

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

FONTES ALTERNATIVAS PROTEICA E ENERGÉTICA EM DIETAS PARA
OVINOS E BÚFALOS

LARA MARIA SANTOS BRANT

SALVADOR-BAHIA
AGOSTO/2019



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**FONTES ALTERNATIVAS PROTEICA E ENERGÉTICA EM DIETAS PARA
OVINOS E BÚFALOS**

LARA MARIA SANTOS BRANT

Graduada em Zootecnia

SALVADOR-BAHIA

AGOSTO/2019

LARA MARIA SANTOS BRANT

**FONTES ALTERNATIVAS PROTEICA E ENERGÉTICA EM
DIETAS PARA OVINOS E BÚFALOS**

Tese apresentada ao Programa de Doutorado em Zootecnia, da Universidade Federal da Bahia como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

Área de Concentração: Produção animal.

Orientador: Professor Dr. Gleidson Giordano Pinto de Carvalho

Coorientador: Professor Dr. José Esler de Freitas Júnior

SALVADOR-BAHIA

AGOSTO/2019

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Universitário de Bibliotecas (SIBI/UFBA),
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

B821 Brant, Lara Maria Santos
Fontes alternativas protéica e energética em
dietas para ovinos e búfalos / Lara Maria Santos
Brant. - Salvador, 2019.
160 f.

Orientador: Gleidson Giordano Pinto de Carvalho.
Coorientador: José Esler de Freitas Júnior.
Tese (Doutorado). Universidade Federal da Bahia,
Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia,
2019.

1. Zootecnia. 2. Ovinos - Alimentação. 3. Búfalos
Alimentação. 4. Alimentação de animais. I.
Carvalho, Gleidson Giordano Pinto de. II. Freitas
Júnior, José Esler de. III. Título.

CDU: 636

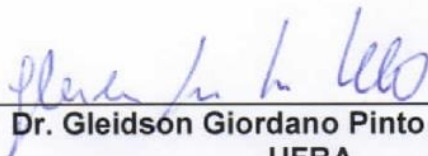
FONTES ALTERNATIVAS PROTEICA E ENERGÉTICA EM DIETAS PARA OVINOS E BÚFALOS

Lara Maria Santos Brant

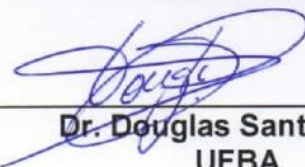
Tese defendida e aprovada para obtenção do grau de
Doutor em Zootecnia

Salvador, 26 de agosto de 2019

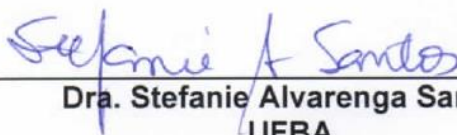
Comissão examinadora:



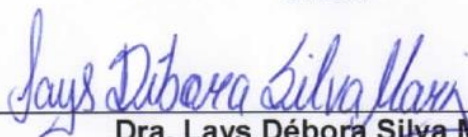
Dr. Gleidson Giordano Pinto de Carvalho
UFBA
Orientador / Presidente



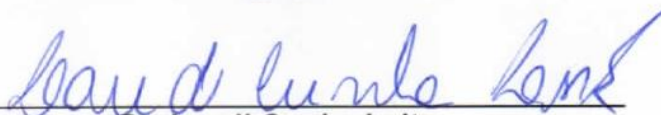
Dr. Douglas Santos Pina
UFBA



Dra. Stefanie Alvarenga Santos
UFBA



Dra. Lays Débora Silva Mariz
UFC



Dr. Laudi Cunha Leite
UFRB

EPÍGRAFE

“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar, mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota.”

Madre Teresa de Calcutá

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela proteção que me foram dadas para chegar até aqui;

À Universidade Federal da Bahia, especialmente ao programa de pós-graduação em Zootecnia, pela oportunidade de realização do doutorado;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo;

Ao orientador e amigo Gleidson Giordano, pelos inúmeros aprendizados, pelas oportunidades e ensinamentos transmitidos;

Ao professor José Esler pela paciência, pelos incentivos, pelos conhecimentos transmitidos e pela colaboração para a realização deste trabalho;

Ao professor Douglas Pina, pela disposição em sempre ajudar;

Aos professores: Stefanie Alvarenga, Vanessa, Luís Fernando e Cláudio Ribeiro, pelo empenho e excelência no ensino;

Ao Paulo Roberto, pelo incentivo, carinho, empenho e pela ajuda na execução deste trabalho, não medindo esforços para que o mesmo seja concluído com sucesso;

Aos pós-docs Pablo e Luís, pelas contribuições na parte escrita.

