴					
MS	89,90	88,20	88,50	88,90	89,20
MO	93,90	95,10	94,70	94,40	94,00
MM	6,10	4,90	5,30	5,60	6,00
PB	16,10	15,60	15,50	15,50	15,40
EE	3,80	2,90	2,80	2,80	2,70
FDN	20,00	10,16	13,08	16,00	18,92
FDN _{fer>1,18 mm}	10,29	10,16	12,72	15,80	18,78
FDN _{fer>4,00 mm}	2,48	10,16	12,14	15,29	18,36
FDN _{fef>1,18 mm}	7,23	0,00	3,60	7,20	10,80
FDN _{fef>4,00 mm}	6,10	0,00	3,05	6,10	9,15
FDA	7,19	3,76	5,31	6,86	8,41
CNF	54,00	65,00	61,70	58,40	55,10
Amido	55,40	42,60	40,40	38,20	36,10

Tabela 2. Proporção dos ingredientes, caracterização física e composição química das dietas experimentais (% MS).

Ingredientes (% MS)	% FDN _{ief} ¹					(conclusão)
	CONT	0	3,6	7,2	10,8	
<i>"Penn State Particle Separator" – Retido (%)</i>						
19 mm	0,00	0,50	0,50	0,25	0,99	
8 mm	6,71	58,21	52,36	44,31	47,89	
4,00 mm	5,71	41,29	44,16	48,27	46,66	
1,18 mm	39,05	0,00	2,23	4,45	3,22	
>1,18 mm	48,53	0,00	0,74	2,72	1,24	
TMP a 1,18 mm	1,93	7,50	6,91	6,56	6,07	
TMP a 4,00 mm	2,40	8,98	8,32	7,98	7,46	

¹CONT – dieta à base de grãos de milho moídos contendo 7,2% de FDN_{ief} e dietas à base de grãos de milho inteiros contendo 0 (0FDN_{ief}); 3,6 (3,6FDN_{ief}); 7,2 (7,2FDN_{ief}) e 10,8 (10,8FDN_{ief}) de FDN_{ief} (% da MS).

²Proporção dos ingredientes do "pellet" proteico: 43,3% grãos de milho moídos; 43,3% farelo de soja; 1,7% ureia; 1,7%, cloreto de amônia; 5,0% calcário; 5,0% mistura mineral; 16 mg/kg de monensina sódica (Elanco do Brasil, São Paulo, Brasil). Composição química (% MS): 89% MS; 31,5% PB; 10,4% FDN; 1,42% FDN_{ief}; 48,2% CNF; 2,3% EE; 15% MM; 2,6% EM (Mcal/kg MS).

³ Composição: 7,5% P; 13,4% Ca; 1,0% Mg; 7% S; 14,5% Na; 500 ppm Fe; 300 ppm Cu; 4600 ppm Zn; 15 ppm Se.

⁴MS: matéria seca; MO: Matéria Orgânica; PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; FDN_{ief}>1,18 mm: fibra em detergente neutro fisicamente efetiva retida em peneiras superiores a 1,18 mm; FDN_{ief}>4,00 mm: fibra em detergente neutro fisicamente efetiva retida em peneiras superiores a 4,00 mm; FDN_{ief}>1,18 mm: fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem retida em peneiras superiores a 1,18 mm; FDN_{ief}>4,00 mm: fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem retida em peneiras superiores a 4,00 mm; CNF: carboidratos não fibrosos; EE: extrato etéreo; MM: matéria mineral, EM: energia metabolizável (NRC (1984): EM (Mcal/ kg dia): NDT(kg) * 4,4 * 0,82); TMP a 1,18 mm: tamanho médio de partículas retidas em peneiras superiores a 1,18 mm; TMP a 4,00 mm: tamanho médio de partículas retidas em peneiras superiores a 4,00 mm.

O feno de *costcross* foi moído utilizando-se um moedor (Nogueira® DPM – 4, Itapira, Brasil) equipado com peneira de crivos de 20 mm (Tabela 2). Para a dieta CONT o feno foi misturado ao milho moído, farelo de soja, ureia, calcário, mistura mineral, cloreto amônia e monensina sódica (Elanco do Brasil, São Paulo, Brasil) utilizando-se um misturador horizontal com capacidade para 500 kg (Lucato®, Limeira, Brasil). A monensina sódica (Elanco do Brasil, São Paulo, Brasil) foi adicionada na proporção de 16 mg/kg de MS. Os grãos de milho inteiros, o "pellet" proteico e o feno foram pesados em balança eletrônica de precisão de 1 g (Marte®, LC 100, São Paulo, Brasil) e misturados imediatamente antes do fornecimento, sendo em seguida ofertados *ad libitum* às 8 horas da manhã. No dia seguinte, anteriormente a pesagem das dietas experimentais, foram realizadas as leituras de cocho para definir a

quantidade a ser ofertada, cujas sobras foram mantidas abaixo de 10% da quantidade ofertada para evitar seleção de alimentos.

Tabela 3. Composição química e física dos ingredientes (% da MS).

Item ¹	Ingredientes		
	Feno	Milho Inteiro	<i>Pellet</i> proteico ²
MS	94,80	87,71	89,34
MO	89,67	96,94	88,67
MM	10,33	3,06	11,33
PB	11,02	9,23	32,92
EE	2,11	3,60	2,57
FDN	72,49	11,72	11,06
FDN _{fe} >1,18 mm	72,32	11,55	8,96
FDN _{fe} >4,00 mm	61,03	11,50	8,37
FDA	36,55	4,16	4,52
CNF	0,05	70,67	40,69
Amido	5,18	56,33	32,09
<i>"Penn State Particle Separator"</i> – Retido (%)			
19 mm	47,06	0,00	0,00
8 mm	18,33	79,15	2,64
4,00 mm	18,82	18,96	73,06
1,18 mm	15,55	0,47	5,32
>1,18 mm	0,24	1,42	18,98
TMP a 1,8 mm	12,46	9,37	2,85
TMP a 4,00 mm	12,14	10,28	4,49

¹MS: matéria seca; MO: Matéria Orgânica; PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; FDN_{fe}>1,18 mm: fibra em detergente neutro fisicamente efetiva a 1,18 mm; FDN_{fe}>4 mm: fibra em detergente neutro fisicamente efetiva a 4 mm; CNF: carboidratos não fibrosos; EE: extrato etéreo; MM: matéria mineral, EM: energia metabolizável; TMP 1,18 mm: tamanho médio de partículas a 1,18 mm; TMP a 4 mm: tamanho médio de partículas a 4 mm.

²Proporção dos ingredientes do "pellet" proteico: 43,3% grãos de milho moídos; 43,3% farelo de soja; 1,7% ureia; 1,7%, cloreto de amônia; 5,0% calcário; 5,0% mistura mineral; 16 mg/kg de monensina sódica (Elanco do Brasil, São Paulo, Brasil). Composição química (% MS): 89% MS; 31,5% PB; 10,4% FDN; 1,42% FDN_{fe}; 48,2% CNF; 2,3% EE; 15% MM; 2,6% EM (Mcal/kg MS).

³ Composição: 7,5% P; 13,4% Ca; 1,0% Mg; 7% S; 14,5% Na; 500 ppm Fe; 300 ppm Cu; 4600 ppm Zn; 15 ppm Se.

3.2.3. Digestibilidade dos nutrientes

Entre o 25º e 30º dia, anteriormente a oferta das dietas, às 07h00min da manhã a produção fecal total dos animais foi quantificada pela pesagem das fezes presentes nas bolsas coletoras paralelamente com a pesagem das sobras de ração, e uma amostra representativa de 10% da produção fecal diária e das sobras foi colhida e armazenada a -20 °C. Ao término do experimento as amostras de fezes e das sobras foram compostas por animal antes de serem analisadas.

3.2.4. Balanço de nitrogênio

Entre o 25º e 30º dia foi realizada a colheita total de urina dos animais. A urina foi colhida automaticamente pelos colhedores das gaiolas metabólicas em vasilhames contendo de 20 a 60 mL de ácido clorídrico 6 N, o volume de ácido foi suficiente para manter o pH da urina abaixo de 3,0. Logo após a colheita, o volume de urina foi mensurado e uma amostra de 10% do volume total foi colhida e armazenada a -20 °C para posterior análise.

3.2.5. Características de fermentação ruminal

Amostras do fluido ruminal foram colhidas no 31º dia. As colheitas foram realizadas na hora 0 (anteriormente a oferta das dietas experimentais) e 3, 6, 9, 12, 16, 20 e 24 após o fornecimento da ração. Em cada horário uma amostra representativa do conteúdo ruminal de cada animal foi colhida via cânula, sendo rapidamente filtrada em tecido de nylon, obtendo-se aproximadamente 200 mL de fluido ruminal filtrado, que em seguida foi utilizado para a medição imediata do pH do fluido ruminal por pHmêtro digital (DIGIMED® DM20, São Paulo, Brasil). A fase sólida do conteúdo ruminal que permaneceu no tecido após a filtragem foi devolvida ao rúmen. Após a determinação do pH, foram retiradas 3 alíquotas do fluido ruminal que foram armazenadas em micro tubos (Eppendorf, São Paulo, Brasil) a -20°C para posterior determinação da concentração dos ácidos graxos de cadeia curta total – AGCC (acetato, propionato, butirato, isobutirato e isovalerato) e nitrogênio amoniacal (N-NH₃).

3.2.6. Análises laboratoriais e cálculos

Depois de descongeladas, as amostras dos ingredientes, das dietas experimentais ofertadas, das sobras e fezes foram secas em estufa de ventilação forçada a 55 °C por 72 horas. Em seguida todas as amostras foram moídas em moinho tipo Wiley (Marconi, Piracicaba, Brasil) com peneiras com crivos de 1,0 mm. O teor de matéria seca (MS) foi determinado por meio da secagem em estufa a 105°C por 24 horas, a matéria orgânica (MO) foi obtida por meio da incineração da amostra em mufla a 550°C por 4 horas (AOAC, 1990; #930.15#942.05). A concentração de nitrogênio total foi determinada através da combustão da amostra utilizando um aparelho Leco TruMac (Leco Corporation, St. Joseph, MI), conforme a AOAC (1997; #990.03). O extrato etéreo foi determinado utilizando um aparelho Ankom XT15 (Ankom Tech. Corp., Macedon, NY; AOAC, 1990; #920.39). A concentração de FDN e FDA foi determinada em um aparelho Ankom A2000 (Ankom Tech. Corp., Macedon, NY; AOAC, 1990; #968.06) segundo Van Soest *et al.* (1991), utilizou-se α -amilase termoestável e sulfito de sódio, e posteriormente as amostras foram incineradas em mufla a 550 °C por 4 h para determinação da FDN e FDA livre de cinzas. O amido foi determinado conforme metodologia proposta por Bach Knudsen (1997), com adaptações sugeridas por Caetano (2008) utilizando o kit Megazyme (AOAC, 1995; #996.11).

O tamanho médio de partículas (TMP) dos ingredientes e das dietas, foi determinado utilizando o Penn State Particle Separator (PSPS) projetado por Lammers *et al.* (1996), o tamanho de partículas foi determinado como a soma das proporções da amostra retida na peneira de 1,18 mm (>1,18 mm) e 4,00 mm (>4,00 mm). Assim, os valores foram determinados para TMP (> 1,18 mm) e TMP (>4,00 mm) de cada ingrediente e dieta experimental, além da determinação do percentual retido em cada peneira. Posteriormente, a determinação da fibra em detergente neutro fisicamente efetiva da ração total (FDN_{fer}) e dos ingredientes foi realizada conforme Heinrichs e Kononoff (2002). A fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem (FDN_{fer}) foi determinada pela multiplicação da FDN_{fe} da forragem (feno de *coastcross*) pelo teor de inclusão de forragem nas dietas experimentais.

Os carboidratos não fibrosos (CNF) foram estimados de acordo com Hall (2000):

$$\text{CNF (\%)} = 100\% - (\% \text{ FDN} + \% \text{ CP} + \% \text{ EE} + \% \text{ MM})$$

O NDT foi calculado de acordo com Weiss *et al.* (1992) por meio da equação:

$$NDT (\%) = \% PB_{digestível} + (\% EE_{digestíveis} \times 2,25) + \% FDN_{digestível} + \% CNF_{digestível}$$

As estimativas de energia metabolizável (EM) seguiram as recomendações do NRC (1984):

$$EM (Mcal/kg.dia) = NDT(kg) * 4,4 * 0,82$$

Para determinação dos AGCC, 1,6 mL de fluido ruminal adicionado com 0,4 mL de solução 3:1 de ácido metafosfórico 25% com ácido fórmico 98-100% e 0,2 mL de solução de ácido 2-etil-butírico 100 mM (padrão interno) foram centrifugados (Centrifuge 5810R, Eppendorf, São Paulo, Brasil) por 15 minutos a 4°C. Após a centrifugação 1,2 mL de cada amostra foi transferido para *vials* cromatográficos. Do extrato obtido foi injetado 1 µL em cromatógrafo gasoso (CG HP 7890A; Injetor HP 7683B, Agilent Technologies) equipado com coluna capilar HP-FFAP (19091F-112; 25 m; 0,320 mm; 0,50 µm; J e W Agilent Technologies). A injeção foi realizada de maneira automática, o gás de arraste foi o H₂, mantido em um fluxo de 31,35 mL/min. A temperatura do injetor e detector foi de 260 °C. O tempo total da corrida cromatográfica foi de 16,5 minutos (min) dividido em três rampas de aquecimento, como segue: 80 °C (1 min), 120 °C (20 °C/min; 3 min), 205 °C (10 °C/min; 2min). A concentração dos AGCC (mM) foi determinada com base em uma curva de calibração externa.

A concentração de N-NH₃ foi determinada pelo método colorimétrico descrito por Chaney e Marbach (1962), adaptado para leitura em leitor de microplacas (BIO – RAD, Hercules, CA), utilizando-se filtro para absorvância de 550nm.

A digestibilidade dos nutrientes foi calculada pela diferença entre cada nutriente consumido (MS, MO, PB, EE, FDN, CNF, amido) e sua excreção fecal.

O balanço de nitrogênio foi calculado conforme as fórmulas que seguem: Retenção de N (g/dia) = (N_{consumido} - N_{fezes} - N_{urina}); Retenção de N (%N consumido) = [(N_{consumido} - N_{fezes} - N_{urina}) / N_{consumido}]; Retenção de N (%N absorvido) = [(N_{consumido} - N_{fezes} - N_{urina}) / (N_{consumido} x Absorvido de N)].

3.2.7. Análise estatística

Os dados foram analisados usando o procedimento para modelos mistos do programa computacional “*Statistical Analysis System*” (SAS, versão 9.4, 2018), de

acordo com o modelo estatístico que segue para medidas repetidas no tempo: $Y = \mu + A_i + B_j + T_k + H_l + (TH)_{kl} + E_{ijkl}$, em que: μ = média geral, A_i = efeito de animal ($i = 1$ a 30), B_j = efeito de bloco ($j = 1$ a 6), T_k = efeito de tratamento ($k = 1$ a 5), H_l = efeito de horário de coleta ($l = 1$ a 8), $(TH)_{kl}$ = interação entre tratamento e horário de colheita, E_{ijkl} = erro residual.

E o modelo para medidas únicas: $Y = \mu + A_i + B_j + T_k + E_{ijk}$, em que: μ = média geral, A_i = efeito de animal ($i = 1$ a 30), B_j = efeito de bloco ($j = 1$ a 6), T_k = efeito de tratamento ($k = 1$ a 5), E_{ijk} = erro residual.

A matriz de covariância que melhor se ajustou aos conjuntos de dados foi a “autoregressive” (AR [1]). As médias de cada tratamento foram obtidas utilizando o comando LSMEANS. Os efeitos dos teores de FDN_{fef} nas dietas foram avaliados por meio de polinômios ortogonais linear e quadrático. Foram realizados dois contrastes: 1 – CONT vs 0% FDN_{fef} ; 2 – CONT vs dietas à base de grãos de milho inteiros associados com FDN_{fef} . Os efeitos das horas colheita e da interação entre tratamentos x horas foram determinados pelo teste F da análise de variância. Os efeitos foram declarados significativos quando $P \leq 0,05$.

3.3. Resultados

3.3.1. Consumo e Digestibilidade

Não houve efeito do aumento no teor de FDN_{fef} sobre o consumo de matéria seca (CMS), consumo de matéria orgânica (CMO), consumo de extrato etéreo (CEE), consumo de proteína bruta (CPB) e consumo de carboidratos não fibrosos (CCNF) ($P \geq 0,05$). Entretanto, os teores crescentes de FDN_{fef} aumentaram linearmente o consumo de fibra em detergente neutro (CFDN; $P = 0,03$) e fibra em detergente ácido (CFDA; 0,04). O consumo de amido apresentou resposta quadrática (CAM; $P = 0,04$), cujo menor valor foi observado para dieta contendo 7,2% de FDN_{fef} . O CEE ($P = 0,01$), CFDN ($P < 0,0001$), CFDA ($P < 0,0001$) e CAM ($P = 0,005$) foi maior para os animais que receberam a dieta controle na comparação com os que receberam a dieta 0% de FDN_{fef} . Além disso, os animais da dieta CONT apresentaram maiores CEE ($P < 0,0001$), CPB ($P = 0,04$), CFDN ($P < 0,0001$), CFDA ($P = 0,0001$) e CAM ($P < 0,0001$) que os animais das dietas à base de grãos milho inteiros associados à FDN_{fef} .

Tabela 4. Efeito de teores de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem (FDN_{fef}) em dietas à base de grãos de milho inteiros sobre o consumo de nutrientes por cordeiros.