Aos amigos da pós-graduação Camila, Thanielle, Lucas, Henry, Thomaz, Roberto, Fabiano, Liliane, Victor, Dallyson, que sempre estiveram dispostos em ajudar na condução dos experimentos.

Aos meus pais, Sílvia e Adilson, que sempre se fizeram presentes mesmo estando longe, me oferecendo todo amor, carinho, dedicação, incentivo, apoio incondicional, e pela confiança que nos estudos alcancei o sucesso;

À minha irmã Maria Cecília e ao meu sobrinho Lauro Henrique, pelo companheirismo e amizade;

Aos eficientes estagiários dos cursos de Zootecnia e Medicina Veterinária, sempre dispostos em ajudar, em especial Susiane, Sarah, Igor, Jorge, Juliana, Renan, Isabel, Tauana, Luna, Amanda, Tamires e Arthur. Muito obrigada, sem vocês tudo seria mais difícil;

À técnica e também amiga Gisele, pelas inúmeras ajudas no LANA;

Aos funcionários da Universidade Federal da Bahia pela colaboração, em especial ao amigo Nerivaldo por sempre oferecer ajuda necessária;

E a todos que contribuíram de alguma forma para realização deste trabalho.

Muito obrigada!!!

LISTA DE FIGURA**INTRODUÇÃO GERAL**

Figura 1. Processo de produção do biodiesel	5
--	---

CAPÍTULO 3- Efeitos de diferentes fontes de energia e proteína no metabolismo de ovinos confinados

Figura 1. Valores de pH observados da digesta do rúmen de ovinos alimentados com dietas contendo diferentes fontes de energia.....	83
Figura 2. Valores de acetato observados da digesta do rúmen de ovinos alimentados com dietas com diferentes fontes de energia.....	83
Figura 3. Valores de butirato observados da digesta do rúmen de ovinos alimentados com dietas com diferentes fontes de energia.....	84
Figura 4. Valores da relação C2:C3 observados da digesta do rúmen de ovinos alimentados com dietas com diferentes fontes de energia.....	85

LISTA DE TABELAS

INTRODUÇÃO GERAL

Tabela 1. Principais achados científicos do efeito da inclusão de glicerina bruta na dieta de ruminantes.....	08
Tabela 2. Principais achados científicos do efeito da inclusão de torta de algodão na dieta de ruminantes.....	10

CAPÍTULO 1- Efeitos de fontes alternativas energética e proteica no desempenho e características da carcaça e da carne de cordeiros confinados

Tabela 1. Composição químico-bromatológica dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais.....	22
Tabela 2. Composição químico-bromatológica da glicerina bruta utilizado nas dietas experimentais.....	22
Tabela 3. Proporção dos ingredientes e composição químico-bromatológica das dietas experimentais.....	23
Tabela 4. Consumo e digestibilidade de componentes nutricionais em cordeiros alimentados com dietas contendo diferentes fontes de energia e proteína	31
Tabela 5. Desdobramento dos efeitos de interação para consumo de extrato etéreo digestibilidade do extrato etéreo e nutrientes digestíveis totais.....	32
Tabela 6. Balanço de nitrogênio em cordeiros alimentados com dietas contendo diferentes fontes de energia e proteína.....	32
Tabela 7. Desempenho de cordeiros alimentados com dietas contendo diferentes fontes de energia e proteína.....	33
Tabela 8. Desdobramento do ganho de peso total (Kg).....	33

Tabela 9. Peso e rendimento da carcaça e dos cortes de cordeiros alimentados com dietas contendo diferentes fontes de energia e proteína.....	34
Tabela 10. Desdobramento dos efeitos de interação para o peso de carcaça quente e peso de carcaça fria.....	34
Tabela 11. Características morfométrias da carcaça de cordeiros alimentados com dietas contendo diferentes fontes de energia e proteína.....	35
Tabela 12. Valores de pH, perdas por cocção (PPC), força de cisalhamento (FC), cor e composição centesimal da carne de cordeiros alimentados com dietas contendo diferentes fontes de energia e proteína.....	36
Tabela 13. Desdobramento da força de cisalhamento (kgf/cm ²).....	36
Tabela 14. Análise sensorial da carne de cordeiros alimentados com dietas contendo diferentes fontes de energia e proteína.....	37