Item ⁴	% FDN _{fef} ¹					EPM ²	Efeito ³			
	CONT	0	3,6	7,2	10,8		CONT*0%FDN _{fef}	CONT*FDN _{fef}	L	Q
Nº. animais	6	6	6	6	6	—	—	—	—	—
PI, kg	29,33	29,79	30,25	30,50	30,82	0,59	—	—	—	—
PF, kg	36,17	35,39	35,67	34,60	34,33	0,68	0,41	0,08	0,14	0,70
Consumo, kg/d										
MS	1,175	1,139	1,094	1,037	1,114	0,03	0,69	0,19	0,64	0,33
MO	0,975	0,927	0,893	0,848	0,908	26,2	0,54	0,13	0,67	0,38
EE	0,043	0,032	0,029	0,029	0,031	1,51	0,006	<0,0001	0,72	0,28
PB	0,191	0,176	0,163	0,154	0,177	5,69	0,33	0,037	0,94	0,10
FDN	0,243	0,109	0,143	0,142	0,155	9,86	<0,0001	<0,0001	0,03	0,41
FDA	0,091	0,042	0,060	0,060	0,061	3,91	<0,0001	0,0001	0,04	0,17
AMIDO	0,660	0,519	0,477	0,420	0,431	22,66	0,005	<0,0001	0,03	0,04
CNF	0,573	0,725	0,667	0,612	0,641	20,63	0,014	0,14	0,10	0,28

¹CONT – dieta à base de grãos de milho moídos contendo 7,2% de FDN_{fef} e dietas à base de grãos de milho inteiros contendo 0 (0FDN_{fef}); 3,6 (3,6FDN_{fef}); 7,2 (7,2FDN_{fef}) e 10,8% (10,8FDN_{fef}) de FDN_{fef} (% da MS).

²EPM: Erro padrão da média.

³CONT*0%FDN_{fef} = CONT vs dieta à base de grãos de milho inteiros sem forragem; CONT*FDN_{fef} = CONT vs dietas à base de grãos de milho inteiros associados à FDN_{fef} (CONT vs 3,6FDN_{fef}; 7,2FDN_{fef} e 10,8FDN_{fef}); L = efeito linear; Q = efeito quadrático.

⁴MS: matéria seca; MO: Matéria Orgânica; EE: extrato etéreo; PB: proteína bruta; FDN: fibra insolúvel em detergente neutro; FDA: fibra insolúvel em detergente ácido; CNF: carboidratos não fibrosos.

O aumento nos teores de FDN_{ref} diminuiu linearmente a digestibilidade da matéria seca (MS) ($P = 0,04$), matéria orgânica (MO) ($P = 0,03$) e NDT ($P = 0,0006$). As dietas à base de grãos de milho inteiros associados ou não à FDN_{ref} apresentaram maior digestibilidade da MS e MO ($P < 0,001$) em relação a dieta CONT. Entretanto, apenas a dieta 0% de FDN_{ref} apresentou maiores valores de digestibilidade de PB ($P = 0,01$), NDT ($P = 0,001$) e energia metabolizável (EM, $P = 0,001$) em relação a dieta CONT. Não houve efeito dos tratamentos sobre a digestibilidade da EE, FDN, FDA, CNF e amido (Tabela 4).

Tabela 5. Efeito de teores de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem (FDN_{fef}) em dietas à base de grãos de milho inteiros na digestibilidade aparente dos nutrientes em cordeiros.

Item ⁴	% FDN _{ref} ¹					EPM ²	Efeito ³			
	CONT	0	3,6	7,2	10,8		CONT*0%FDN _{ref}	CONT*FDN _{ref}	L	Q
Digestibilidade aparente, %										
MS	78,61	86,89	84,33	84,85	82,84	0,72	<0,001	<0,001	0,04	0,81
MO	77,88	86,98	83,80	84,42	82,03	0,79	<0,0001	0,0013	0,03	0,77
PB	76,20	83,20	78,64	79,91	79,12	0,82	0,01	0,14	0,18	0,29
EE	76,96	77,39	79,02	74,91	75,83	1,43	0,93	0,92	0,56	0,91
FDN	47,70	45,62	43,01	47,22	47,07	2,32	0,80	0,76	0,75	0,83
FDA	48,12	59,14	58,07	57,52	64,64	2,23	0,15	0,07	0,52	0,43
CNF	99,49	99,68	98,79	98,99	99,04	0,17	0,75	0,23	0,40	0,30
Amido	96,7	97,94	97,75	98,23	96,64	0,30	0,33	0,39	0,39	0,42
NDT	76,29	84,17	81,27	80,24	75,84	0,82	0,001	0,09	0,0006	0,60
EM, Mcal/kg MS	2,76	3,04	2,94	2,90	2,74	0,03	0,001	0,09	0,0006	0,60

¹CONT – dieta à base de grãos de milho moídos contendo 7,2% de FDN_{fef} e dietas à base de grãos de milho inteiros contendo 0 (0FDN_{fef}); 3,6 (3,6FDN_{fef}); 7,2 (7,2FDN_{fef}) e 10,8% (10,8FDN_{fef}) de FDN_{fef} (% da MS).

²EPM: Erro padrão da média.

³CONT*0%FDN_{fef} = CONT vs dieta à base de grãos de milho inteiros sem forragem; CONT*FDN_{fef} = CONT vs dietas à base de grãos de milho inteiros associados à FDN_{fef} (CONT vs 3,6FDN_{fef}; 7,2FDN_{fef} e 10,8FDN_{fef}); L = efeito linear; Q = efeito quadrático.

⁴MS: matéria seca; MO: matéria orgânica; PB: proteína bruta; EE: extrato etéreo; FDN: Fibra insolúvel em detergente neutro; FDA: fibra insolúvel em detergente ácido; CNF: carboidratos não fibrosos; NDT: nutrientes digestíveis totais (WEISS, CONRAD e PIERRE (1992): NDT (%): % PBdigestível + (% EEdigestíveis x 2,25) + % FDNdigestível + % CNFdigestível); EM: energia metabolizável (NRC (1984): EM (Mcal/ kg.dia): NDT (kg) * 4,4 * 0,82).

3.3.2. Fermentação Ruminal

Não houve interação dietas x horas para as concentrações ruminais de acetato, propionato, isobutirato, butirato, isovalerato, valerato, relação acetato:propionato e nitrogênio amoniacal (Tabela 5), bem como não houve efeito dos teores de FDN_{fef} sobre nenhuma destas variáveis. No entanto, por meio dos contrastes, observou-se menor concentração ruminal de propionato para os cordeiros alimentados com a dieta CONT em comparação aos alimentados com a dieta 0% de FDN_{fef} ($P = 0,04$), enquanto que a concentração de isobutirato foi maior ($P = 0,01$) para cordeiros da dieta CONT em comparação aos que receberam as demais dietas. A concentração total de AGCC apresentou resposta quadrática ($P = 0,05$), com menor valor observado para dieta 3,6 NDF_{fef} (Tabela 5).

Houve interação dietas x horas ($P < 0,001$) para o pH ruminal (Figura 1), sendo observado que nas horas 9 ($P = 0,04$) e 12 ($P = 0,003$) após a alimentação os cordeiros que receberam a dieta CONT apresentaram pH ruminal inferior aos alimentados com a dieta 0% de FDN_{fef} . Além disso, nas horas 9 ($P = 0,0064$), 12 ($P < 0,0001$) e 16 ($P = 0,014$) os cordeiros da dieta CONT também apresentaram pH ruminal inferior aos alimentados com as dietas à base de grãos de milho inteiros associados a FDN_{fef} . Apesar disso, na hora 14 o pH ruminal dos cordeiros que receberam a dieta CONT aumentou, tornando-se maior ($P = 0,004$) que o dos cordeiros alimentados com a dieta 0% de FDN_{fef} . Na hora 24, observou-se aumento linear ($P = 0,02$) no pH ruminal em resposta ao aumento nos teores de FDN_{fef} (Figura 5), nos demais horários os teores de FDN_{fef} não afetaram o pH ruminal.

Tabela 6. Efeito de teores de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem (FDN_{fef}) em dietas à base de grãos de milho inteiros nas características de fermentação ruminal em cordeiros.

Item ⁴	% FDN _{fef} ¹					EPM ²	Efeito ³					
	CONT	0	3,6	7,2	10,8		CONT*0%FDN _{fef}	CONT*FDN _{fef}	L	Q	H	T*H
Nº. de animais	6	6	6	6	6	—	—	—	—	—	—	—
Ácidos graxos de cadeia curta – AGCC, Mm												
Acetato	38,93	41,68	35,86	39,02	41,98	2,58	0,39	0,87	0,61	0,09	<0,001	0,20
Propionato	30,03	37,14	30,51	35,25	35,04	3,27	0,04	0,19	0,89	0,18	<0,0001	0,29
Isobutirato	0,34	0,22	0,20	0,26	0,29	0,03	0,01	0,01	0,08	0,57	<0,0001	0,06
Butirato	7,52	7,57	7,52	6,46	8,92	0,96	0,96	0,90	0,46	0,15	<0,0001	0,53
Isovalerato	0,56	0,48	0,43	0,47	0,57	0,08	0,47	0,41	0,49	0,41	0,001	0,29
Valerato	1,91	2,59	2,67	2,57	2,21	0,41	0,15	0,11	0,41	0,50	0,001	0,15
Total	81,08	91,18	77,73	87,03	90,54	5,52	0,11	0,41	0,71	0,05	<0,0001	0,15
A:P	1,24	1,15	1,22	1,40	1,25	0,13	0,57	0,70	0,35	0,33	0,63	0,99
pH	5,67	5,63	5,70	5,71	5,86	0,10	0,83	0,40	0,13	0,61	<0,0001	<0,001
Amônia, g/dL	9,28	10,31	11,53	10,46	9,81	0,75	0,35	0,13	0,46	0,22	<0,0001	0,11

¹CONT – dieta à base de grãos de milho moídos contendo 7,2% de FDN_{fef} e dietas à base de grãos de milho inteiros contendo 0 (0FDN_{fef}); 3,6 (3,6FDN_{fef}); 7,2 (7,2FDN_{fef}) e 10,8% (10,8FDN_{fef}) de FDN_{fef} (% da MS).

²EPM: Erro padrão da média.

³CONT*0%FDN_{fef} = CONT vs dieta à base de grãos de milho inteiros sem forragem; CONT*FDN_{fef} = CONT vs dietas à base de grãos de milho inteiros associados à FDN_{fef} (CONT vs 3,6FDN_{fef}; 7,2FDN_{fef} e 10,8FDN_{fef}); L = efeito linear; Q = efeito quadrático; H: efeito da hora de colheita; T*H: interação entre tratamento e hora de colheita.

⁴AGCC: ácidos graxos de cadeia curta expressos em milimolar; A:P: relação entre acetato e propionato; pH: potencial hidrogeniônico do fluido ruminal.

Figura 1. Variação no pH ruminal conforme os tratamentos experimentais ao longo das horas de colheita de líquido ruminal. ¹CONT – dieta à base de grãos de milho moídos contendo 7,2% de FDN_{fef} e dietas à base de grãos de milho inteiros contendo 0 (0FDN_{fef}); 3,6 (3,6FDN_{fef}); 7,2 (7,2FDN_{fef}) e 10,8% (10,8FDN_{fef}) de FDN_{fef} (% da MS). a – Denota que os animais da dieta CONT apresentaram menor pH ruminal que os da dieta 0FDF_{fef} (hora 9, P = 0,04; hora 12, P < 0,01); b – Denota que os animais da dieta CONT apresentaram menor pH ruminal que os das dietas à base de grãos de milho inteiros associados a FDN_{fef} (hora 9, P < 0,01; hora 12, P < 0,0001; hora 16, P = 0,01); c – Denota que os animais da dieta CONT apresentaram maior pH ruminal que os da dieta 0% de FDN_{fef} (hora 24, P < 0,01); d – aumento linear no pH ruminal em resposta aos teores crescentes de FDN_{fef} na hora 24 (P = 0,02).

3.3.3. Balanço de nitrogênio

Não houve efeito dos teores de FDN_{fef} na excreção e a retenção de nitrogênio (Tabela 6). Contudo, nos contrastes, observou-se maior (P < 0,01) excreção fecal de nitrogênio para dieta CONT em comparação as dietas com milho inteiro.

Tabela 7. Efeito de teores de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem (FDN_{fef}) em dietas à base de grãos de milho inteiros no balanço de nitrogênio em cordeiros.

Item ⁴	% FDN _{fef} ¹					EPM ²	Efeito ³			
	CONT	0	3,6	7,2	10,8		CONT*0%FDN _{fef}	CONT*FDN _{fef}	L	Q
N, g/dia										
Ingerido	31,28	30,83	28,06	25,23	28,91	0,88	0,85	0,05	0,27	0,067
Fezes	6,84	4,51	5,33	4,70	5,84	0,29	<0,01	<0,01	0,11	0,72
Urina	9,75	11,53	10,28	8,22	11,10	0,55	0,33	0,93	0,56	0,11
Absorvido, g/dia	24,44	26,30	22,73	20,54	23,07	0,75	0,42	0,20	0,11	0,067
Retenção										
g/dia	14,69	14,76	12,45	12,32	11,96	0,80	0,98	0,26	0,33	0,60
%N ingerido	45,54	46,84	45,12	47,95	41,47	2,12	0,86	0,90	0,57	0,64
%N absorvido	58,35	55,02	55,57	58,68	51,55	2,49	0,70	0,65	0,79	0,52

¹CONT – dieta à base de grãos de milho moídos contendo 7,2% de FDN_{fef} e dietas à base de grãos de milho inteiros contendo 0 (0FDN_{fef}); 3,6 (3,6FDN_{fef}); 7,2 (7,2FDN_{fef}) e 10,8% (10,8FDN_{fef}) de FDN_{fef} (% da MS).

²EPM: Erro padrão da média.

³ CONT*0%FDN_{fef} = CONT vs dieta à base de grãos de milho inteiros sem forragem; CONT*FDN_{fef} = CONT vs dietas à base de grãos de milho inteiros associados à FDN_{fef} (CONT vs 3,6FDN_{fef}; 7,2FDN_{fef} e 10,8FDN_{fef}); L = efeito linear; Q = efeito quadrático.

⁴%N absorvido: porcentagem de N absorvido que foi retido; %N ingerido: porcentagem de N ingerido que foi retido.

3.4. Discussão

3.4.1. Consumo e Digestibilidade

A ausência de efeito dos tratamentos sobre o CMS não era esperada, uma vez que, normalmente os animais ruminantes aumentam o CMS quando a densidade energética da dieta diminui (GALYEAN; DEFOOR, 2003; GALLO *et al.*, 2019; GOULART *et al.*, 2020). No presente experimento, a energia metabolizável (EM) da dieta diminuiu com o aumento nos teores de FDN_{ref} (Tabela 4), então, é possível hipotetizar que a similaridade no CMS (Tabela 3) foi devido ao enchimento ruminal e consequente limitação física ao consumo provocada pelo efeito associativo do milho inteiro com a feno de *coastcross*. Devido à ausência de processamento, as dietas com grãos de milho inteiros possuem maior potencial de enchimento ruminal. Vale ainda destacar, que todas as dietas experimentais continham monensina sódica (16 mg/kg de MS), que por sua vez, diminui a variação no CMS, principalmente em dietas com elevado teor de concentrado (STOCK *et al.*, 1995; ZOTTI *et al.*, 2017), o que corrobora com o estudo de Polizel *et al.* (2020). É importante mencionar que o CMS dos animais de todos os tratamentos está em conformidade com as recomendações do NRC (2007) para cordeiros em crescimento.

A modulação do teor de FDN_{ref} para definição dos tratamentos experimentais foi realizada por meio da substituição do milho pelo feno de *coastcross*, então, naturalmente o aumento na inclusão de forragem nas dietas com milho inteiro resultou em aumento no teor de FDN e FDA e diminuição no teor de amido (Tabela 1), o que justifica o aumento no consumo de fibra (FDN e FDA) e diminuição no consumo de amido em resposta aos teores crescentes de FDN_{ref} (Tabela 3). Como esperado, na Tabela 2 é possível observar que o teor de amido do milho é muito superior ao do feno de *coastcross*, enquanto que o teor de FDN e FDA do milho é inferior (Tabela 2). As variações no consumo de nutrientes tiveram relação direta com a composição das dietas (Tabela 1), uma vez que o CMS não foi afetado pelos tratamentos.

Observou-se que a dieta CONT apresentou menor digestibilidade da MS e MO quando comparada às dietas à base de milho inteiro, o que torna possível reafirma que os maiores TMP observados para as dietas à base de milho inteiro (Tabela 1) podem ter diminuído a taxa de passagem e o fluxo rumino-reticular (ALLEN, 2009; BANAKAR *et al.*, 2018) da digesta, permitindo assim maior tempo para ação das

enzimas digestivas de origem microbiana no rúmen. Outros autores já verificaram que o aumento na taxa de passagem, devido ao menor tamanho de partículas afetou a digestibilidade da MS, MO, PB e consequentemente o NDT (ARNDT *et al.*, 2014; COSTA *et al.*, 2012; KARIMIZADEH *et al.*, 2017; ZABELE *et al.*, 2008; ZHAO *et al.*, 2011;). Além disso, a maior digestibilidade da MS, MO e NDT da dieta à base de milho inteiro sem forragem (0% de FDN_{ref}), em parte, é uma consequência direta da simples substituição de um ingrediente com menor potencial de digestão (feno de *coastcross*) por outro com maior potencial de digestão (milho) (Tabela 2) (NRC, 2001), vale lembrar que o NDT do milho (82%) é 1.4 vezes superior ao NDT do feno de *coastcross* (50%) (ÍTAVO *et al.*, 2002; NRC, 2007). Tais resultados corroboram com Arndt *et al.* (2014) que substituíram o farelo de milho por grão de milho em dietas com dois teores de forragem para vacas em lactação, e observaram que nas dietas com maiores teores de forragem, houve queda no NDT além do NDT observado ter sido menor que o NDT predito pelo NRC (2007).

3.4.2. Fermentação Ruminal

A diminuição no consumo de amido e o aumento no consumo de fibra (FDN e FDA) (Tabela 3), associados à diminuição na digestibilidade da MO (Tabela 4) explicam o aumento no pH ruminal na hora 24 em resposta aos teores crescentes de FDN_{ref}. A diminuição do tempo em que o pH ruminal permaneceu abaixo de 5,5 nas dietas à base de milho inteiro (Figura 1) indica claramente que o milho inteiro foi mais lentamente fermentado no rúmen quando comparado ao milho moído da dieta CONT, então, independente da forragem, ficou evidenciado que o milho inteiro foi capaz de manter a estabilidade ruminal ao longo do dia. Vale destacar que a dieta controle à base de grãos de milho moídos utilizada neste experimento é similar a outras dietas que tem sido amplamente utilizada na terminação de cordeiros no Brasil (FERREIRA *et al.*, 2011; POLIZEL *et al.*, 2021).