CAPÍTULO 2- Comportamento ingestivo de cordeiros confinados com dietas com diferentes fontes de energia e proteína

Tabela 1. Composição químico-bromatológica dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais.....	52
Tabela 2. Composição químico-bromatológica da glicerina bruta utilizado nas dietas experimentais.....	52
Tabela 3. Proporção dos ingredientes e composição químico-bromatológica das dietas experimentais.....	53
Tabela 4. Consumo de matéria seca e fibra em detergente neutro e tempo de alimentação, ruminação, mastigação e ócio de cordeiros alimentados com dietas contendo diferentes fontes de energia e proteína.....	57
Tabela 5. Número de período, tempo gasto por período de alimentação ruminação e ócio e consumo por período de alimentação de cordeiros alimentados com dietas contendo diferentes fontes de energia e proteína.....	58
Tabela 6. Eficiência de alimentação e de ruminação de cordeiros alimentados com dietas contendo diferentes fontes de energia e proteína.....	58

**CAPÍTULO 3- Efeitos de diferentes fontes de energia e proteína no metabolismo
de ovinos confinados**

Tabela 1. Composição químico-bromatológica dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais.....	70
Tabela 2. Composição químico-bromatológica da glicerina bruta utilizado nas dietas experimentais.....	70
Tabela 3. Proporção dos ingredientes e composição químico-bromatologica das dietas experimentais.....	71
Tabela 4. Consumo e digestibilidade de componentes nutricionais em ovinos alimentados com dietas contendo diferentes fontes de energia e proteína.....	76
Tabela 5. Desdobramento do efeito de interação para o consumo de extrato etéreo e digestibilidade do extrato etéreo.....	77
Tabela 6. Balanço de nitrogênio em ovinos alimentados com dietas contendo diferentes fontes de energia e proteína.....	78
Tabela 7. Metabolitos sanguíneos em ovinos alimentados com dietas contendo diferentes fontes de energia e proteína.....	78
Tabela 8. Desdobramento do efeito de interação para proteína total e globulina.....	79
Tabela 9. Tempo de alimentação, ruminação, mastigação e ócio em ovinos alimentados com dietas contendo diferentes fontes de energia e proteína.....	80
Tabela 10. Número de periodo e tempo gasto por periodo de alimentação, ruminação e ócio em ovinos alimentados com dietas contendo diferentes fontes de energia e proteína	81
Tabela 11. Eficiência de alimentação e ruminação em ovinos alimentados com dietas contendo diferentes fontes de energia e proteína.....	81
Tabela 12. Parâmetros metabólicos ruminais em ovinos alimentados com dietas contendo diferentes fontes de energia e proteína.....	82

CAPÍTULO 4- Consumo, digestibilidade, balanço de nitrogênio, comportamento ingestivo, parâmetros sanguíneos e ruminais em búfalos submetidos a dietas com diferentes fontes de energia e proteína

Tabela 1. Composição químico-bromatológica dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais.....	99
Tabela 2. Composição químico-bromatológica da glicerina bruta utilizado nas dietas experimentais.....	99
Tabela 3. Proporção dos ingredientes e composição químico-bromatologica das dietas experimentais.....	100
Tabela 4. Consumo e digestibilidade dos componentes nutricionais em búfalos alimentados com dietas contendo diferentes fontes de energia e proteína.....	106
Tabela 5. Desdobramento do consumo de FDN (Kg), consumo de FDNpd (kg), consumo de FDNi (Kg), consumo de matéria seca (%PV), consumo de FDN (%PV) e coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo (%).....	107
Tabela 6. Balanço de nitrogênio em búfalos alimentados com dietas contendo diferentes fontes de energia e proteína.....	108
Tabela 7. Metabolitos sanguíneos em búfalos alimentados com dietas contendo diferentes fontes de energia e proteína.....	108
Tabela 8. Tempo de alimentação, ruminação e ócio em búfalos alimentados com dietas contendo diferentes fontes de energia e proteína.....	109
Tabela 9. Número de períodos e tempo gasto por período de alimentação, ruminação e ócio em búfalos alimentados com dietas contendo diferentes fontes de energia e proteína.....	110
Tabela 10. Eficiência de alimentação e ruminação em búfalos alimentados com dietas contendo diferentes fontes de energia e proteína.....	111
Tabela 11. Parâmetros metabolitos ruminais em búfalos alimentados com dietas contendo diferentes fontes de energia e proteína.....	112