Em comparação ao CONT, os cordeiros alimentados com a dieta 0% de FDN_{ref} apresentaram maior digestibilidade da MO, o que justifica a maior concentração ruminal de propionato para os animais deste tratamento (Tabela 5). A maior concentração de isobutirato para os cordeiros que receberam a dieta CONT pode ser atribuída ao maior tempo de permanência do pH ruminal abaixo de 5,5 para os animais deste tratamento em comparação aos alimentados com as dietas à base de grãos de

milho inteiros associados à FDN_{ref} (Figura 1), o que é coerente com a informação de que os ácidos graxos de cadeia ramificada são utilizados por bactérias fibrolíticas cuja população é reduzida em pH abaixo de 6,0 (MIRZAEI-AGHSAGHALI, 2011). Tais resultados estão de acordo com Gallo *et al.* (2019), que observaram maiores valores de ácidos graxos de cadeia ramificada no rúmen em resposta ao fornecimento de dietas com baixos teores de FDN_{ref} . Por outro lado, ainda são poucos os dados relatando os fatores que influenciam a produção de ácidos graxos de cadeia ramificada em dietas isonitrogenadas.

3.4.3. Balanço de Nitrogênio

O maior consumo de nitrogênio pelos animais que receberam a dieta CONT (Tabela 6) teve relação direta com o consumo de PB, conforme explicado anteriormente (Tabela 3). Por sua vez, a maior excreção fecal de N pelos animais que receberam a dieta CONT é coerente com a menor digestibilidade da PB pelos animais deste tratamento quando comparados aos que receberam a dieta 0% de FDN_{ref} . Em termos gerais, a retenção média de N observada no presente experimento foi similar ao reportado por outros autores utilizando dietas com alto teor de concentrado à base de grãos moídos (POLIZEL *et al.*, 2021a, 2021b), indicando que a dieta à base de grãos de milho inteiros também produziu bons resultados com relação a esta variável.

3.5. Conclusões

Nas dietas à base de grãos de milho inteiros não é recomendada adição de FDN_{ref} , tendo em vista que não foi observado benefício sobre a digestibilidade dos nutrientes, a fermentação ruminal e o balanço de nitrogênio. A dieta com milho inteiro mostrou-se muito adequada para uso na terminação de cordeiros, principalmente por ter potencializado a digestibilidade da MS e MO, sem indícios clínicos de causar acidose ruminal.

Referências

- ALLEN, M. S. Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. **Journal of Dairy Science**, v. 80, p. 1447-1462, 1997.
- ALLEN, M.S., BRADFORD, B.J., OBA, M. Board-invited review: The hepatic oxidation theory of the control of feed intake and its application to ruminants. **Journal of Animal Science**, v. 87, p. 3317–3334, 2009.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**. 16th ed. Arlington, Virginia, USA, 1995.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**. 15th Ed. Arlington. v. 1, 1990.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**. 16th Ed. Gaithersburg. p. 1141, 1997.
- ARNDT, C.; ARMENTANO, L. E.; HALL, M. B. Corn Bran Versus Corn Grain At 2 Levels of Forage: Intake, Apparent Digestibility, and Production Responses by Lactating Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**, v. 97, p. 5676-5687, 2014.
- BACH KNUDSEN, K. E. Carbohydrate and Lignin Contents of Plant Materials Used in Animal Feeding. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 67, p. 319-338, 1997.
- BANAKAR, P. S.; ANAND KUMAR, N.; SHASHANK, C. G. Physically Effective Fiber in Ruminant Nutrition: A. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 7, n. 4, p. 303-308, 2018.
- CAETANO, M. Estudo Das Perdas De Amido Em Confinamentos Brasileiros E Do Uso De Amido Fecal Como Ferramenta De Manejo De Bovinos Confinados. **Dissertação (Mestrado Em Ciência Animal E Pastagens) – Escola Superior De Agricultura “Luiz De Queiroz” Da Universidade De São Paulo**, p. 76, 2008.
- CANNAS, A.; TEDESCHI, L. O.; FOX, D. G.; PELL, A. N.; E VAN SOEST, P. J. A Mechanistic Model for Predicting the Nutrient Requirements and Feed Biological Values for Sheep. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. 149-169, 2004.
- CHANEY, A.L.; Marbach, E.P. Modified Reagents for Determination of Urea and Ammonia. **Clinical Chemistry, Washington**, v. 8, p. 130-137, 1962.
- COSTA, R. G.; TREVIÑO, I. H.; DE MEDEIROS, G. R.; MEDEIROS, A. N.; PINTO, T. F.; E DE OLIVEIRA, R. L. Effects of Replacing Corn with Cactus Pear (*Opuntia Ficus Indica* Mill) on the Performance of Santa Inês Lambs. **Small Ruminant Research**, v. 102, p. 13-17, 2012.

DEBOEVER, J. L.; ANDRIES, J. I.; DE BRABANDER, D. L.; COTTYN, B. G.; E BUYSSE, F. X. Chewing Activity of Ruminants as A Measure of Physical Structure—A Review of Factors Affecting It. **Animal Feed Science and Technology**, v. 27, p. 281-291, 1990.

FERREIRA, E.M.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; MENDES, C.Q.; GENTIL, R.S.; ARAUJO, R.C.; AMARAL, R.C.; LOERCH, S.C. Growth, Feed Intake, Carcass Characteristics, and Eating Behavior of Feedlot Lambs Fed High-Concentrate Diets Containing Soybean Hulls. **Journal of Animal Science**, v. 89, p. 4120-4126, 2011.

GALLO, S.B.; BROCHADO, T.; BRANDI, R.A.; DA SILVA BUENO, I.C.; PASSARELI, D.; BIRGEL, D.B. AND JUNIOR, E.H.B. Implications of Low Fiber Levels in Finishing Lambs on Performance, Health, Rúmen, and Carcass Parameters. **Tropical Animal Health and Production**, v. 51, p. 767-773, 2019.

GALYEAN, M. L.; AND DEFOOR, P. J. Effects of Roughage Source and Level on Intake by Feedlot Cattle. **Journal of Animal Science**, v. 81, p. 8-16, 2003.

GOULART, R.S.; VIEIRA, R.A.; DANIEL, J.L.; AMARAL, R.C.; SANTOS, V.P.; TOLEDO FILHO, S.G.; CABEZAS-GARCIA, E.H.; TEDESCHI, L.O. AND NUSSIO, L.G. Effects of Source and Concentration of Neutral Detergent Fiber from Roughage in Beef Cattle Diets on Feed Intake, Ingestive Behavior, and Ruminal Kinetics. **Journal of Animal Science**, v. 98, p. 107, 2020.

HALL, M. B. **Neutral detergent soluble carbohydrates nutritional relevance and analysis**: A laboratory manual. University of Florida, 2000.

HEINRICHS, J.; KONONOFF, P. Evaluating Particle Size of Forages and Tmrs Using the New Penn State Forage Particle Separator. **Pennsylvania: the Pennsylvania State University, Department of Dairy and Animal Science**. p.14, (Technical Repost Das 02-42), 2002.

ÍTAVO, L.C.V.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, F.F.; VALADARES, R.F.D.; CECON, P.R.; ÍTAVO, C.C.B.; MORAES, E.H.B.K.; PAULINO, P.V.R. Consumo, Degradabilidade Ruminal E Digestibilidade Aparente De Fenos De Gramíneas Do Gênero Cynodon E Rações Concentradas Utilizando Indicadores Internos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, p. 1024-1032, 2002.

KARIMIZADEH, E.; CHAJI, M.; AND MOHAMMADABADI, T. Effects of physical form of diet on nutrient digestibility, rumen fermentation, rumination, growth performance and protozoa population of finishing lambs. **Animal Nutrition**, v. 3, p. 139-144, 2017.

KONONOFF, P.J. HEINRICKS, A.J. BUCKMASTER, D.R. Modification on the Pen State and Total Mixed Ration Particle Separator and the Effect of Moisture Content on Its Measurement. **Journal of Dairy Science**, v. 86, p. 1858-1863, 2003.

LAMMERS.B.P.; BUCKMASTER.D.R.; HEINRICHS.A.J. A Simple Method for the Analysis of Particle Sizes of Forage and Total Mixed Rations. **Journal of Dairy Science**, p. 79, p. 922-928, 1996.

LIU, Q.; WANG, C.; ZHANG, YL; PEI, CX; ZHANG, SL; WANG, YX; ZHANG, ZW; YANG, WZ; WANG, H.; GUO, G. Efeitos Da Suplementação De Isovalerato No Desempenho De Crescimento E Fermentação Ruminal Em Bezerros Leiteiros Pré E Pós-Desmame. **Journal of Agricultural Science**, v. 154, p. 1499-1508, 2016.

MARI, L.J. Intervalo Entre Cortes Em Capim-Marandu (*Brachiaria Brizantha* (Hochst. Ex A. Rich) (Stapf Cv. Marandu): Produção, Valor Nutritivo E Perdas Associadas À Fermentação Da Silagem. **Dissertação (Mestrado Em Ciência Animal E Pastagens) – Escola Superior De Agricultura “Luiz De Queiroz” Da Universidade De São Paulo**, p. 138, 2003.

MIRZAEI-AGHSAGHALI, A.; MAHERI-SIS, N. Importance of "physically effective fibre" in ruminant nutrition: a review. **Annals of Biological Research**, v. 2, p. 262-270, 2011.

NAGARAJA, T.G.; LECHTENBERG, K.F. Acidosis in Feedlot Cattle. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v. 23, p. 333–350, 2007.

NRC. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**, 7 th ed. **National Academic Press**, Washington, DC, 2001.

NRC. **Nutrient Requirements of Small Ruminants. Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids**. National Academic Press, Washington, DC, 2007.

NRC. **National Research Council. Nutrient Requirements of Beef Cattle**. 6th.Ed. Washington: National Academy Press. p. 90, 1984.

OLIVEIRA, L.S.; MAZON, M.R.; CARVALHO, R.F.; PESCE, D.M.C.; SILVA, S.L; GALLO, S.B.; LEME, P.R. Effects of Processing Corn on the Carcass Traits and Meat Quality of Feedlot Lambs. **Tropical Animal Health and Production**, v.47, p. 883-887, 2015.

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**, v. 75, p. 868-879, 1997.

PAULA, R.M. Utilização de Milho Grão Inteiro Para Terminação De Novilhas Nelore em Confinamento. **Dissertação (Mestrado) - - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos - Universidade De São Paulo**, p. 58, 2014.

POLIZEL, D. M.; MARQUES, S. S.; WESTPHALEN, M. F.; GOUVEA, V. N.; FERRAZ JÚNIOR, M. V. D. C.; MISZURA, A. A.; PIRES, A. V. Narasin Inclusion for Feedlot Lambs Fed A Diet Containing High Amounts of Ground Flint Corn. **Scientia Agrícola**, v. 78, 2021b.

POLIZEL, D. M.; MARTINS, A. S.; MISZURA, A. A.; FERRAZ JÚNIOR, M. V. D. C.; BERTOLONI, A. V.; OLIVEIRA, G. B.; BARROSO, J.P.R.; FERREIRA, E.M. AND PIRES. Low Doses of Monensin for Lambs Fed Diets Containing High Level of Ground Flint Corn. **Scientia Agrícola**, v. 78, 2021a.

STOCK, R.A.; LAUDERT, S.B.; STROUP, W.W.; LARSON, E.M.; PARROTT, J.C.; BRITTON, R.A. Effect of Monensin and Tylosin Combination on Feed Intake Variation of Feedlot Steers. **Journal of Animal Science**, v. 73, p. 39-44, 1995.

TAF AJ, M.; JUNCK, B.; MAULBETSCH, A.; STEINGASS, H.; PIEPHO, H. P.; AND DROCHNER, W. Digesta characteristics of dorsal, middle and ventral rumen of cows fed with different hay qualities and concentrate levels. **Archives of Animal Nutrition**, v. 58, p. 325-342, 2004.

VALADARES FILHO, S. DE C.; SANTOS PINA, D. Nutrição De Ruminantes, In: Berchielli, Telma Teresinha; Pires, Alexandre Vaz; Oliveira, S.Gi. (Ed.). **Nutrição De Ruminantes**, 2011.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Non-Starch Polysaccharides in Relation to **Animal Nutrition**. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 74, p. 3583-3597, 1981.

WANG, H.; WU, F.; GUAN, T.; ZHU, Y.; YU, Z.; ZHANG, D.; E CAO, B. Chopping Roughage Length Improved Rumen Development of Weaned Calves as Revealed by Rumen Fermentation and Bacterial Community. **Animals**, v.10, p. 2149, 2020.

WEISS, W.P.; CONRAD, H.R.; PIERRE, R.R.S. A Theoretically – Based Model for Predicting Total Digestible Nutrient Values of Forages and Concentrates. **Animal Feed Science Technology**, Philadelphia, v. 39, p. 95-110, 1992.

ZARPELON, T. G.; MIZUBUTI, I. Y.; DE AZAMBUJA RIBEIRO, E. L.; PEREIRA, E. S.; DA SILVA, L. D. D. F.; PRADO-CALIXTO, O. P.; DE ARAÚJO BORGES, C. 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: Ciências Agrárias**, v. 36, p. 1111-1121, 2015.

ZEBELI, Q.; ASCHENBACH, J. R.; TAF AJ, M.; BOGHUN, J.; AMETAJ, B. N.; DROCHNER, W. Invited Review: Role of Physically Effective Fiber and Estimation of Dietary Fiber Adequacy in High-Producing Dairy Cattle. **Journal of Dairy Science**. v. 95, p. 1041–1056, 2012.

ZEBELI, Q.; M. TAF AJ, B. JUNCK, V. OLSCHLAGER, B. AMETAJ, AND W. DROCHNER. Evaluation of the response of ruminal fermentation and activities of nonstarch polysaccharide-degrading enzymes to particle length of corn silage in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 91, p. 2388-2398, 2008.

ZHAO, X. H.; ZHANG, T.; XU, M.; AND YAO, J. H. Effects of Physically Effective Fiber on Chewing Activity, Ruminal Fermentation, and Digestibility in Goats. **Journal of Animal Science**, v. 89, p. 501-509, 2011.

ZOTTI, C.C.; SILVA, A.P.; CARVALHO, R.; MARINO, C.T.; RODRIGUES, P.H.M.; SILVA, L.F.P.; MCALLISTER, T.A.; LEME, P.R. Monensin and A Blend of Castor Oil and Cashew Nut Shell Liquid Used in A High-Concentrate Diet Abruptly Fed to Nellore Cattle. **Journal of Animal Science**, v. 95, p. 4124-4238, 2017.

4. EXIGÊNCIA DE FDN FISICAMENTE EFETIVA DE FORRAGEM (FDN_{fef}) PARA CORDEIROS CONFINADOS COM DIETAS À BASE DE MILHO INTEIRO: DESEMPENHO, METABOLITOS SANGUÍNEOS, CARACTERÍSTICAS DE CARCAÇA E COMPORTAMENTO INGESTIVO

Resumo

O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da inclusão de teores de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem (FDN_{fef}) em dietas à base de grãos de milho inteiros sobre o desempenho, metabolitos sanguíneos, características de carcaça e comportamento ingestivo. Foram utilizados 45 cordeiros não castrados mestiços (Dorper x Santa Inês), com peso médio inicial de $22,6 \pm 5,3$ kg e idade média de 88 ± 10 dias. O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados com 5 tratamentos e 9 blocos, os blocos foram definidos de acordo com o peso e idade inicial dos animais. As dietas experimentais foram as que seguem: CONT (controle positivo) – dieta à base de grãos de milho moídos contendo 7,2% de FDN_{fef} ; 0% de FDN_{fef} – dieta à base de grãos de milho inteiros sem forragem; 3,6 FDN_{fef} – dieta à base de grãos de milho inteiros contendo 3,6% de FDN_{fef} ; 7,2 FDN_{fef} – dieta à base de grãos de milho inteiros contendo 7,2% de FDN_{fef} ; 10,8 FDN_{fef} – dieta à base de grãos de milho inteiros contendo 10,8% de FDN_{fef} (% da MS). O aumento na inclusão de FDN_{fef} nas dietas diminuiu linearmente o CMS ($P < 0,0001$), o GMD ($P < 0,0001$), a EA ($P = 0,02$), o peso final corporal final ($P < 0,01$), a concentração sérica de AST ($P = 0,01$) e glicose ($P = 0,03$), e diminuiu o peso corporal ao abate ($P < 0,001$), PCQ ($P < 0,001$), PCF ($P < 0,001$), RCF ($P < 0,01$), espessura de parede corporal ($P < 0,001$), escore de adiposidade ($P < 0,01$), gordura peri-renal ($P < 0,0001$) e AOL ($P = 0,001$). Na comparação com a dieta CONT, os animais que receberam a dieta 0% de FDN_{fef} apresentaram maior GMD ($P = 0,001$), EA (0,006), PCA ($P < 0,01$), PCQ ($P < 0,01$), PCF ($P < 0,01$) e RCF ($P = 0,05$). Os teores crescentes de FDN_{fef} diminuíram linearmente a área ($P = 0,02$) e altura das papilas ruminais ($P = 0,008$). Os tempos de ruminação e mastigação (min/d) apresentaram resposta quadrática, cujo maior tempo de ruminação ($P = 0,001$) foi observado com o teor de 7,2% de FDN_{fef} e o maior tempo de mastigação ($P = 0,006$) com o teor de 10,8% de FDN_{fef} . Nenhuma das dietas provocou qualquer tipo de lesão sugestiva de ruminite. Contudo, na avaliação de abscesso hepático, dois animais da dieta 0% de FDN_{fef} apresentaram 2 pequenos abscessos hepáticos cada (escore A-). O uso de milho inteiro em dietas para cordeiros dispensa totalmente qualquer teor de inclusão de forragem. O milho inteiro mostrou ser uma excelente opção para terminação de cordeiros, pois melhora em muito o desempenho dos animais e as características quantitativas das carcaças, com destaque para o aumento no GMD, na eficiência alimentar, no rendimento de carcaça fria e no peso dos cortes principais.

Palavras-chave: Ovinos, Confinamento, FDN, Exigência, Grãos inteiros.