CAPÍTULO 5- Locais de coleta da digesta para a estimativa do fluxo ruminal em bubalinos submetidos a dietas com diferentes fontes de energia e proteína

Tabela 1. Composição químico-bromatológica dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais.....	126
Tabela 2. Composição químico-bromatológica da glicerina bruta utilizado nas dietas experimentais.....	127
Tabela 3. Proporção dos ingredientes e composição químico-bromatologica das dietas experimentais.....	128
Tabela 4. Caracterização da digesta ruminal em em búfalos alimentados com dietas contendo diferentes fontes de energia e proteína.....	133
Tabela 5. Composição bromatologica das fases da digesta de acordo com os locais de amostragem e dietas experimentais em búfalos.....	134
Tabela 6. Cinética ruminal de acordo com os locais de amostragem e dietas experimentais em búfalos.....	135

LISTA DE SIGLAS

%PC- Porcentagem do peso corpora
AOAC - Association of analytical chemists xii
CA - Conversão alimentar
CCNF - Consumo de carboidratos não-fibrosos
CEE - Consumo de extrato etéreo
CFDN - Consumo de fibra detergente neutro
CH₄- Metano entérico
N-NH₃- Nitrogênio amoniacal
AGV- Ácido graxo volátil
CLA- Ácido linoléico conjugado
CMO - Consumo de matéria orgânica
CMS - Consumo de matéria seca
CNDT- Consumo de NDT
CNF - Carboidratos não-fibrosos
CONT-Dieta controle
CPB - Consumo de proteína bruta
D- Digestibilidade
EA – eficiência alimentar
EA- Eficiência alimentar
EE- Extrato etéreo
EM- Energia metabolizável
EPM- Erro padrão da média
FDA- Fibra em detergente neutro
MM- Matéria mineral
FDN- Fibra em detergente neutro
FDNcp- Fibra em detergente neutro potencialmente digestível
FDNi- Fibra em detergente neutro indigestível
FDNcp- Fibra em detergente neutro potencialmente digestível
Co-EDTA- Cobalto
dL – Decilitro
g-Gramas
GL + TA- Dieta glicerina associada a torta de algodão
GL- Dieta glicerina
GPMD- Ganho de peso médio diário
Kg- Quilogramas
C-Consumo
Kgf/cm²- Quilograma-força por centímetro quadrado
L- Luminosidade
A-Intensidade vermelho
B-Intensidade amarelo
PPC- Perda de peso por cocção
FC- força de cisalhamento
Mcal/kg- Mega calorias por quilograma
min- Minutos
MO- Matéria Orgânica
MS- Matéria seca
N- Nitrogênio

NDT- Nutrientes digestíveis totais
PB- Proteína bruta
PC- Peso corporal
PCF- Peso de carcaça fria
PCQ- Peso de carcaça quente
PIDA- Proteína insolúvel em detergente ácido
PIDN- Proteína insolúvel em detergente neutro
PV^{0,75} – Peso vivo metabólico
PVI- Peso vivo inicial
PVF- Peso vivo final
GPT- Ganho de peso total
RCF- Rendimento de carcaça fria
RCQ- Rendimento de carcaça quente
TA- Dieta torta de algodão

SUMÁRIO

Página

FONTES ALTERNATIVAS PROTEICA E ENERGÉTICA EM DIETAS PARA OVINOS E BÚFALOS

Introdução geral.....	1
Revisão de literatura.....	2

CAPÍTULO 1

Efeitos de fontes alternativas energética e proteica no desempenho e características da carcaça e da carne de cordeiros confinados

Resumo.....	18
Abstract.....	19
Introdução.....	20
Materiais e Métodos.....	21
Resultados.....	29
Discussão.....	37
Conclusão.....	41
Referências Bibliográficas.....	41

CAPÍTULO 2

Comportamento ingestivo de cordeiros confinados com dietas com diferentes fontes de energia e proteína

Resumo.....	48
Abstract.....	49
Introdução.....	50
Materiais e Métodos.....	51
Resultados.....	56

Discussão.....	59
Conclusão.....	61
Referências Bibliográficas.....	61

CAPÍTULO 3

Efeitos de diferentes fontes de energia e proteína no metabolismo de ovinos confinados

Resumo.....	66
Abstract.....	67
Introdução.....	68
Materiais e Métodos.....	69
Resultados.....	75
Discussão.....	85
Conclusão.....	89
Referências Bibliográficas.....	89

CAPÍTULO 4

Consumo, digestibilidade, balanço de nitrogênio comportamento ingestivo, parâmetros sanguíneos e ruminais em búfalos submetidos a dietas com diferentes fontes de energia e proteína

Resumo.....	95
Abstract.....	96
Introdução.....	97
Materiais e Métodos.....	98
Resultados	104
Discussão.....	113
Conclusão.....	115
Referências Bibliográficas.....	116

CAPÍTULO 5**Locais de coleta da digesta para a estimativa do fluxo ruminal em bubalinos
submetidos a dietas com diferentes fontes de energia e proteína**

Resumo.....	121
Abstract.....	123
Introdução.....	125
Materiais e Métodos.....	125
Resultados.....	131
Discussão.....	137
Conclusão.....	138
Referências Bibliográficas.....	139

INTRODUÇÃO GERAL

A crescente preocupação com problemas ambientais, aliado ao aumento de interesse mundial por fontes alternativas aos combustíveis fósseis, levou ao crescimento da produção do biodiesel (ALMEIDA e PASCHOALOTO, 2019), que é uma fonte de energia renovável e menos poluente (YANG et al., 2012), por promover redução na emissão de monóxido de carbono e de hidrocarbonetos quando substitui o diesel convencional no motor, além de não ser tóxico e livre de enxofre (ABDALLA et al., 2008). Entretanto, a produção do biodiesel gera coprodutos (tortas, farelos e glicerina) que necessitam de descarte adequado. Com essas preocupações, o uso desses coprodutos tem sido avaliado em diversas pesquisas na dieta para animais ruminantes (NICORY et al., 2015; OMAZIC et al., 2015; SILVA et al., 2016).

A glicerina bruta, oriunda do processo de transesterificação de triacilgliceróis de óleos vegetais ou gorduras animais (CHANJULA et al., 2015), representa o principal coproduto do biodiesel (KHOLIF, 2019). Segundo Rodrigues e Rondina (2013) do volume total de biodiesel produzido a partir de óleos vegetais, aproximadamente 10%, se torna glicerina bruta. Desta forma, se tornou necessário várias pesquisas (ZUBAIDI et al., 2018; PICKETT et al., 2018; GARCIA et al., 2019) com intuito de encontrar alternativa a esse subproduto. Devido ao conteúdo energético da glicerina bruta ser semelhante ao do grão de milho (BENEDETI et al., 2018), a utilização como ingrediente na dieta de animais ruminantes se tornou promissora. Entretanto a composição da glicerina bruta é bastante variável, podendo conter diferentes porcentagens de glicerol e presença de contaminantes, como ácidos graxos, minerais e metanol, causado pelo processo de fabricação e purificação, levando a diferentes resultados na literatura.

Ezequiel et al. (2015) incluíram até 30% de glicerina na dieta total de vacas em lactação e constataram que a produção de leite de vacas não foi afetada. Já Paiva et al. (2016) recomendaram a inclusão de até 14% de glicerina na dieta de vacas, acima deste valor houve uma redução na produção de leite. Benedeti et al. (2016) incluíram até 10% de glicerina na dieta de bovinos em confinamento e não observaram efeito no peso final e nem no ganho médio diário, entretanto Ribeiro et al. (2018) incluíram até 21% de glicerol na dieta de cordeiros e recomendaram a inclusão de apenas 4,7% de glicerina na dieta de cordeiros em confinamento. A inconsistência entre experimentos se deve a composição da glicerina utilizada, sendo necessário avaliar primeiro a composição deste

ingrediente para depois inclui-lo na dieta dos animais.