Abstract

The aim of the present study was to evaluate the effect of increasing levels of physically effective neutral detergent fiber of forage (pefNDF) in a whole corn grain-based diet on performance, blood metabolites, carcass characteristic and ingestive behavior of feedlot lambs. Forty-five no castrated Dorper x Santa Inês ram lambs were used, with 22.6 ± 5.3 kg of initial BW and 88 ± 10 d old. The experimental design was in a randomized complete block with 5 treatments and 9 blocks, the blocks were defined by initial BW and age of the Animals. The experimental diets were formulated to be isonitrogenous. The experimental diets were: CONT (positive control) – ground corn-based diet with 7.2% pefNDF ; 0pefNDF – whole corn grain-based diet without forage; 3.6pefNDF – whole corn grain-based diet with 3.6% of pefNDF ; 7.2pefNDF – whole corn grain-based diet with 7.2% of pefNDF ; 10.8pefNDF – whole corn grain-based diet with 10.8% of pefNDF . The increasing levels of pefNDF to whole corn grain-based diets linearly decreased the DMI ($P < 0.0001$), ADG ($P < 0.0001$), FE ($P = 0.02$), final BW ($P < 0.01$), AST ($P = 0.01$) and glucose ($P = 0.03$) concentration, and decreased the BW at slaughter ($P < 0.001$), HCW ($P < 0.001$); CCW ($P < 0.001$), CCY ($P < 0.01$), body wall thickness ($P < 0.001$), adiposity score ($P < 0.01$), perirenal fat ($P < 0.0001$) and LM area ($P = 0.001$). In comparison with the CONT, the Animals that received the 0% de FDN_{ref} diet had higher ADG ($P = 0.001$), FE (0.006), BW at slaughter ($P < 0.01$), HCW ($P < 0.01$), CCW ($P < 0.01$) and CCY ($P = 0.05$). The increasing levels of pefNDF linearly decreased the area ($P = 0.02$) and length of ruminal papillae ($P = 0.008$). The rumination and chewing times (min/d) showed a quadratic response, whose higher rumination time ($P = 0.001$) was observed with 7.2% pefNDF and the higher chewing time ($P = 0.006$) with 10.8% of pefNDF . None of the diets caused any types of lesion suggestive of ruminitis. Nevertheless, in the evaluation of liver abscess, two Animals in the diet containing whole corn without forage showed two small hepatic abscesses each (score A-). The use of whole corn in lambs' diets does not require any forage content. Whole corn proved to be an excellent option for finishing lambs, because it greatly improves the performance of the lambs and the quantitative characteristics of the carcasses, with emphasis on the increase in ADG, feed efficiency, chilled carcass yield and the weight of the main cuts.

Key words: Sheep, Feedlot, FDN, Requirement, Whole grains.

4.1. Introdução

Ainda que não existam dados consolidados, é notório o aumento no número de confinadores de cordeiros no Brasil, os quais utilizam na maioria das vezes dietas ricas em concentrado. Dentre os alimentos utilizados, o grão de milho destaca-se como a principal fonte energética utilizada em dietas de confinamento no Brasil (PINTO; MILLEN, 2018). O aumento na concentração energética da dieta a partir da utilização do milho tem como foco principal a produção de cordeiros precoces para o abate, visando produzir carne de boa qualidade e que atenda aos requisitos do

mercado consumidor (GALLO *et al.*, 2019). Com o desenvolvimento de estratégias agrônômicas de cultivo, o Brasil se tornou um importante produtor de grãos, o que permitiu redução de custos e maior acesso, por parte dos criadores, aos cereais energéticos e proteicos. Esse foi um marco para a pecuária nacional, a qual passou a utilizar cada vez mais alimentos concentrados na formulação das dietas.

Apesar de proporcionar excelentes resultados em relação ao desempenho animal, permitindo a produção de cordeiros precoces para o abate, a utilização de dietas com elevada inclusão de grãos, e consequentemente reduzido teor de fibra, pode causar distúrbios metabólicos, tais como a redução da salivação, ruminação, motilidade ruminal, e reduções drásticas e prolongadas de pH ruminal, assim reduzindo o desempenho, podendo até causar morte dos animais (HERNÁNDEZ *et al.*, 2014; KRAJCARSKI-HUNT *et al.*, 2002;). Em pesquisa realizada por Pinto e Millen (2018), com 33 nutricionistas de bovinos de diferentes regiões do país, observou-se que a média de inclusão de forragem nas dietas de terminação foi de 20,6%, o que caracteriza as chamadas dietas de alto concentrado. Nota-se que as formulações entraram em um extremo biológico, em que a inclusão de fibra em algumas situações é feita somente para manutenção mínima das condições fisiológicas dos animais.

Devido a essas novas estratégias alimentares, os nutricionistas começaram a se preocupar com os teores mínimos de fibra das dietas, uma vez que este parâmetro nutricional se correlaciona diretamente com a capacidade de produção de saliva e ruminação, que são de suma importância para saúde ruminal. O estímulo à mastigação de um ruminante é resultado da efetividade da porção fibrosa do vegetal, a qual é representada pela fibra em detergente neutro (FDN), também designada de carboidratos fibrosos, entidade essa composta pelas frações celulose e hemicelulose em associação com a lignina. Portanto, o papel da forragem nas dietas de terminação passou a ser o de estimular mecanicamente as funções ruminais (PRITCHARD, 2006) ao invés de ser fonte energética, como ocorria no passado.

Desta forma, existe a necessidade de determinar os valores de efetividade dos alimentos volumosos, buscando para isso metodologias laboratoriais e biológicas. Tendo em vista que o tamanho das partículas dos alimentos presentes na ração dos ruminantes é determinante para estimular a atividade mastigatória (MERTENS, 1997), a modificação da forma física do alimento pode alterar sua efetividade e o tempo de retenção, perfil de fermentação e o pH do ruminal. Pesquisas com vacas leiteiras demonstraram que uma quantidade mínima de fibras longas na dieta é essencial para

manter as funções ruminais, principalmente devido ao efeito sobre a atividade de mastigação e secreção de saliva, resultando em valores de pH adequados (BEAUCHEMIN, 1991; SWAIN E ARMENTANO, 1994). Armentano e Pereira (1997) observaram que dietas com o mesmo teor de fibra, mas com processamentos e tamanhos diferentes, contribuíram de forma distinta no estímulo à mastigação e consequentemente à salivação e ao pH ruminal. Sendo assim, vários outros termos foram introduzidos para dar suporte a efetividade da fração fibrosa seu efeito em estimular a mastigação e ruminação, no entanto, o que mais se difundiu foi o de fibra efetiva (FDN_e) para bovinos de leite, e o de fibra fisicamente efetiva (FDN_{fe}) para bovinos de corte.

Nos últimos anos, devido à grande diversidade de ingredientes com elevado teor de FDN, cresceu adoção do conceito de FDN_{fe} por parte dos nutricionistas para a formulação de dietas de terminação em confinamento, assim como, devido a utilização de subprodutos e coprodutos, surgindo também o conceito de FDN_{fef} , o qual se refere ao teor mínimo de FDN_{fe} presente na dieta advindo exclusivamente de forragens. Para bovinos de corte já existem exigências bem consolidadas de FDN_{fe} em dietas de terminação, podendo variar de 7 a 10% nos modelos de Fox e Tedeschi (2002), com vistas em manter o pH ruminal em aproximadamente 6,0. Porém, quando se trata de ovinos, segundo Cannas *et al.* (2004) é recomendado a utilização de 20 a 24,5% de FDN na MS em dietas de terminação de cordeiros, entretanto, existem poucos trabalhos na literatura e ainda não são consolidadas as exigências mínimas de FDN_{fe} ou FDN_{fef} .

Tendo em vista a necessidade de otimização do uso de dietas com elevado teor de concentrado, diminuição dos custos operacionais do sistema de produção e atender as exigências do mercado consumidor por carne ovina de qualidade no Brasil. O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da inclusão de teores crescentes de FDN_{fef} em dietas de terminação à base de milho inteiro sobre o desempenho, características de carcaça, comportamento ingestivo, desenvolvimento gastrointestinal e parâmetros sanguíneos de cordeiros mestiços Dorper x Santa Inês em confinamento.

4.2. Material e Métodos

4.2.1. Local, animais e instalações experimentais

O experimento foi realizado nas instalações para confinamento de cordeiros do Sistema Intensivo de Produção de Ovinos e Caprinos (SIPOC) do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, localizada em Piracicaba-SP (22° 42' 24" S e 47° 37' 53" O), Brasil. O experimento foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA/ESALQ), protocolo nº 7909050620.

Foram utilizados 45 cordeiros não castrados, mestiços (Dorper x Santa Inês), com peso médio inicial de $22,6 \pm 5,3$ kg e idade média de 88 ± 10 dias. Todos os animais desse experimento pertenciam ao rebanho do SIPOC e receberam durante a fase inicial e de pré-desmama dieta contendo 100% de concentrado em sistema de *creep feeding*. Após o desmame com $58,0 \pm 9,0$ dias de idade e peso médio de $17,6 \pm 3,8$ kg, os cordeiros continuaram recebendo a mesma dieta até o início do experimento.

4.2.2. Delineamento experimental, tratamentos e manejo alimentar

Utilizou-se o delineamento experimental de blocos completos casualizados com 5 tratamentos e 9 blocos. Os blocos foram definidos de acordo com o peso e idade dos animais no início do experimento. O período experimental teve duração de 100 dias, sendo 10 dias de adaptação e três subperíodos de 30 dias. Durante o período de adaptação os cordeiros receberam suas respectivas dietas experimentais (ração total), contudo, foram submetidos ao seguinte manejo de adaptação:

- 1º ao 2º dia: oferta de ração total equivalente a 2,0% do Peso corporal em Jejum (PCJ);
- 3º ao 4º dia: oferta de ração total equivalente a 2,4% do PCJ;
- 5º ao 6º dia: oferta de ração total equivalente a 2,8% do PCJ;
- 6º ao 8º dia: oferta de ração total equivalente a 3,2% do PCJ;
- 9º ao 10º dia: oferta de ração total equivalente a 3,6% do PCJ;
- A partir do 11º dia: oferta de ração total para garantir consumo *ad libitum*.

As dietas experimentais foram as que seguem: CONT (controle positivo) – dieta à base de grãos de milho moídos contendo 7,2% de FDN_{fef} ; 0% de FDN_{fef} – dieta à base de grãos de milho inteiros sem forragem; 3,6 FDN_{fef} – dieta à base de grãos de milho inteiros contendo 3,6% de FDN_{fef} ; 7,2 FDN_{fef} – dieta à base de grãos de milho inteiros contendo 7,2% de FDN_{fef} ; 10,8 FDN_{fef} – dieta à base de grãos de milho inteiros contendo 10,8% de FDN_{fef} . A fonte de forragem utilizada foi o feno de *coastcross*. As dietas experimentais foram formuladas para serem isonitrogenadas, utilizando-se o “*Small Ruminant Nutrition System*” (SRNS) versão 1.9.6290.40564 (CANNAS *et al.*, 2004), as quais estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 8. Proporção dos ingredientes, caracterização física e composição química das dietas experimentais (% MS).

Ingredientes (% MS)	% FDN _{ref} ¹				
	CONT	0	3,6	7,2	10,8
Feno de “coastcross”	10	0	5	10	15
“Pellet” proteico ²	—	30	30	30	30
Grão de milho inteiro	—	70	65	60	55
Grão de milho moído	73	—	—	—	—
Farelo de soja	13	—	—	—	—
Ureia	0,50	—	—	—	—
Cloreto amônia	0,50	—	—	—	—
Calcário	1,50	—	—	—	—
Mistura mineral ³	1,50	—	—	—	—
Composição química (% MS) ⁴					
MS	89,90	88,20	88,50	88,90	89,20
MO	93,90	95,10	94,70	94,40	94,00
MM	6,10	4,90	5,30	5,60	6,00
PB	16,10	15,60	15,50	15,50	15,40
EE	3,80	2,90	2,80	2,80	2,70
FDN	20,00	10,16	13,08	16,00	18,92
FDN _{fer>1,18 mm}	10,29	10,16	12,72	15,80	18,78
FDN _{fer>4,00 mm}	2,48	10,16	12,14	15,29	18,36
FDN _{fef>1,18 mm}	7,23	0,00	3,60	7,20	10,80
FDN _{fef>4,00 mm}	6,10	0,00	3,05	6,10	9,15
FDA	7,19	3,76	5,31	6,86	8,41
CNF	54,00	65,00	61,70	58,40	55,10
Amido	55,40	42,60	40,40	38,20	36,10

Tabela 9. Proporção dos ingredientes, caracterização física e composição química das dietas experimentais (% MS).

Ingredientes (% MS)	% FDN _{ref} ¹				
	CONT	0	3,6	7,2	10,8
<i>“Penn State Particle Separator” – Retido (%)</i>					
19 mm	0,00	0,50	0,50	0,25	0,99
8 mm	6,71	58,21	52,36	44,31	47,89
4,00 mm	5,71	41,29	44,16	48,27	46,66
1,18 mm	39,05	0,00	2,23	4,45	3,22
>1,18 mm	48,53	0,00	0,74	2,72	1,24
TMP a 1,18 mm	1,93	7,50	6,91	6,56	6,07
TMP a 4,00 mm	2,40	8,98	8,32	7,98	7,46

¹CONT – dieta à base de grãos de milho moídos contendo 7,2% de FDN_{ref} e dietas à base de grãos de milho inteiros contendo 0 (0FDN_{ref}); 3,6 (3,6FDN_{ref}); 7,2 (7,2FDN_{ref}) e 10,8% (10,8FDN_{ref}) de FDN_{ref} (% da MS).

²Proporção dos ingredientes do "pellet" proteico: 43,3% grãos de milho moídos; 43,3% farelo de soja; 1,7% ureia; 1,7%, cloreto de amônia; 5,0% calcário; 5,0% mistura mineral; 16 mg/kg de monensina sódica (Elanco do Brasil, São Paulo, Brasil). Composição química (% MS): 89% MS; 31,5% PB; 10,4% FDN; 1,42% FDN_{ref}; 48,2% CNF; 2,3% EE; 15% MM; 2,6% EM (Mcal/kg MS).

³ Composição: 7,5% P; 13,4% Ca; 1,0% Mg; 7% S; 14,5% Na; 500 ppm Fe; 300 ppm Cu; 4600 ppm Zn; 15 ppm Se.

⁴MS: matéria seca; MO: Matéria Orgânica; PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; FDN_{ref}>1,18 mm: fibra em detergente neutro fisicamente efetiva retida em peneiras superiores a 1,18 mm; FDN_{ref}>4,00 mm: fibra em detergente neutro fisicamente efetiva retida em peneiras superiores a 4,00 mm; FDN_{ref}>1,18 mm: fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem retida em peneiras superiores a 1,18 mm; FDN_{ref}>4,00 mm: fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem retida em peneiras superiores a 4,00 mm; CNF: carboidratos não fibrosos; EE: extrato etéreo; MM: matéria mineral, EM: energia metabolizável (NRC (1984): EM (Mcal/ kg dia): NDT(kg) * 4,4 * 0,82); TMP a 1,18 mm: tamanho médio de partículas retidas em peneiras superiores a 1,18 mm; TMP a 4,00 mm: tamanho médio de partículas retidas em peneiras superiores a 4,00 mm.

O feno de *costcross* foi moído utilizando-se um moedor (Nogueira® DPM – 4, Itapira, Brasil) equipado com peneira com crivos de 20 mm (Tabela 2). Para a dieta CONT o feno foi misturado ao milho moído, farelo de soja, ureia, calcário, mistura mineral, cloreto amônia e monensina sódica (Elanco do Brasil, São Paulo, Brasil) utilizando-se um misturador horizontal com capacidade para 500 kg (Lucato®, Limeira, Brasil). A monensina sódica (Elanco do Brasil, São Paulo, Brasil) foi adicionada na proporção de 16 mg/kg de MS. O grão de milho inteiro, o “pelllet” e o feno foram pesados em balança eletrônica de precisão de 1 g (Marte®, LC 100, São Paulo, Brasil) e misturados imediatamente antes do fornecimento, sendo em seguida ofertadas *ad libitum* às 8 horas da manhã. No dia seguinte, anteriormente a pesagem das rações

experimentais, foi realizada a leitura de cocho para definir a quantidade a ser ofertada, cujas sobras foram mantidas abaixo de 10% da quantidade ofertada.

Tabela 2. Composição química e física dos ingredientes das dietas experimentais (% MS).

Item ¹	Ingredientes		
	Feno	Milho Inteiro	<i>Pellet</i> ²
MS	94,80	87,71	89,34
MO	89,67	96,94	88,67
MM	10,33	3,06	11,33
PB	11,02	9,23	32,92
EE	2,11	3,60	2,57
FDN	72,49	11,72	11,06
FDN _{fe} >1,18 mm	72,32	11,55	8,96
FDN _{fe} >4,00 mm	61,03	11,50	8,37
FDA	36,55	4,16	4,52
CNF	0,05	70,67	40,69
Amido	5,18	56,33	32,09
<i>"Penn State Particle Separator" – Retido (%)</i>			
19 mm	47,06	0,00	0,00
8 mm	18,33	79,15	2,64
4,00 mm	18,82	18,96	73,06
1,18 mm	15,55	0,47	5,32
>1,18 mm	0,24	1,42	18,98
TMP a 1,8 mm	12,46	9,37	2,85
TMP a 4,00 mm	12,14	10,28	4,49

¹MS: matéria seca; MO: Matéria Orgânica; PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; FDN_{fe}>1,18 mm: fibra em detergente neutro fisicamente efetiva a 1,18 mm; FDN_{fe}>4 mm: fibra em detergente neutro fisicamente efetiva a 4 mm; FDN_{fe}>1,18 mm: fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem a 1,18 mm; FDN_{fe}>4 mm: fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem a 4,00 mm; CNF: carboidratos não fibrosos; EE: extrato etéreo; MM: matéria mineral, EM: energia metabolizável; TMP a 1,18 mm: tamanho médio de partículas a 1,18 mm; TMP a 4 mm: tamanho médio de partículas a 4 mm.

²*Pellet* proteico: Proporção dos ingredientes do "pellet" proteico: 43,3% de grãos de milho moídos; 43,3% de farelo de soja; 1,7% de ureia; 1,7% de cloreto de amônia; 5,0% de calcário; 5,0% de mistura mineral; 16 mg/kg de monensina sódica (Elanco do Brasil, São Paulo, Brasil). Composição química (% MS): 89% MS; 31,5% PB; 10,4% FDN; 1,42% FDN_{fe}; 48,2% CNF; 2,3% EE; 15% MM; 2,6% EM (Mcal/kg MS).

4.2.3. Comportamento Ingestivo

No dia da avaliação do comportamento ingestivo, as rações foram pesadas em balança eletrônica com precisão de 1 g (Marte®, LC 100, São Paulo, Brasil) e ofertadas para consumo *ad libitum*, visando evitar seleção de alimentos e manter as sobras inferiores a 10% da quantidade ofertada, tendo como base o consumo médio observado na semana anterior.

As avaliações do comportamento ingestivo foram realizadas nos dias 39, 65 e 93 do experimento de confinamento. Portanto, os animais já estavam bem adaptados às dietas e as condições experimentais. Em cada dia de avaliação, o comportamento ingestivo de cada animal foi observado por 24 horas, com observações realizadas a cada 5 minutos. Dois observadores devidamente treinados foram utilizados para cada turno de avaliação com duração de 3 horas. Foram determinados os tempos gastos com ingestão, ruminação, ócio e água. O tempo despendido em cada atividade (expresso em min/d) foi calculado por meio da multiplicação do número de observações por 5. O tempo total de mastigação foi considerado como a soma dos tempos de ingestão e ruminação (WEIDNER; GRANT, 1994), os tempos de ingestão, ruminação e mastigação também foram expressos em min/g de MS, min/g de FDN e min/g de FDN_{fe} consumida. Imediatamente após cada dia de avaliação as sobras foram colhidas e amostradas (10%) para posterior determinação da composição química e cálculo do consumo de MS, FDN e FDN_{ref}.

4.2.4. Análises laboratoriais e cálculos

Depois de descongeladas, as amostras dos ingredientes, das dietas experimentais ofertadas e sobras, foram secas em estufa de ventilação forçada a 55 °C por 72 horas. Em seguida todas as amostras foram moídas em moinho tipo Wiley (Marconi, Piracicaba, Brasil) com peneiras com crivos de 1,0 mm. O teor de matéria seca (MS) foi determinado por meio da secagem em estufa a 105°C por 24 horas, a matéria orgânica (MO) foi obtida por meio da incineração da amostra em mufla a 550°C por 4 horas (AOAC, 1990; #930.15#942.05). A concentração de nitrogênio total foi determinada através da combustão da amostra utilizando um aparelho Leco FP528 (Leco Corporation, St. Joseph, MI), conforme a AOAC (1997; #990.03). O extrato etéreo foi determinado utilizando um aparelho Ankom XT15 (Ankom Tech. Corp.,

Macedon, NY; AOAC, 1990; #920.39). A concentração de FDN e FDA foi determinada em um aparelho Ankom A2000 (Ankom Tech. Corp., Macedon, NY; AOAC, 1990; #968.06) segundo Van Soest *et al.* (1991), utilizou-se α -amilase termoestável e sulfito de sódio, e posteriormente as amostras foram incineradas em mufla a 550 °C por 4 h corrigido para determinação da FDN e FDA livre de cinzas. O amido foi determinado conforme metodologia proposta por Bach Knudsen (1997), com adaptações sugeridas por Caetano (2008) utilizando o kit Megazyme (AOAC, 1995; #996.11).

O tamanho médio de partículas (TMP) dos ingredientes, das dietas e das sobras, foi determinado utilizando o Penn State Particle Separator (PSPS) projetado por Lammers *et al.* (1996), o tamanho de partículas foi determinado como a soma das proporções da amostra retida na peneira de 1,18 mm (>1,18 mm) e 4,00 mm (>4,00 mm). Assim, os valores foram determinados para TMP (> 1,18 mm) e TMP (>4,00 mm) de cada ingrediente e dieta experimental, além da determinação do percentual retido em cada peneira. Posteriormente, a determinação da fibra em detergente neutro fisicamente efetiva da ração total (FDN_{fer}) e dos ingredientes foi realizada conforme Heinrichs e Kononoff (2002). A fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem (FDN_{fe}) foi determinada pela multiplicação da FDN_{ie} da forragem (feno de *coastcross*) pelo teor de inclusão de forragem nas dietas experimentais.

Os carboidratos não fibrosos (CNF) foram estimados de acordo com Hall (2000):

$$\text{CNF (\%)} = 100\% - (\% \text{ FDN} + \% \text{ CP} + \% \text{ EE} + \% \text{ MM})$$

O NDT foi calculado de acordo com Weiss *et al.* (1992) por meio da equação:

$$\text{NDT (\%)} = \% \text{ PBdigestível} + (\% \text{ EEdigestíveis} \times 2,25) + \% \text{ FDNdigestível} + \% \text{ CNFdigestível}$$

As estimativas de energia metabolizável (EM) seguirão as recomendações do NRC (1984):

$$\text{EM (Mcal/kg.dia)} = \text{NDT(kg)} * 4,4 * 0,82$$

4.2.5. Escore de consistência fecal

Durante a última semana de cada subperíodo experimental, 25º ao 30º dia, foi realizado a avaliação do escore de consistência fecal, conforme a metodologia descrita por Dickson e Jolly. (2011). Foram atribuídas notas de 1 a 5: 1- fezes com formato uniforme e rígidas; 2- fezes levemente desuniformes e friáveis; 3 - fezes

desuniformes, forma uma pilha macia; 4 - fezes pastosas, forma uma pilha solta; 5 - fezes líquidas, inclui diarreia, conforme a Figura 1:

Escore 1 – fezes com formato uniforme e rígidas.
Escore 2 – fezes levemente desuniformes e friáveis.
Escore 3 – fezes desuniformes, forma uma pilha macia.
Escore 4 – fezes pastosas, forma uma pilha solta.
Escore 5 – fezes líquidas, inclui diarreia.

Figura 1. Escore de consistência fecal, adaptado de Dickson e Jolly. (2011).

4.2.6. Abate dos animais e características da carcaça

Ao final do período de confinamento todos os animais foram abatidos após jejum de sólidos por 16 horas. Imediatamente antes do abate os animais foram pesados para obtenção do peso corporal ao abate (PCA) e foi realizada a tomada do escore de condição corporal (THOMPSON; MEYER, 1994). As carcaças quentes foram pesadas (PCQ), em seguida foi realizada a medida do pH das carcaças quentes (pHCQ) utilizando pHmêtro digital (DIGIMED® DM20, São Paulo, Brasil) no músculo *Longissimus lumborum* entre a 12^a e 13^a costelas. Posteriormente, as carcaças foram

resfriadas durante 24 horas a 4 °C e novamente pesadas para a obtenção do peso da carcaça fria (PCF). O rendimento da carcaça quente (RCQ), rendimento da carcaça fria (RCF) e perda por resfriamento (PR) foram calculados pelas fórmulas:

$$RCQ = \left(\frac{PCQ}{PCA} \right) \times 100;$$

$$RCF = \left(\frac{PCF}{PCA} \right) \times 100$$

$$PR = [(PCQ - PCF)/PCQ] \times 100$$

Após o processo de evisceração dos animais, os órgãos dos animais foram separados em duas caixas e pesados, essas caixas foram classificadas em vísceras vermelhas para pesagem de cada órgão, sendo o fígado, pulmão-traqueia, baço e coração. E a outra caixa classificada como vísceras brancas, onde foram dissecados separadamente os pré-estômagos e intestinos, e posteriormente aferido a massa do trato gastrointestinal cheio e vazio, retículo, omaso, abomaso, ceco, intestino grosso e intestino delgado. Também foi pesada a gordura omental, o diafragma e aferido o volume ruminal.

Durante a avaliação de carcaça, foram realizadas as medidas da espessura de gordura subcutânea (EGS) sobre o músculo *Longissimus lumborum*, entre 12ª e 13ª costelas dos dois lados da carcaça utilizando-se um paquímetro digital (Motutoyo, Suzano, Brasil) graduado em milímetros. A face exposta do músculo *Longissimus lumborum* foi desenhada em papel vegetal, posteriormente sua área foi mensurada com auxílio de um planímetro graduado em cm² para obtenção da área de olho de lombo (AOL). A partir dos valores obtidos do lado direito e esquerdo da carcaça, foi calculada a média aritmética da EGS e AOL por carcaça. Também foi medida a espessura de parede corporal (EPC), escore de marmoreio (EM) e escore de adiposidade (EADP), comprimento interno e externo de carcaça (CIC, CEC), profundidade de tórax (PT), perímetro de pernil (PP), comprimento de pernil (CP) e perímetro de garupa (PG), foram determinados também o índice de compactidade de carcaça (ICC): PCF/CIC, e também o índice de compactidade de pernil (ICP): peso do pernil/CP (CEZAR; WANDRICK, 2007). Logo após este processo, as carcaças foram desossadas para a aferição do rendimento dos cortes, paleta, matambre, costela, pescoço, pernil, rabo, lombo, e também foi pesada a gordura peri-renal e os rins.

4.2.7. Avaliação da Morfologia ruminal

Após o abate e obtenção das vísceras, um fragmento de aproximadamente 1 cm² da região cranial do saco dorsal do rúmen de cada animal foi coletado e foi realizada a contagem do número de papilas por três avaliadores (RESENDE JÚNIOR *et al.*, 2006; PEREIRA *et al.*, 2020). Após a contagem do número de papilas, doze papilas foram removidas aleatoriamente do fragmento e juntamente com esse fragmento foram dispostas em lâminas de vidro e escaneadas em um scanner (Samsung SCX 4200, São Paulo, Brasil).

As variáveis morfológicas macroscópicas avaliadas foram número de papilas por cm² de parede (NP), altura, largura e área média das papilas (AMP), área da superfície absorviva por cm² de parede (ASA) e porcentagem de papilas por área de superfície absorviva (% papilas/ASA). A área da superfície absorviva bem como a área e a altura das papilas foram mensuradas utilizando-se o programa para análise de imagens ImageJ. A área de superfície absorviva da parede (ASA) em centímetros quadrados foi calculada como: $1 + (NP \times AMP) - (NP \times 0,002)$, onde 1 representa 1 cm² de fragmento coletado e 0,002 é a área basal estimada das papilas em centímetros quadrados. A área das papilas, expressa em porcentagem de ASA, foi calculada como: $(NP \times AMP)/(ASA \times 100)$ (RESENDE Jr. *et al.*, 2006; PEREIRA *et al.*, 2020).

4.2.8. Lesões sugestivas de Ruminite

A classificação quanto às lesões sugestivas de ruminítes foram realizadas pela abertura longitudinal do rúmen, onde foi observada a presença de lesões no epitélio, as quais foram classificadas conforme Garcia Neto *et al.* (2018), em lesões do tipo I, II, III, IV, V e VI, conforme a Figura 2.

Figura 2. Padrões de lesão macroscópica no rúmen de bovinos acometido por ruminite em consequência de distúrbios metabólicos em decorrência da ingestão excessiva de carboidratos altamente fermentáveis no rúmen. Em (A): lesão tipo I ou “retalhos aderentes”. Em (B): lesão tipo II ou “erosiva” com hemorragia (seta). Em (C): lesão tipo III ou “pseudomembranosa” com membrana diftérica (seta). Em (D): lesão tipo IV ou “ulcerativa”. Em (E): lesão tipo V ou “retração cicatricial”. Em (F): lesão tipo VI ou “vilosidades aderidas” (seta).

4.2.9. Abscesso hepático

Após a separação e pesagem do fígado, foi realizada a observação de abscessos hepáticos de acordo com Garcia Neto *et al.* (2018). A avaliação foi realizada a partir da palpação e de cortes longitudinais no órgão, foi atribuído escore de 0 a A+, sendo 0 = nenhum abscesso; A- = 1 ou 2 abscessos pequenos ou resquício cicatricial de abscesso; A = 2 ou 4 abscessos bem organizados; A+ = 1 ou mais abscessos grandes ou múltiplos abscessos pequenos e ativos.

4.2.10. Colheita de sangue para análises sanguíneas

Ao término de cada subperíodo experimental foi realizada a colheita de sangue de todos os animais 4 horas após o arraçoamento. As colheitas foram realizadas via

punção da veia jugular em dois tubos a vácuo, um com ativador de coágulo e outro com EDTA e fluoreto de sódio. As amostras de sangue coletadas em tubos com EDTA e fluoreto de sódio foram direcionadas para as análises de ureia e glicose. As amostras de sangue coletadas em tubos com ativador de coágulo foram destinadas para as análises de insulina, aspartato-aminotransferase (AST) e gama-glutamil-transferase. Imediatamente após a colheita, as amostras foram centrifugadas a $3.000 \times g$ a 20°C por 15 minutos para separação do soro sanguíneo, uma alíquota correspondente a cada análise e animal foi coletada em mini tubos de 2,5 mL (Eppendorf, São Paulo, Brasil), identificada e armazenada a -20 °C para posterior análise.

4.2.11. Aspartato-aminotransferase (AST) e gama-glutamil-transferase (GGT)

A concentração sérica das enzimas aspartato-aminotransferase (AST) e gama-glutamil-transferase (GGT) foi determinada segundo a metodologia descrita por Schmid e Fostner (1986), em analisador bioquímico Randox, marca AMS, utilizando-se kit comercial (Biosystems, Curitiba, Brasil) junto a Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ/USP) em São Paulo, laboratório de pesquisa do departamento de clínica médica.

4.2.12. Glicose e Ureia

A concentração de glicose e ureia plasmática foi determinada utilizando um espectrofotômetro de microplacas PowerWave HT (Biotec, Winooski, EUA), utilizando-se kits comerciais Glicose Liquiform e Ureia CE (Labtest, Lagoa Santa, Brasil) e seguindo o procedimento operacional padrão descrito no manual de instruções.

4.2.13. Insulina

As dosagens hormonais de insulina foram realizadas utilizando o método de quimiluminescência automatizada (Immulite® 1000, Siemens Healthineers, Deerfield,

IL, USA) através de Kits comerciais do Immulite 1000 (Siemens Healthineers, Belo Horizonte, Brasil) para determinação de insulina.

4.2.14. Análise estatística

Os dados foram analisados usando o procedimento para modelos mistos do programa computacional “*Statistical Analysis System*” (SAS, versão 9.4, 2018), de acordo com o modelo estatístico que segue para medidas repetidas no tempo: $Y = \mu + A_i + B_j + T_k + P_l + (TP)_{kl} + E_{ijkl}$, em que: μ = média geral, A_i = efeito de animal ($i = 1$ a 45) B_j = efeito de bloco ($j = 1$ a 9), T_k = efeito de tratamento ($k = 1$ a 5), P_l = efeito de período ($l = 1$ a 3), $(TP)_{kl}$ = interação entre tratamento e período experimental, E_{ijkl} = erro residual.

Para medidas únicas, foi utilizado o seguinte modelo: $Y = \mu + A_i + B_j + T_k + E_{ijk}$, em que: μ = média geral, A_i = efeito de animal ($i = 1$ a 45) B_j = efeito de bloco ($j = 1$ a 9), T_k = efeito de tratamento ($k = 1$ a 5), E_{ijk} = erro residual.

A matriz de covariância que melhor se ajustou aos conjuntos de dados foi a “autoregressiva” (AR 1). As médias foram obtidas utilizando o comando LSMEANS. Os efeitos dos teores de FDN_{ref} nas dietas foram avaliados por meio de polinômios ortogonais linear e quadrático. Foram realizados dois contrastes: 1 – CONT vs 0% de FDN_{ref} ; 2 – CONT vs dietas à base de grãos de milho inteiros associados com FDN_{ref} . Os efeitos de período e interação entre tratamentos e períodos foram determinados pelo teste F da análise de variância. Os efeitos foram declarados significativos quando $P \leq 0,05$.

4.3. Resultados

4.3.1. Desempenho

Não houve efeito dos tratamentos sobre o escore de consistência fecal, a média de todos os tratamentos foi igual a 1 (dados não apresentados).

Durante a fase de adaptação (1ª ao 10ª dia do período experimental), nas dietas a base de grão de milho inteiro a inclusão de FDN_{ref} aumentou o CMS em % do PC (efeito quadrático, $P = 0,04$) e em g/ kg de $PC^{0,75}$ (efeito linear, $P = 0,04$). No contraste com a dieta CONT, também se observou maior CMS (% do PC e g/ kg de $PC^{0,75}$) para

os animais que receberam as dietas à base de grãos de milho inteiros associados com FDN_{ref} . Apesar disso, não houve efeito dos tratamentos sobre o ganho de peso médio diário (GMD), eficiência alimentar (EA) e consequentemente sobre o peso dos animais no final do período de adaptação (Tabela 3).

Após a adaptação foi avaliado o desempenho dos animais no decorrer de três períodos experimentais. Não houve interação entre os tratamentos e os períodos para nenhuma das variáveis avaliadas. Por este motivo, todos os dados após o período de adaptação foram analisados de forma agrupada considerando o período experimental por inteiro (Tabela 3).

O CMS diminuiu linearmente ($P<0,0001$) em resposta ao aumento no teor de FDN_{ref} . Entretanto nos contrastes, os animais que receberam as dietas à base de grãos de milho inteiros associados com FDN_{ref} apresentaram menor CMS (kg/d, % do PC e g/ kg de PC^{0,75}; $P\leq 0,05$) em relação aos do tratamento CONT. Contudo, não houve diferença no CMS dos animais alimentados com a dieta 0% de FDN_{ref} em comparação aos da dieta CONT (Tabela 3).

Nas dietas com milho inteiro, os teores crescentes de FDN_{ref} diminuíram linearmente ($P<0,01$) o GMD, a EA e o peso final dos animais (Tabela 3). No contraste com a dieta CONT, o GMD, a EA e o peso corporal final foram superiores ($P<0,01$) para os animais alimentados com a dieta 0% de FDN_{ref} . Todavia, não houve diferença para nenhuma destas variáveis na comparação entre os animais alimentados com as dietas à base de grãos de milho inteiros associados à FDN_{ref} e os da dieta CONT.

Tabela 3. Efeito de teores de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem (FDN_{fef}) em dietas à base de grãos de milho inteiros sobre o desempenho de cordeiros em confinamento.

(continua)

Item ⁴	% FDN _{fef} ¹					EPM ²	Efeito ³					
	CONT	0	3,6	7,2	10,8		CONT*0%FDN _{fef}	CONT*FDN _{fef}	L	Q	P	T*P
Adaptação												
Idade Inicial, dias	89,4	86,7	86,3	89,0	87,1	1,50	—	—	—	—	—	—
PI, kg	22,59	22,38	22,21	22,39	22,33	0,81	—	—	—	—	—	—
PF, kg	24,17	24,23	24,29	23,67	24,08	0,76	0,91	0,76	0,54	0,66	—	—
GMD, g	0,158	0,186	0,208	0,128	0,174	0,01	0,56	0,75	0,42	0,70	—	—
CMS												
kg/dia	0,482	0,468	0,512	0,505	0,506	0,02	0,55	0,19	0,14	0,15	—	—
% do PC	2,06	2,02	2,20	2,19	2,18	0,03	0,59	0,04	0,02	0,04	—	—
g/ kg de PC ^{0,75}	45,04	44,08	48,15	47,78	47,71	0,7	0,58	0,05	0,04	0,07	—	—
EA, GMD/CMS	0,369	0,396	0,396	0,275	0,363	0,3	0,78	0,77	0,43	0,48	—	—

Tabela 3. Efeito de teores de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem (FDN_{fef}) em dietas à base de grãos de milho inteiros sobre desempenho de cordeiros em confinamento.