A torta de algodão, oriunda da prensagem do caroço do algodão para a extração do óleo, tem se tornado uma alternativa viável como fonte proteica na dieta de animais ruminantes, devido ao elevado teor de proteína em sua composição (24,0 - 25,3%), além de apresentar também elevado teor de extrato etéreo (7,6 - 14,6%) e fibra em detergente neutro (44,3 - 54,2%) (VIANA et al., 2013; PEREIRA et al., 2016). Silva et al. (2016) e Assis et al. (2019) substituíram até 100% do farelo de soja por torta de algodão em dieta para cordeiros e caprinos, respectivamente, não observaram diferença sobre o desempenho animal. Portanto, esse coproduto do biodiesel pode ser uma alternativa viável como fonte de proteína na dieta de ruminantes. Um dos entraves do uso de produtos do algodão é a presença do gossipol, que é um composto fenólico presente nas glândulas pigmentares da semente do algodão (CÂMARA et al., 2016), que pode causar intoxicação nos animais, contudo os ruminantes podem inibir a ação do gossipol livre através de ligações do mesmo com proteínas no ambiente ruminal (REHEMUJIANG et al., 2019), sem causar efeitos deletérios ao animal.

Estudos com a avaliação da glicerina bruta como substituto do milho (PAIVA et al., 2016; SAN VITO et al., 2016; ANDRADE et al., 2018) e a substituição do farelo de soja por torta de algodão (SILVA et al., 2016; PEREIRA et al., 2016; ASSIS et al., 2019) em dietas para ruminantes, possuem resultados promissores, entretanto, o efeito da combinação de fontes energéticas e proteicas alternativas, como a glicerina e torta de algodão poderá possibilitar numa nova estratégia de uso.

Diante do exposto, objetiva-se com este trabalho avaliar os efeitos da substituição do milho pela glicerina bruta e do farelo de soja pela torta de algodão, associadas ou não, em dieta para ovinos e búfalos.

REVISÃO DE LITERATURA

Cenário da ovinocultura de corte

O Brasil apresenta condições geográficas e climáticas favoráveis à produção de carne ovina. No ano de 2017, o país apresentou efetivo de 17,9 milhões de cabeça de ovinos, sendo que a região nordeste detém o maior rebanho (64,22%) em comparação as outras regiões brasileiras (IBGE, 2018). Dentre os estados nordestinos, a Bahia apresentou um maior destaque no ano de 2017, com efetivo de 3,7 milhões de cabeça, o

que corresponde a 32,60% do rebanho da região nordeste do Brasil (IBGE, 2018). Sendo observado um crescimento de 17,33% da ovinocultura na Bahia, entre os anos de 2007 a 2017, este crescimento está relacionado com a procura dos produtores rurais pela diversificação de mercado, obtendo na produção de carne ovina uma opção atraente e lucrativa.

Entretanto, apesar do aumento do rebanho, o consumo per capita/ano de carne ovina no Brasil é de 700 gramas, o que é bem baixo quando comparado com carne bovina (39 kg), frango (44,5 kg) e carne suína (13 kg) (ANUALPEC, 2011 citado por ALVES et al., 2014). Conforme Rego Neto et al. (2014), apesar desse baixo consumo, a produção de carne ovina não consegue suprir a demanda, havendo necessidade de importação deste produto, do qual o principal país fornecedor é o Uruguai.

Alguns entraves tem prejudicado a comercialização da carne ovina no Brasil, como a falta de estruturação da comercialização, falta de informações pelo consumidor, competitividade com outros mercados, desconhecimento dos nichos de mercado, a falta de normas técnicas de padronização de cortes (CONSTANTINO et al, 2018), a alta informalidade e a clandestinidade, abates tardios e a irregularidade da oferta (PEREIRA et al., 2013) que é ocasionada pela sazonalidade na produção de forrageiras, principalmente nas regiões semiáridas do Brasil.

Neste sentido, a adoção de tecnologias por parte dos ovinocultores para intensificação dos sistemas e maximização da atividade, pode modificada o cenário atual (VIEIRA et al., 2012). A exemplo, a redução do tempo de abate através do uso de confinamentos na fase de terminação, o que estimula uma regularidade na oferta da carne ovina, levando ao consumidor uma carne com melhor qualidade.

Cenário da Bubalinocultura

Os bubalinos são animais produtores de carne, leite e tração, sendo considerados animais ecológicos por produzirem e reproduzirem em regiões adversas, onde outras espécies mal conseguiriam sobreviver, além de aproveitarem melhor as forrageiras com reduzido valor nutritivo.