(conclusão)

Item ⁴	% FDN_{fef} ¹					EPM ²	Efeito ³					
	CONT	0	3,6	7,2	10,8		CONT*0% FDN_{fef}	CONT* FDN_{fef}	L	Q	P	T*P
Idade Inicial, dias	99,4	96,7	96,3	99,2	97,1	2,31	—	—	—	—	—	—
IF, dias	186,4	183,7	183,3	186,2	184,1	2,31	—	—	—	—	—	—
PI, kg	24,17	24,23	24,28	23,67	24,08	0,83	—	—	—	—	—	—
PF, kg	48,46	53,36	50,97	46,29	44,78	0,85	0,008	0,44	<0,0001	0,74	<0,0001	0,17
GMD, g	0,279	0,335	0,306	0,260	0,233	0,01	0,001	0,36	<0,0001	0,93	0,23	0,41
CMS												
kg/dia	0,992	1,047	1,047	0,883	0,794	0,02	0,16	0,009	<0,0001	0,11	<0,0001	0,80
% do PC	2,82	2,81	2,85	2,62	2,46	0,05	0,92	0,007	<0,0001	0,07	<0,0001	0,58
g/ kg de PC ^{0,75}	68,24	68,97	69,74	62,87	58,89	1,12	0,71	0,007	<0,0001	0,09	<0,0001	0,74
EA, GMD/CMS	0,284	0,325	0,299	0,294	0,288	0,01	0,006	0,40	0,02	0,35	<0,0001	0,19

¹CONT – dieta à base de grãos de milho moídos contendo 7,2% de FDN_{fef} e dietas à base de grãos de milho inteiros contendo 0 (0 FDN_{fef}); 3,6 (3,6 FDN_{fef}); 7,2 (7,2 FDN_{fef}) e 10,8% (10,8 FDN_{fef}) de FDN_{fef} (% da MS).

²EPM: Erro padrão da média.

³CONT*0% FDN_{fef} = CONT vs dieta à base de grãos de milho inteiros sem forragem; CONT* FDN_{fef} = CONT vs dietas à base de grãos de milho inteiros associados à FDN_{fef} (CONT vs 3,6 FDN_{fef} ; 7,2 FDN_{fef} e 10,8 FDN_{fef}); L = efeito linear; Q = efeito quadrático; P: efeito de período experimental; T*P: interação entre tratamento e período experimental.

⁴CMS: consumo de matéria seca; GMD: ganho médio diário de peso corporal; II: idade inicial; PI: peso inicial; PF: peso final; PC: peso corporal; PC^{0,75}: peso metabólico; EA = eficiência alimentar.

4.3.2. Metabólitos Sanguíneos

Não houve efeito de interação entre os tratamentos e os períodos experimentais para nenhuma das variáveis sanguíneas avaliadas (Tabela 4). Contudo, nas dietas à base de milho inteiro, o aumento no teor de FDN_{ref} diminuiu linearmente a concentração de aspartato-aminotransferase (AST) ($P = 0,01$) e glicose (mg/dL) ($P = 0,03$) e aumentou linearmente a concentração de ureia ($P=0,04$). Por meio dos contrastes, a concentração de ureia plasmática foi inferior ($P=0,04$) para os animais da dieta 0% FDN_{ref} em comparação aos da dieta CONT (Tabela 4).

Tabela 4. Efeito de teores de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem (FDN_{fef}) em dietas à base de grãos de milho inteiros sobre parâmetros sanguíneos de cordeiros.

Item ⁴	% FDN_{fef} ¹					EPM ²	Efeito ³					
	CONT	0	3,6	7,2	10,8		CONT*0% FDN_{fef}	CONT* FDN_{fef}	L	Q	P	T*P
AST, U/L	77,20	88,32	92,93	61,33	64,14	4,79	0,43	0,71	0,01	0,94	<0,001	0,61
GGT, U/L	56,53	54,99	50,37	50,51	49,34	2,00	0,81	0,23	0,35	0,65	<0,0001	0,49
Insulina, uIU/mL	18,43	22,96	11,66	16,11	15,69	1,86	0,46	0,43	0,26	0,12	<0,01	0,79
Glicose, mg/dL	96,52	104,52	100,68	91,19	92,44	2,36	0,17	0,71	0,03	0,56	<0,001	0,58
Ureia, mg/dL	42,61	36,77	42,03	42,53	43,19	1,13	0,04	0,99	0,04	0,28	<0,01	0,71

¹CONT – dieta à base de grãos de milho moídos contendo 7,2% de FDN_{fef} e dietas à base de grãos de milho inteiros contendo 0 (0 FDN_{fef}); 3,6 (3,6 FDN_{fef}); 7,2 (7,2 FDN_{fef}) e 10,8% (10,8 FDN_{fef}) de FDN_{fef} (% da MS).

²EPM: Erro padrão da média.

³CONT*0% FDN_{fef} = CONT vs dieta à base de grãos de milho inteiros sem forragem; CONT* FDN_{fef} = CONT vs dietas à base de grãos de milho inteiros associados à FDN_{fef} (CONT vs 3,6 FDN_{fef} ; 7,2 FDN_{fef} e 10,8 FDN_{fef}); L = efeito linear; Q = efeito quadrático; P: efeito de período experimental; T*P: interação entre tratamento e período experimental.

⁴AST: Aspartato-amino transferase; GGT: gama glutamil-transferase.

4.3.3. Comportamento Ingestivo

Na avaliação do comportamento ingestivo os animais da dieta 0% de FDN_{fe} apresentaram maior CMS em relação aos da dieta CONT ($P < 0,001$), além disso, o CMS diminuiu linearmente ($P < 0,0001$) em resposta ao aumento nos teores de FDN_{fef} nas dietas à base de milho inteiro (Tabela 5).

Por meio dos contrastes, observou-se que o CFDN e CFDN_{fe} foram menores para os animais que receberam as dietas contendo grãos de milho inteiros associados ou não à FDN_{fef} em comparação aos da dieta CONT ($P < 0,0001$). Contudo, o CFDN e CFDN_{fe} aumentaram linearmente ($P < 0,0001$) em resposta aos teores crescentes de FDN_{fef} (Tabela 5).

Os animais que receberam a dieta 0% de FDN_{fe} apresentaram menor ($P < 0,001$) tempo de ingestão expresso em min/dia e min/g de MS quando comparados aos da dieta CONT. Entretanto, nas dietas à base de milho inteiro, o tempo de ingestão em min/d e min/g de MS aumentou linearmente ($P < 0,01$) em função do aumento no teor de FDN_{fef} . Quando o tempo de ingestão foi expresso em min/g de FDN_{fe} observou-se maiores valores ($P < 0,01$) para os animais que receberam as dietas à base de grãos de milho inteiros associados ou não à FDN_{fef} (Tabela 5).

O fornecimento das dietas à base de grãos de milho inteiros diminuiu ($P \leq 0,01$) os tempos de ruminação e mastigação expressos em min/d e em min/g de MS consumida. Adicionalmente, nas dietas à base de grãos de milho inteiros observou-se efeito quadrático ($P < 0,01$) dos teores crescentes de FDN_{fef} nos tempos de ruminação e mastigação expressos em min/d e em min/g de MS consumida, cujos maiores tempos de ruminação (min/d e min/g de MS) foram observados para os animais que receberam a dieta contendo 7,2% de FDN_{fef} e os maiores tempos de mastigação para os animais que receberam a dieta contendo 10,8% de FDN_{fef} . Na comparação com a dieta CONT, quando o tempo de ruminação e mastigação foi expresso em min/g de FDN, observou-se maior ($P \leq 0,01$) valor para os animais que receberam as dietas à base de grãos de milho inteiros associados à FDN_{fef} . Por sua vez, quando o tempo de ruminação e mastigação foi expresso em min/g de FDN_{fef} observou-se maior ($P < 0,001$) valor para os animais que receberam as dietas à base de grãos de milho inteiros associados ou não a FDN_{fef} (Tabela 5).

Os animais que receberam as dietas à base de grãos de milho inteiros permaneceram maior ($P < 0,001$) tempo em ócio (min/d) em comparação aos da dieta

CONT, além disso, observou-se efeito quadrático ($P < 0,01$) dos teores de FDN_{fef} sobre o tempo em ócio, em que o maior valor foi observado para os animais que receberam a dieta 0% de FDN_{fef} e o menor valor para os animais que receberam a dieta a base de grãos de milho inteiros contendo 7,2% de FDN_{fef} (Tabela 5). Não houve diferença no tempo despendido para ingestão de água entre as dietas experimentais (Tabela 5).

Tabela 5. Efeito de teores de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem (FDN_{fef}) em dietas à base de grãos de milho inteiros sobre o comportamento ingestivo de cordeiros.

(continua)

Item ⁴	% FDN_{fef} ¹					EPM ²	Efeito ³					
	CONT	0	3,6	7,2	10,8		CONT*0% FDN_{fef}	CONT* FDN_{fef}	L	Q	P	T*P
N°. de animais	9	9	9	9	9	—	—	—	—	—	—	—
CMS, kg/d	1,313	1,496	1,415	1,313	1,221	0,02	0,0005	0,93	<0,0001	0,87	<0,0001	0,004
CFDN, g/d	295,86	162,76	174,28	200,14	239,54	7,35	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,16	<0,0001	0,0001
CFDN _{fe} , g/d	320,75	148,32	178,03	206,94	240,25	7,61	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,84	<0,0001	<0,0001
Ingerindo												
Min/d	185,37	138,33	162,41	167,96	175,17	4,5	<0,0001	0,08	0,003	0,34	<0,0001	0,10
Min/g de MS	0,15	0,10	0,12	0,13	0,14	0,004	<0,0001	0,03	<0,0001	0,62	<0,0001	0,87
Min/g de FDN	0,68	1,13	1,45	1,13	1,15	0,11	0,17	0,04	0,81	0,54	0,103	0,53
Min/g de FDN _{fe}	0,61	1,27	1,15	1,01	1,02	0,6	0,0001	0,001	0,11	0,58	0,0009	0,72
Ruminando												
Min/d	329,81	224,07	288,89	295,00	288,30	7,70	<0,0001	0,01	0,002	0,001	<0,0001	0,60
Min/g de MS	0,32	0,22	0,28	0,29	0,28	0,01	<0,0001	0,01	0,002	0,001	<0,0001	0,60
Min/g de FDN	1,15	1,88	2,28	1,89	1,73	0,13	0,06	0,01	0,5	0,31	0,67	0,59
Min/g de FDN _{fe}	1,04	2,13	1,93	1,72	1,60	0,09	<0,0001	0,0008	0,03	0,84	0,36	0,93

Tabela 5. Efeito de teores de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem (FDN_{fef}) em dietas à base de grãos de milho inteiros sobre o comportamento ingestivo de cordeiros.

(conclusão)												
Item ⁴	% FDN _{fef} ¹					EPM ²	Efeito ³					
	CONT	0	3,6	7,2	10,8		CONT*0%FDN _{fef}	CONT*FDN _{fef}	L	Q	P	T*P
Mastigando												
Min/d	515,19	362,41	451,3	462,96	464,15	9,62	<0,0001	0,002	<0,0001	0,006	<0,0001	<0,0001
Min/g de MS	0,50	0,35	0,44	0,45	0,45	0,001	<0,0001	0,002	<0,0001	0,006	<0,0001	0,72
Min/g de FDN	1,83	3,00	3,73	3,02	2,88	0,23	0,09	0,02	0,63	0,39	0,32	0,53
Min/g de FDN _{fe}	1,65	3,4	3,08	2,73	2,62	0,14	<0,0001	0,0003	0,03	0,71	0,05	0,84
Ócio, min/d	918,89	1066,48	982,59	966,67	967,31	9,51	<0,0001	0,0003	<0,0001	0,007	<0,0001	0,75
Água, min/d	5,93	11,11	6,11	10,37	7,94	1,10	0,12	0,42	0,63	0,59	0,22	0,69

¹CONT – dieta à base de grãos de milho moídos contendo 7,2% de FDN_{fef} e dietas à base de grãos de milho inteiros contendo 0 (0 FDN_{fef}); 3,6 (3,6 FDN_{fef}); 7,2 (7,2 FDN_{fef}) e 10,8% (10,8 FDN_{fef}) de FDN_{fef} (% da MS).

²EPM: Erro padrão da média.

³CONT*0% FDN_{fef} = CONT vs dieta à base de grãos de milho inteiros sem forragem; CONT* FDN_{fef} = CONT vs dietas à base de grãos de milho inteiros associados à FDN_{fef} (CONT vs 3,6 FDN_{fef} ; 7,2 FDN_{fef} e 10,8 FDN_{fef}); L = efeito linear; Q = efeito quadrático; P: efeito de período experimental; T*P: interação entre tratamento e período experimental.

⁴CMS: consumo de matéria seca; CFDN: consumo de FDN; CFDN_{fe} : consumo de FDN_{fe} .

4.3.4. Carcaças

Nos contrastes, observou-se que os animais que receberam a dieta 0% de FDN_{fef} apresentaram maior PVA ($P < 0,01$), PCQ ($P < 0,01$), PCF ($P < 0,01$), RCF ($P = 0,05$), EPC ($P < 0,001$), GPR ($P < 0,001$) e PG ($P = 0,04$) quando comparados aos da dieta CONT. Entretanto, o CIC ($P = 0,03$) e o pHCCQ ($P = 0,02$) foram inferiores para os animais que receberam as dietas à base de grãos de milho inteiros associados a FDN_{fef} . A EGS, CEC e o EM não foram afetados pelas dietas experimentais. Por sua vez, nas dietas à base de milho inteiro, o aumento no teor de FDN_{fef} ocasionou diminuição linear no PVA ($P < 0,001$), PCQ ($P < 0,001$), PCF ($P < 0,001$), RCF ($P < 0,01$), EPC ($P < 0,001$), escore de adiposidade de carcaça (EADP; $P < 0,01$), GPR ($P < 0,0001$), área de olho de lombo (AOL; $P = 0,001$), PG ($P = 0,03$), índice de compacidade de pernil (ICP; $P < 0,02$) e índice de compacidade de carcaça (ICC; $P < 0,0001$) (Tabela 6).

Tabela 6. Efeito de teores de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem (FDN_{fef}) em dietas à base de grãos de milho inteiros sobre as características de carcaça de cordeiros confinados.

(continua)

Item ⁴	% FDN_{fef} ¹					EPM ²	Efeito ³			
	CONT	0	3,6	7,2	10,8		CONT*0% FDN_{fef}	CONT* FDN_{fef}	L	Q
PCA, kg	49,13	54,37	51,98	46,26	44,57	1,12	<0,01	0,30	<0,001	0,80
PCQ, kg	27,08	30,88	29,30	24,92	24,25	0,80	<0,01	0,33	<0,001	0,57
PCF, kg	26,56	30,30	28,74	24,47	23,77	0,77	<0,01	0,33	<0,001	0,63
RCQ, %	54,96	55,65	56,14	53,93	54,27	0,37	0,52	0,85	0,10	0,91
RCF, %	53,88	55,79	55,08	52,95	53,12	0,34	0,05	0,83	<0,01	0,55
PR, %	1,96	1,75	1,90	1,83	2,02	0,07	0,38	0,82	0,34	0,91
EPC, mm	19,42	25,59	24,35	19,29	20,22	0,80	<0,001	0,12	<0,001	0,32
EGS, mm	2,18	2,36	2,57	1,85	2,38	0,17	0,71	0,82	0,69	0,67
EM	1,22	1,44	1,33	1,11	1,12	0,07	0,32	0,86	0,13	0,71
EADP	1,56	2,0	1,67	1,44	1,38	0,09	0,07	0,78	<0,01	0,42
GPR, kg	0,519	0,809	0,809	0,412	0,398	0,04	<0,001	0,73	<0,0001	0,89
AOL, cm ²	18,75	20,39	20,23	16,77	17,01	0,51	0,178	0,45	0,001	0,815
PT, cm	27,44	26,50	26,33	26,17	25,44	0,24	0,095	0,003	0,10	0,57
PG, cm	68,78	73,46	71,94	40,48	68,47	0,89	0,04	0,40	0,03	0,88
PP, cm	50,78	51,50	50,17	49,33	48,37	0,60	0,64	0,25	0,07	0,88

Tabela 6. Efeito de teores de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem (FDN_{fef}) em dietas à base de grãos de milho inteiros sobre as características de carcaça de cordeiros confinados.

(conclusão)

Item ⁴	% FDN_{fef} ¹					EPM ²	Efeito ³			
	CONT	0	3,6	7,2	10,8		CONT*0% FDN_{fef}	CONT* FDN_{fef}	L	Q
CP, cm	35,52	35,33	34,89	33,83	34,09	0,49	0,90	0,32	0,27	0,76
ICP, kg/cm	0,10	0,12	0,12	0,11	0,11	0,004	0,01	0,13	0,02	0,92
CEC, cm	62,54	62,56	61,28	61,28	60,17	0,52	0,99	0,08	0,054	0,92
CIC, cm	65,44	65,17	65,22	63,44	62,37	0,54	0,78	0,03	0,68	0,35
ICC, kg/cm	0,40	0,46	0,44	0,38	0,39	0,001	0,0008	0,81	<0,0001	0,44
pHCQ	7,00	6,79	6,62	6,72	6,86	0,046	0,13	0,02	0,80	0,13
pHCF	5,8	5,84	5,74	5,86	5,87	0,030	0,71	0,80	0,50	0,42

¹CONT – dieta à base de grãos de milho moídos contendo 7,2% de FDN_{fef} e dietas à base de grãos de milho inteiros contendo 0 (0 FDN_{fef}); 3,6 (3,6 FDN_{fef}); 7,2 (7,2 FDN_{fef}) e 10,8% (10,8 FDN_{fef}) de FDN_{fef} (% da MS).

²EPM: Erro padrão da média.

³CONT*0% FDN_{fef} = CONT vs dieta à base de grãos de milho inteiros sem forragem; CONT* FDN_{fef} = CONT vs dietas à base de grãos de milho inteiros associados à FDN_{fef} (CONT vs 3,6 FDN_{fef} ; 7,2 FDN_{fef} e 10,8 FDN_{fef}); L = efeito linear; Q = efeito quadrático.

⁴PCA: peso corporal ao abate; PCQ: peso de carcaça quente; PCF: peso de carcaça fria; RCQ: rendimento de carcaça quente; RCF: rendimento de carcaça resfriada; PR: perda por resfriamento; EPC: espessura de parede corporal; EG: espessura de gordura subcutânea; EM: escore de marmoreio; EADP: escore de adiposidade da carcaça; GPR: gordura peri-renal; AOL: área de olho de lombo; PT: perímetro de tórax; PG: perímetro de garupa; PP: perímetro de pernil; CP: comprimento de pernil; ICP: índice de compacidade de pernil; CIC: comprimento interno de carcaça; ICC: índice de compacidade de carcaça; pHQ: pH de carcaça quente; pHCF: pH de carcaça fria.

Na comparação com os animais que receberam a dieta CONT, o fornecimento da dieta 0% de FDN_{fef} aumentou o peso do pescoço ($P = 0,04$), paleta ($P < 0,0001$), costela ($P < 0,01$), lombo ($P < 0,01$), pernil ($P = 0,03$) e matambre ($P = 0,02$). Adicionalmente, o peso de todos estes cortes diminuiu linearmente ($P < 0,05$) com o aumento nos teores de FDN_{fef} (Tabela 7).

Tabela 7. Efeito de teores de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem (FDN_{fef}) em dietas à base de grãos de milho inteiros sobre o peso dos cortes da carcaça de cordeiros confinados.

Item	% FDN_{fef} ¹					EPM ²	Efeito ³			
	CONT	0	3,6	7,2	10,8		CONT*0% FDN_{fef}	CONT* FDN_{fef}	L	Q
Pescoço, kg	0,98	1,16	0,95	1,00	0,93	0,04	0,12	0,86	0,03	0,31
Paleta, kg	2,49	2,92	2,53	2,27	2,06	0,07	<0,0001	0,04	<0,0001	0,29
Costela, kg	3,54	4,12	3,88	3,23	3,19	0,12	<0,01	0,49	<0,0001	0,49
Lombo, kg	0,99	1,24	1,11	0,98	0,93	0,04	<0,01	0,80	<0,01	0,57
Pernil, kg	4,03	4,43	4,27	3,71	3,68	0,11	0,03	0,33	<0,0001	0,67
Matambre, kg	0,69	0,83	0,84	0,63	0,63	0,03	0,02	0,76	<0,001	0,90
Rabo, kg	0,12	0,15	0,19	0,13	0,10	0,01	0,43	0,56	0,15	0,37

¹CONT – dieta à base de grãos de milho moídos contendo 7,2% de FDN_{fef} e dietas à base de grãos de milho inteiros contendo 0 (0 FDN_{fef}); 3,6 (3,6 FDN_{fef}); 7,2 (7,2 FDN_{fef}) e 10,8% (10,8 FDN_{fef}) de FDN_{fef} (% da MS).

²EPM: Erro padrão da média.

³CONT*0% FDN_{fef} = CONT vs dieta à base de grãos de milho inteiros sem forragem; CONT* FDN_{fef} = CONT vs dietas à base de grãos de milho inteiros associados à FDN_{fef} (CONT vs 3,6 FDN_{fef} ; 7,2 FDN_{fef} e 10,8 FDN_{fef}); L = efeito linear; Q = efeito quadrático.

4.3.5. Desenvolvimento do trato gastrointestinal

Nos contrastes, na comparação com os animais da dieta CONT, observou-se que o peso do retículo foi superior ($P \leq 0,05$) para os animais que receberam as dietas à base de grãos de milho inteiros associados ou não a FDN_{ref} . Por sua vez, o peso do omento foi superior ($P < 0,01$) apenas para os animais que receberam a dieta 0% de FDN_{ref} . De forma contrária, os animais que receberam as dietas à base de milho inteiro contendo FDN_{ref} apresentaram menor ($P=0,03$) peso de ceco. O aumento nos teores de FDN_{ref} nas dietas à base de milho inteiro diminuiu linearmente o peso do ceco ($P<0,01$) e do omento ($P<0,0001$). O volume ruminal e os pesos do TGI cheio, TGI vazio, rúmen, omaso, abomaso, ID e IG não foram afetados pelas dietas experimentais (Tabela 8).

Na avaliação das papilas ruminais, o número, a área de papilas e porcentagem de papilas por área de superfície absorptiva não foram afetados pelas dietas experimentais. Entretanto, os animais que receberam as dietas à base de grãos de milho inteiros associados a FDN_{ref} apresentaram menor ($P = 0,02$) área de superfície absorptiva em comparação aos da dieta CONT, não havendo efeito dos teores de FDN_{ref} para esta variável (Tabela 9).

Quanto à avaliação do epitélio ruminal, nenhuma das dietas provocou qualquer tipo de lesão sugestiva de acidose. Contudo, na avaliação do fígado quanto a presença de abscesso hepático, dois animais da dieta 0% de FDN_{ref} apresentaram 2 pequenos abscessos hepáticos cada (escore A-) (dados não apresentados), nos animais dos demais tratamentos nenhum abscesso hepático foi observado.

Tabela 8. Efeito de teores de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem (FDN_{fef}) em dietas à base de grãos de milho inteiros sobre o volume ruminal e peso dos componentes do trato gastrointestinal de cordeiros confinados.

Item ⁴	% FDN_{fef} ¹					EPM ²	Efeito ³			
	CONT	0	3,6	7,2	10,8		CONT*0% FDN_{fef}	CONT* FDN_{fef}	L	Q
Volume ruminal, L	15,09	15,90	14,11	16,39	14,83	0,35	0,34	0,98	0,75	0,86
TGI cheio, kg	9,90	9,52	9,51	9,33	9,46	0,21	0,49	0,30	0,88	0,84
TGI vazio, kg	7,53	7,09	7,02	7,04	7,28	0,19	0,42	0,36	0,74	0,70
Rúmen, kg	0,96	1,03	0,98	0,94	0,83	0,03	0,51	0,60	0,07	0,68
Retículo, kg	0,09	0,11	0,11	0,11	0,10	<0,01	0,04	0,05	0,45	0,50
Omaso, kg	0,08	0,07	0,07	0,09	0,07	<0,01	0,44	0,45	0,79	0,54
Abomaso, kg	0,15	0,16	0,16	0,16	0,14	0,01	0,32	0,61	0,13	0,50
ID, kg	0,56	0,55	0,52	0,56	0,50	0,02	0,93	0,49	0,43	0,56
IG, kg	0,44	0,39	0,43	0,40	0,37	0,01	0,30	0,30	0,51	0,30
Ceco, kg	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	<0,01	0,81	0,03	<0,01	0,35
Omento, kg	1,14	1,64	1,49	1,06	0,78	0,09	<0,01	0,81	<0,0001	0,58

¹CONT – dieta à base de grãos de milho moídos contendo 7,2% de FDN_{fef} e dietas à base de grãos de milho inteiros contendo 0 (0 FDN_{fef}); 3,6 (3,6 FDN_{fef}); 7,2 (7,2 FDN_{fef}) e 10,8% (10,8 FDN_{fef}) de FDN_{fef} (% da MS).

²EPM: Erro padrão da média.

³CONT*0% FDN_{fef} = CONT vs dieta à base de grãos de milho inteiros sem forragem; CONT* FDN_{fef} = CONT vs dietas à base de grãos de milho inteiros associados à FDN_{fef} (CONT vs 3,6 FDN_{fef} ; 7,2 FDN_{fef} e 10,8 FDN_{fef}); L = efeito linear; Q = efeito quadrático.

⁴TGI: trato gastrintestinal; ID: intestino delgado; IG: intestino grosso; N°. papilas: número de papilas ruminais; ASA: área de superfície absorptiva; %papilas/ASA: porcentagem de papilas por área de superfície absorptiva, Largura: largura média de papilas; Altura: altura média de papilas.

Tabela 9. Efeito de teores de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem (FDN_{fef}) em dietas à base de grãos de milho inteiros na morfometria ruminal de cordeiros confinados.

Item ⁴	% FDN_{fef} ¹					EPM ²	Efeito ³			
	CONT	0	3,6	7,2	10,8		CONT*0% FDN_{fef}	CONT* FDN_{fef}	L	Q
N°. papilas	80,64	61,8	55,97	63,34	56,6	5,09	0,24	0,96	0,87	0,97
Area papilas, cm^2	0,25	0,30	0,28	0,21	0,21	0,02	0,27	0,59	0,02	0,72
ASA, cm^2	20,57	18,45	14,83	12,57	12,00	1,37	0,57	0,02	0,08	0,57
%papilas/ASA	94,35	94,21	93,80	90,45	91,86	0,59	0,93	0,12	0,08	0,47
Largura, cm	0,22	0,23	0,23	0,19	0,22	0,01	0,39	0,94	0,22	0,39
Comprimento, cm	0,6	0,66	0,64	0,56	0,50	0,02	0,27	0,55	0,008	0,73

¹CONT – dieta à base de grãos de milho moídos contendo 7,2% de FDN_{fef} e dietas à base de grãos de milho inteiros contendo 0 (0 FDN_{fef}); 3,6 (3,6 FDN_{fef}); 7,2 (7,2 FDN_{fef}) e 10,8% (10,8 FDN_{fef}) de FDN_{fef} (% da MS).

²EPM: Erro padrão da média.

³CONT*0% FDN_{fef} = CONT vs dieta à base de grãos de milho inteiros sem forragem; CONT* FDN_{fef} = CONT vs dietas à base de grãos de milho inteiros associados à FDN_{fef} (CONT vs 3,6% FDN_{fef} ; 7,2 FDN_{fef} e 10,8 FDN_{fef}); L = efeito linear; Q = efeito quadrático.

⁴TGI: trato gastrintestinal; ID: intestino delgado; IG: intestino grosso; N°. papilas: número de papilas ruminais; ASA: área de superfície absorviva; %papilas/ASA: porcentagem de papilas por área de superfície absorviva; Largura: largura média de papilas; Altura: altura média de papilas.

4.4. Discussão

4.4.1. Desempenho

A adaptação dos animais iniciou com a oferta das rações em 2,0% do PCJ, com aumentos gradativos de 0,4% do PCJ a cada 2 dias até a oferta *ad libitum* no 11^a dia, que correspondeu ao final do período de adaptação, o que justifica a similaridade no CMS em kg/dia, no GMD e na EA dos cordeiros durante o período de adaptação, indicando que o protocolo de adaptação adotado foi bem sucedido. Vale lembrar que uma preocupação recorrente quanto ao uso de grãos de milho inteiros para ovinos jovens diz respeito à aceitação e a seletividade dos componentes da dieta, especialmente nos dias iniciais.

Após a adaptação, o aumento no teor de FDN_{ref} nas dietas com milho inteiro diminuiu o CMS. De acordo com Mertens (1997), quando o consumo é limitado por fatores químicos existe uma correlação positiva entre o teor de FDN da dieta e o CMS e quando o consumo é regulado por limitadores físicos existe uma correlação negativa entre o teor de FDN e o CMS. Então, provavelmente, no presente experimento a diminuição no CMS foi devido a limitação física que se intensificou à medida que o teor de FDN_{ref} aumentou nas dietas com milho inteiro. De acordo com Krehbiel *et al.* (2006) em dietas com alta proporção de grãos, os animais ruminantes são eficientes em ajustar o CMS para manter o consumo de energia. O NDT do milho (82%) é 1,4 vezes superior ao NDT do feno de *coastcross* (50%) (ÍTAVO *et al.*, 2002; NRC, 2007;), então é evidente que no presente experimento a inclusão de FDN_{ref} em substituição ao milho inteiro diminuiu a densidade energética das dietas, contudo os animais não foram capazes de aumentar o CMS para contrapor a este decréscimo, permitindo sugerir que o grão de milho inteiro apresentou elevada capacidade de enchimento ruminal (Tabela 3) o que resultou em diminuição no CMS. Esta hipótese é consistente com a ausência de efeito dos tratamentos sobre o volume ruminal, peso do trato gastrointestinal cheio e peso do trato gastrointestinal vazio (Tabela 5).

Em dietas balanceadas, o GMD é determinado pelo consumo de energia (NRC, 2007). Cordeiros que recebem dietas ricas em volumoso (FERREIRA *et al.*, 2019; MENDES *et al.*, 2008; RIBEIRO *et al.*, 2019) e, portanto, com menor concentração energética normalmente apresentam menor GMD e pior EA que os que recebem dietas ricas em grãos e com alta densidade energética (FERREIRA *et al.*, 2011;

GASTALDELLO Jr., 2010; QUEIROZ *et al.*, 2008). Então, no presente experimento a diminuição linear no GMD e na EA com o aumento nos teores de FDN_{fef} nas dietas com milho inteiro foi devido ao menor CMS e consequente menor ingestão de energia digestível. Potencialmente, a dieta à base de grãos de milho inteiro sem forragem (0%FDN_{fef}) apresentou maior concentração energética que a dieta CONT que continha 10% de feno, o que justifica o aumento de 20% no GMD e de 14% na EA em favor da dieta com milho inteiro (Tabela 3). São limitadas as informações disponíveis na literatura com relação ao uso de dietas à base de milho inteiro para ovinos, contudo Gallo *et al.* (2014) havia demonstrado o potencial desta estratégia alimentar para terminação de cordeiros em confinamento, cujos benefícios foram evidenciados no presente experimento, tendo em vista os excelentes resultados de desempenho observados em favor da dieta com milho inteiro mesmo quando comparada a uma dieta CONT clássica, que tem sido utilizada com muito sucesso para terminação de cordeiros no Brasil (FERREIRA *et al.*, 2011; GASTALDELLO Jr., 2010; POLIZEL *et al.*, 2021ab; QUEIROZ *et al.*, 2008; RODRIGUES *et al.*, 2008).

4.4.2. Metabólitos Sanguíneos

Para os parâmetros sanguíneos, com o aumento da FDN_{fef} nas dietas à base de grãos de milho inteiros, observou-se decréscimo na concentração de AST (U/L) e glicose (mg/dL) e acréscimo na concentração de ureia. Apesar disso, as concentrações séricas destes metabólitos, bem como a concentração de GGT estavam na faixa normal para ovinos (CRUZ *et al.*, 2017; GALLO, *et al.*, 2019; LOBO *et al.*, 2020), o que denota que os animais apresentaram correto funcionamento do fígado e consequentemente boa saúde hepática (LOBO *et al.*, 2020). Contudo, vale evidenciar que na dieta à base de milho inteiro sem forragem foi encontrado em dois animais, dois pequenos abscessos hepáticos, o que ressalta que a utilização desta dieta requer cuidados, pois o animal é fortemente desafiado. Por outro lado, apesar das dietas terem sido isonitrogenadas, o aumento na concentração de ureia sérica pode ter sido decorrente da diminuição no GMD em resposta ao aumento no teor de FDN_{fef} nas dietas à base de milho inteiro, o que provavelmente resultou em menor demanda de N para hipertrofia muscular. Por sua vez, o decréscimo na glicose

circulante pode estar relacionado ao decréscimo no teor de amido das dietas em resposta ao aumento no teor de FDN_{fef} (Tabela 1).

4.4.3. Comportamento Ingestivo

Na avaliação do comportamento ingestivo, a exemplo do observado no experimento de desempenho, houve decréscimo linear no CMS, contudo, o consumo de FDN e de FDN_{fe} aumentou linearmente, o que decorreu do aumento na inclusão de feno de coastcross como fonte de FDN_{fef} nas dietas à base de grãos de milho inteiros. Por sua vez, os animais que receberam a dieta CONT também apresentaram maior CMS e consequentemente maior CFDN e CFDN_{fe} que os dos demais tratamentos, o que explica os maiores tempos de ruminação e mastigação (min/d e min/g de MS) observados para os animais da dieta CONT em relação aos que receberam as dietas à base de grãos de milho inteiros. Tais resultados reafirmam a ideia de que o tempo de ruminação é altamente correlacionado ($r^2=0,96$) com o consumo de FDN (WELCH; HOOPER, 1988). Além disso, o tempo de ruminação também pode ser afetado pela natureza da dieta (VAN SOEST, 1994).

4.4.4. Carcaças

No que se refere às avaliações das características de carcaça, devido ao maior GMD, os animais que receberam a dieta 0% FDN_{fef} apresentaram maior peso corporal final e consequentemente maior PCA. O peso de carcaça está diretamente relacionado ao peso de abate (OLIVEIRA *et al.*, 2018), então o maior PCQ e PCF para os animais da dieta 0% de FDN_{fef} foi devido ao maior PCA (Tabela 6). O tipo de dieta afeta o rendimento de carcaça, animais alimentados com dietas contendo maior proporção de volumoso (BASSO *et al.*, 2018; KELES *et al.*, 2018; MANARELLI *et al.*, 2019; MENDES *et al.*, 2008; SUASSUNA *et al.*, 2014) apresentam menor rendimento de carcaça que os alimentados com dietas com alta proporção de concentrado (FERREIRA *et al.*, 2011; FERREIRA *et al.*, 2014; GASTALDELLO Jr. *et al.*, 2010; QUEIROZ *et al.*, 2010), resposta similar foi observada no presente experimento, uma vez que, o RCF diminuiu linearmente com os teores crescentes de inclusão de FDN_{fef} nas dietas à base de grãos de milho inteiros, assim como houve maior RCF para os

animais da dieta 0%FDN_{fef} quando comparados com os da dieta CONT que continha 10% de feno de coastcross (7,2% de FDN_{fef}).

Não houve diferença no peso do TGIC e peso do TGIV, ao mesmo tempo em que o peso dos cortes principais da carcaça e os índices de compacidade de carcaça e de pernil foram superiores para os animais que receberam a dieta 0%FDN_{fef} em comparação aos que receberam a dieta CONT. Portanto, é possível inferir que o maior rendimento de carcaça fria dos animais que receberam a dieta 0%FDN_{fef} foi devido a maior deposição de tecidos moles (carne e gordura) na carcaça destes animais.

Uma das finalidades da gordura subcutânea é proteger a carcaça durante o resfriamento, prevenindo da desidratação superficial. Então, existe uma relação inversa entre a EGS e as perdas por resfriamento (NASCIMENTO *et al.*, 2018). No presente experimento, a EGS não foi afetada pelos tratamentos, o que explica a similaridade nas perdas por resfriamento (Tabela 6). Em conjunto, as medidas de adiposidade indicaram que a EPC mostrou ser mais efetiva para avaliar a deposição de gordura na carcaça que a EGS medida à altura da 12^a costela, tendo em vista que os dados de espessura de parede corporal foram mais coerentes com os dados de GMD e peso de carcaça.