A produção de bubalinos no Brasil apresentou um aumento de 18% entre os anos 2007 e 2017, com um efetivo de 1,3 milhões de cabeça em 2017 (IBGE, 2018). Na região Nordeste este aumento foi menos pronunciado, de apenas 7,75% em 10 anos. Entre os estados nordestinos, a Bahia apresenta-se em segundo lugar, com um efetivo de

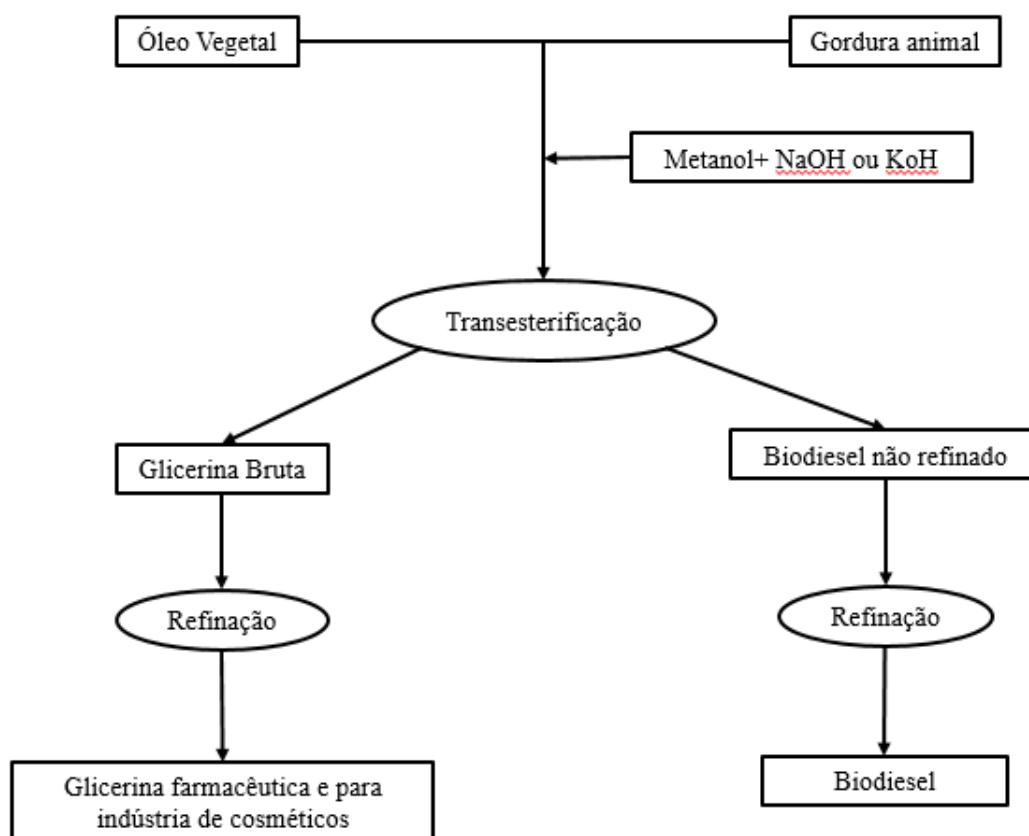
21 mil cabeças em 2017, perdendo apenas para o estado do Maranhão que detém 71,05% do rebanho da região Nordeste (IBGE, 2018).

A criação de bubalinos no país ainda é pouco utilizada, principalmente para produção de carne, tendo em vista o baixo desempenho nos sistemas de criação e a produção de animais tardios, o que acarreta a desvalorização do produto final. Desta forma, a rentabilidade dessa cultura depende da eficácia da exploração, da utilização de técnicas do melhoramento genético favorecendo a alta produtividade, com economicidade e boa comercialização (LOURENÇO JÚNIOR e GARCIA, 2008).

Biodiesel no Brasil

O biodiesel é um produto da transformação química de óleo vegetal ou gordura animal através de um processo de transesterificação que ocorre devido a adição de álcool, que pode ser o metanol ou o etanol, na presença de uma substância catalisadora, que pode ser hidróxido de sódio (NaOH) ou hidróxido de potássio (KOH) (THOMPSON e HE, 2006). Os produtos da transesterificação são compostos por duas fases, sendo uma fase menos densa composta pelo biodiesel e outra fase mais densa que é composta pela glicerina bruta, na qual contém glicerol e impurezas (metais pesados, excesso de lipídeos e metanol) (ABDALLA et al., 2008).