Os pesos da paleta, costela, lombo, pernil e matambre (Tabela 7) tiveram relação direta com o peso das carcaças, sendo superiores para os animais que receberam a dieta 0% de FDN_{fef} que por sua vez produziram as carcaças mais pesadas (Tabela 6). Demonstrando que o desenvolvimento anatômico das regiões corporais que constituíram esses cortes foi proporcional ao desenvolvimento da carcaça como um todo.

4.4.5. Desenvolvimento do trato gastrointestinal

O tamanho corporal possui relação direta com o tamanho dos órgãos (ALMEIDA *et al.*, 2017; PAZOKI *et al.*, 2017; XIE *et al.*, 2020), o que em parte pode explicar a diferença no peso do retículo que foi maior para os animais que receberam as dietas à base de grãos de milho inteiros em relação aos da dieta CONT. Tais resultados corroboram com Suárez *et al.* (2006), que trabalhando com suplementação de carboidratos sobre o desenvolvimento ruminal de bezerros observaram menor peso do retículo-rúmen em dietas ricas em amido.

Todas as variáveis relacionadas às medidas das papilas ruminais foram semelhantes entre os animais que receberam a dieta 0%FDN_{ref} e os da dieta CONT, isso associado a ausência de qualquer lesão no epitélio ruminal indica que a dieta 0%FDN_{ref} foi eficiente em manter as condições ruminais adequadas sem prejudicar a capacidade de absorção ruminal. Contudo, a área de superfície absorptiva e o comprimento de papilas diminuíram com o aumento nos teores de FDN_{ref} nas dietas à base de milho inteiro, o que provavelmente esteve relacionado ao menor suprimento de energia no rúmen decorrente da diminuição do teor de amido das dietas (Tabela 1) conforme o teor de FDN_{ref} aumentou.

4.5. Conclusões

O uso de grãos de milho inteiros em dietas para cordeiros dispensa totalmente qualquer teor de inclusão de forragem. O milho inteiro mostrou ser uma excelente opção para terminação de cordeiros em confinamento, porque melhora em muito o desempenho dos animais e as características quantitativas das carcaças produzidas, com destaque para o aumento no ganho de peso, na eficiência alimentar, no rendimento de carcaça fria e no peso dos cortes principais (paleta, costela, lombo, pernil e matambre). Portanto, o milho inteiro é uma estratégia que pode ser utilizada com sucesso na produção de cordeiros precoces em confinamento. Contudo, vale salientar que o sucesso no uso de dietas à base de grãos de milho inteiros depende da realização de um período de adaptação gradual e bem planejado.

Referências

- ALMEIDA C. M.; FERREIRA, F. A.; CORTE, R. R. S.; ANTONELLO, D. S.; GÓMEZ, J. F. M.; E SEMINAL SILVA, S. D. L. Roughage Levels Impact on Performance and Carcass Traits of Finishing Nellore Cattle Fed Whole Corn Grain Diets. **Tropical Animal Health and Production**, v. 49, p. 1709-1713, 2017.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**. 16th ed. Arlington, Virginia, USA, 1995.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**. 15th Ed. Arlington. v. 1. 1990.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**. 16th Ed. Gaithersburg. p. 1141, 1997.

ARMENTANO, L. E. Impact of Metabolism by Extra gastrointestinal Tissue on Secretory Rate of Milk Proteins. **Journal of Dairy Science**, v. 77, p. 2809-2820, 1994.

ARMENTANO, L.; PEREIRA, M. Measuring the Effectiveness of Fiber by Animal Response Trials. **Journal of Dairy Science**, v. 80, p.1416-1425, 1997.

BEAUCHEMIN, K.A. Effects of Dietary Neutral Detergent Fiber Concentration and Alfafa Hay Quality on Chewing Activities, Rúmen Function, and Milk Production of Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**, v. 74, p. 3140-3151, 1991.

CAETANO, M. Estudo das perdas de amido em confinamentos brasileiros e do uso de amido fecal como ferramenta de manejo de bovinos confinados. **Dissertação (Mestrado Em Ciência Animal E Pastagens) – Escola Superior De Agricultura “Luiz De Queiroz” Da Universidade De São Paulo**. p. 76, 2008.

CANNAS, A.; TEDESCHI, L. O.; FOX, D. G.; PELL, A. N.; AND VAN SOEST, P. J. A Mechanistic Model for Predicting the Nutrient Requirements and Feed Biological Values for Sheep. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. 149-169, 2004.

CEZAR, M.F.S.; WANDRICK, H. **Manual Técnico-Científico De Avaliação Da Carcaça Ovina E Caprina**. Editado Por Marcilio Fontes Cezar e Wandrci K Hauss De Sousa, 2007.

CRUZ, R.E.S.; ROCHA, F.M.; SENA, C.V.B.; NOLETO, P.G.; GUIMARÃES, E.C.; GALO, J.A.; MUNDIM, A.V. Effects foge And. Sex on Blood Biochemistry of Dorper Lambs. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, N. 5, p. 3085-3093, 2017.

DICKSON, H.; JOLLY, S. **National Procedures and Guidelines for Intensive Sheep and Lamb Feeding Systems**. Mla Publication, 2011.

FERREIRA, E.M.; FERRAZ JR.; M.V.C.; BIAVA, J.S.; ASSIS, R.G.; BARROSO, J.P.R.; POLIZEL, D. M.; ARAUJO, L.C.; PIRES, A.V. Implications of Carbohydrate Sources and Rate of Body Weight Gain on Puberty in Ewe Lambs in Tropical Climate Conditions. **Tropical Animal Health and Production**, v. 45, p. 1-6, 2019.

FERREIRA, E.M.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; GENTIL, R.S.; PARENTE, M.O.M.; NOLLI, C.P.; MENEGHINI, R.C.M.; MENDES, C.Q.; RIBEIRO, C.V.D.M. Growth, Feed Intake, Carcass Characteristics, and Meat Fatty Acid Profile of Lambs Fed Soybean Oil Partially Replaced by Fish Oil Blend. **Animal Feed Science and Technology**, v. 187, p. 9-18, 2014.

FERREIRA, E.M.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; MENDES, C.Q.; GENTIL, R.S.; ARAUJO, R.C.; AMARAL, R.C.; LOERCH, S.C. Growth, Feed Intake, Carcass Characteristics, and Eating Behavior of Feedlot Lambs Fed High-Concentrate Diets Containing Soybean Hulls. **Journal of Animal Science**, v. 89, p. 4120-4126, 2011.

FOX, D. G.; AND TEDESCHI, L. O. Application of Physically Effective Fiber in Diets for Feedlot Cattle. In **Proceedings of the Plains Nutrition Conference**, p. 67. 2002.

GALLO, S.B.; BROCHADO, T.; BRANDI, R.A.; DA SILVA BUENO, I.C.; PASSARELI, D.; BIRGEL, D.B.; JUNIOR, E.H.B. Implications of Low Fiber Levels in Finishing Lambs on Performance, Health, Rúmen, and Carcass Parameters. **Tropical Animal Health and Production**, v. 51, p. 767-773, 2019.

GARCIA NETO, A. F. Ruminite, abscessos hepáticos e enfermidades podais em bovinos: avaliação dos achados após o abate. **Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de Veterinária e Zootecnia (EVZ), Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal**, Goiânia, xvi, 78f.:il, 2018.

GASTALDELLO JR, A.L.; PIRES, A. V.; SUSIN, I.; MENDES, C.Q.; FERREIRA, E.M.; MOURÃO, G.B. Desempenho e Características da Carcaça de Cordeiros Confinados com Rações de Alta Proporção de Concentrado Contendo Monensina Sódica, Bicarbonato de Sódio E Fontes de Calcário. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 556-562, 2010.

HALL, M. B. **Neutral detergent soluble carbohydrates nutritional relevance and analysis: A laboratory manual**. University of Florida, 2000.

HEINRICHS, J.; KONONOFF, P. Evaluating Particle Size of Forages and Tmrs Using the New Penn State Forage Particle Separator. **Pennsylvania: the Pennsylvania State University, Department of Dairy and Animal Science**. p. 14. (Technical Repost Das 02-42), 2002.

HERNÁNDEZ, J.; BENEDITO, J.L.; ABUELO, A.; CASTILLO, C. Ruminant Acidosis in Feedlot: from An Etiology to Prevention. **The Scientific World Journal**, v. 2. Art. Id 702572, 2014.

ÍTAVO, L.C.V.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, F.F.; VALADARES, R.F.D.; CECON, P.R.; ÍTAVO, C.C.B.; MORAES, E.H.B.K.; PAULINO, P.V.R. Consumo, Degradabilidade Ruminant E Digestibilidade Aparente De Fenos De Gramíneas Do Gênero Cynodon E Rações Concentradas Utilizando Indicadores Internos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, p. 1024-1032, 2002.

KONONOFF, P.J. HEINRICKS, A.J. BUCKMASTER, D.R. Modification on the Pen State and Total Mixed Ration Particle Separator and the Effect of Moisture Content on Its Measurement **Journal of Dairy Science**, v. 86, p. 1858-1863, 2003.

KRAJCARSKI-HUNT, H.; PLAIZIER, J.C.; WALTON, J.-P.; SPRATT, R.; MCBRIDE, B.W. Effect of Subacute Ruminant Acidosis on In Situ Fiber Digestion in Lactating Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**, v. 85, p. 570-573, 2002.

KREHBIEL, C.R.; CRANSTON, J.J.; MCCURDY, M.P. An Upper Limit for Caloric Density of Finishing Diets. **Journal of Animal Science**, v. 84, p. 34-39, 2006.

LAMMERS.B.P.; BUCKMASTER.D.R.; HEINRICHS.A.J. A Simple Method for the Analysis of Particle Sizes of Forage and Total Mixed Rations. **Journal of Dairy Science**, v. 79, p. 922-928, 1996.

LOBO, R. R.; VINCENZI, R.; ROJAS-MORENO, D. A.; LOBO, A. A.; SILVA, C. M. D.; BENETEL-JUNIOR, V.; E PINHEIRO, R. S. Inclusion Beneti Mate (Ilex Paraguariensis) Extract in the Diet of Growing Lambs: Effects on Blood Parameters, Animal Performance, and Carcass Traits. **Animals**, v. 10, p. 961, 2020.

MARI, L.J. Intervalo Entre Cortes Em Capim-Marandu (Brachiaria Brizantha (Hochst. Ex A. Rich) (Stapf Cv. Marandu): Produção, Valor Nutritivo E Perdas Associadas À Fermentação Da Silagem. **Dissertação (Mestrado Em Ciência Animal E Pastagens) – Escola Superior De Agricultura “Luiz De Queiroz” Da Universidade De São Paulo**. p. 138, 2003.

MENDES, C.Q.; SUSIN, I.; PIRES, A.V.; NUSSIO, L.G.; ARAUJO, R.C.; RIBEIRO, M.F. Desempenho, Parâmetros Da Carcaça e Comportamento Ingestivo de Cordeiros Alimentados Com Silagem de Cana-De-Açúcar. **Arquivo Brasileiro De Medicina Veterinária E Zootecnia**, v. 60, p. 733-740, 2008.

MERTENS, D.R. 1997. Creating A System for Meeting the Fiber Requirements of Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**, v. 80, p. 1463-1481, 1997.

NASCIMENTO, U.F.S.; SANTOS, G.R.A.; AZEVEDO, C.S.; MACEDO, F.A.F.; GONÇALVES, T.R.; BOMFIM, L.E.L.M.; FARIAS, J.S.; SANTOS, A.D.F. Desempenho E Características De Carcaça De Cordeiros ½ Dorper + Santa Inês Abatidos Com Diferentes Espessuras De Gordura Subcutânea. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 19, p. 125-135, 2018.

NASEM. National Academies of Sciences Engineering and Medicine. **Nutrient Requirements of Beef Cattle**. National Academies Press, 2016.

NRC. **Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids**. National Academy Press, Washington, D.C, 2007.

NRC. National Research Council. **Nutrient Requirements of Beef Cattle**. 6th.Ed. Washington: National Academy Press. p. 90, 1984.

OLIVEIRA, F.G.; SOUSA, W.H.; CARTAXO, F.Q.; CUNHA, M.G.; RAMOS, J.P.F.; CEZAR, M.F.; MENEZES, L.M.; OLIVEIRA, A.B. Carcass Characteristics of Santa Inês Sheep with Different Biotypes and Slaughtering Weights. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 19, n. 3, p. 347-359, 2018.

PAZOKI, A.; G. R.; GHORBANI, S.; KARGAR, A.; SADEGHI-SEFIDMAZGI, J. K.; DRACKLEY, M. H.; GHAFARI. Growth Performance, Nutrient Digestibility, Ruminant Fermentation, and Rumen Development of Calves During Transition from Liquid to Solid Feed: Effects of Physical Form of Starter Feed and Forage Provision. **Animal Feed Science and Technology**, v. 234, p.173–185, 2017.

PEREIRA, M. C. S.; DELLAQUA, J. V. T.; SOUSA, O. A.; SANTI, P. F.; FELIZARI, L. D.; REIS, B. Q.; AND MILLEN, D. D. Feedlot performance, feeding behavior, carcass and rumen morphometrics characteristics of Nellore cattle submitted to strategic diets prior the adaptation period. **Livestock Science**, v. 234, p. 103, 2020.

PINTO, A. C.; AND MILLEN, D. D. Nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists: the 2016 Brazilian survey. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 99, p. 392-407, 2018.

POLIZEL, D. M.; MARQUES, S. S.; WESTPHALEN, M. F.; GOUVEA, V. N.; FERRAZ JÚNIOR, M. V. D. C.; MISZURA, A. A.; PIRES, A. V. Narasin Inclusion for Feedlot Lambs Fed A Diet Containing High Amounts of Ground Flint Corn. **Scientia Agrícola**, v. 78, 2021b.

POLIZEL, D. M.; MARTINS, A. S.; MISZURA, A. A.; FERRAZ JÚNIOR, M. V. D. C.; BERTOLONI, A. V.; OLIVEIRA, G. B.; BARROSO, J.P.R.; FERREIRA, E.M. AND PIRES. Low Doses of Monensin for Lambs Fed Diets Containing High Level of Ground Flint Corn. **Scientia Agrícola**, v. 78, 2021a.

PRITCHARD, R. H. Processing Effects on Management: Type, Form, and Level of Roughage. In: Cattle Grain Processing Symposium, 2006, Tulsa. Proceedings, **Tulsa: Oklahoma State University**. p. 150-154, 2006.

QUEIROZ, M. A. Á.; SUSIN, I.; PIRES, A. V.; FERREIRA, E. M.; MENDES, C. Q.; E MOURÃO, G. B. Características Físico-Químicas De Fontes Proteicas e Suas Interações Sobre A Degradação Ruminal E A Taxa De Passagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 1587-1594, 2010.

QUEIROZ, M. A. Á.; SUSIN, I.; PIRES, A. V.; MENDES, C. Q.; GENTIL, R. S.; ALMEIDA, O. C.; AND MOURÃO, G. B. Desempenho de cordeiros e estimativa da digestibilidade do amido de dietas com diferentes fontes protéicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 1193-1200, 2008.

RESENDE JÚNIOR, ALONSO J.C.; PEREIRA L.S. Effect of the feeding pattern on rumen wall morphology of cows and sheep. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 43, p. 526-536, 2006.

RIBEIRO, A.D.B.; FERRAZ JR.; M.V.C.; POLIZEL, D.M.; MISZURA, A.A.; GOBATO, L.G.M.; BARROSO, J.P.R.; SUSIN, I.; PIRES, A.V. Thyme Essential Oil for Sheep: Effect on Rumen Fermentation, Nutrient Digestibility, Nitrogen Metabolism, and Growth. **Arquivo Brasileiro De Medicina Veterinária E Zootecnia**, v. 71, p. 2065-2074, 2019.

SCHMID, M. AND FOSTNER, L.A. Laboratories Testing in Veterinary Medicine Diagnosis in the Clinical Monitoring. **Mannheim: Boehringer**, p. 253, 1986.

SUÁREZ, B. J.; VAN REENEN, C. G.; BELDMAN, G.; VAN DELEN, J.; DIJKSTRA, J.; E GERRITS, W. J. J. Effects of Supplementing Concentrates Differing in Carbohydrate Composition in Veal Calf Diets: I. Animal Performance and Rumen Fermentation Characteristics. **Journal of Dairy Science**, v. 89, p. 4365-4375, 2006.

SUASSUNA, J.M.A.; SANTOS, E.M.; OLIVEIRA, J.S.; AZEVEDO, P.S.; SOUSA, W.H.; PINHO, R.M.A.; RAMOS, J.P.F.; BEZERRA, H.F.C. Carcass Characteristics of Lambs Fed Diets Containing Silage of Different Genotypes of Sorghum. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 43, p. 80-85, 2014.

SWAIN, S.M.; ARMENTANO L.E. Quantitative Evaluation of Fiber from Non-Forage Sources Used to Replace Alfalfa Silage. **Journal of Dairy Science**, v. 77, p. 2318, 1994.

THOMPSON, J. M.; AND MEYER, H. H. Body Condition Scoring of Sheep. Technical Report. **Oregon State University**. Agricultural Experiment Station, 1994

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Non-Starch Polysaccharides in Relation to **Animal Nutrition**. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 74, p. 3583-3597, 1991.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. 2. Ed. London: Cornell University, 1994.

WEIDNER, S. J. AND GRANT, R. J. Soy Hulls as A Replacement for Forage Fiber in Diets for Lactating Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**, v, 77, p. 513-521, 1994.

WEISS, W.P.; CONRAD, H.R.; PIERRE, R.R.S. A Theoretically – Based Model for Predicting Total Digestible Nutrient Values of Forages and Concentrates. **Animal Feed Science Technology**, Philadelphia, v. 39, p. 95-110, 1992.

WELCH, J. G. AND HOOPER, A. P. Ingestion of Feed and Water. the **Ruminant Animal: Digestive Physiology and Nutrition**. Englewood Cliffs: Reston, p. 108-116, 1988.

XIE, B.; HUANG, W.; ZHANG, C.; DIAO, Q.; CUI, K.; CHAI, J.; ZHANG, N. Influences of Starter Ndf Level on Growth Performance and Rumen Development in Lambs Fed Isocaloric and Isonitrogenous Diets. **Journal of Animal Science**, v. 98, p.4, 2020.