Figura 1- Processo de produção do biodiesel



Fonte: Adaptada Kholif (2019)

A mistura de biodiesel ao óleo diesel teve início no Brasil no ano de 2004 por meio da Lei nº 11.097/2005, sendo o percentual opcional de 2% de biodiesel, que em seis meses tornou-se obrigatório (SOUZA et al, 2016). Atualmente a utilização de biodiesel no óleo diesel é de 8% , na tentativa de utilizar energia limpa e sustentável. Há um crescimento da produção desde o ano 2005, a produção total de biodiesel do ano de 2005 até 2014 no Brasil foi de 1.737.310³ m³, sendo 342.010³ m³ apenas em 2014.

Há um crescente incentivo governamental para a produção deste biocombustível, entretanto, para produção do biodiesel há geração de coprodutos (farelos, tortas, glicerina) que devem ser recuperados e aproveitados (BOMFIM et al., 2007). Uma forma de utilização desses coprodutos é na alimentação animal, principalmente ruminantes, entretanto é necessário que se conheça a composição e o melhor nível de inclusão antes de utilizá-los. A utilização econômica dos coprodutos na dieta de ruminantes depende do suprimento, da demanda de combustível e também do preço de outros alimentos que são comumente utilizados na dieta (KHOLIF, 2019).

Glicerina Bruta

A Glicerina é um composto orgânico pertencente a função álcool, tendo como base o glicerol que é um componente químico puro de 1,2,3-propanotriol. Em função do nível de glicerol, do processamento sofrido e do grau de impurezas, a glicerina pode ser classificada em glicerina bruta, que apresenta de 40 a 70% de glicerol em sua composição, podendo conter altos níveis de ácidos graxos na sua composição que não foram convertidos para a produção do biodiesel, glicerina loira, com 70 a 90% de glicerol, e glicerina farmacêutica, com 99% de glicerol, sendo mais utilizada na indústria de cosméticos e medicamentos (BARROS et al., 2015).

O uso de tecnologias que são exigidas para a purificação da glicerina é complexo e oneroso, sendo realizada por poucas empresas, desta forma pode existir um excedente de glicerina bruta no mercado consumidor, em virtude da maior procura por glicerina purificada como matéria prima para a produção de cosméticos, produtos químicos, alimentícios e farmacêuticos.

Por conseguinte, a glicerina bruta vem sendo testada como fonte energética na alimentação animal, principalmente ruminantes. Segundo Linke et al. (2005), o glicerol possui um valor energético, próximo ao grão de milho, que é um ingrediente comumente utilizado na dieta animal. O glicerol que é consumido pelo animal ruminante, quando atinge o rúmen podem seguir duas vias metabólicas, a primeira seria a utilização pelas bactérias ruminais para a produção do propionato, no qual é absorvido pelo epitélio ruminal, chega ao fígado pela veia porta, e é metabolizado a oxalacetato, através do ciclo de Krebs, o oxalacetato produzido pelo fígado é utilizado como fonte gliconeogênica (BARTOŇ et al., 2013). A segunda forma de utilização do glicerol seria a absorção pelo trato gastrointestinal e o metabolismo no fígado. No fígado o glicerol é convertido a gliceraldeído 3-fosfato, que poderá ser degradado via glicólise para produção de energia ou direcionado para a gliconeogênese (KREHBIEL, 2008). Sendo um potente ingrediente glicogênico na dieta de ruminantes. Entretanto, a utilização da glicerina na dieta é dependente da composição química e pureza.

Eiras et al. (2014) observaram uma redução linear no consumo de matéria seca quando incluíram os níveis de 0, 60, 120 e 178 g/kg MS de glicerina na dieta de bovinos mestiços, mas sem afetar o desempenho animal. Avila-Stagno et al. (2014) incluíram 0, 7, 14 e 21% de glicerina na dieta total e não observaram efeito sobre o peso corporal e ganho médio final em cordeiros confinados. Essa ausência de efeito sobre o desempenho dos animais é justificada pela alta pureza da glicerina utilizada nos

trabalhos citados, apresentando mais de 80% de glicerol na sua composição. Barros et al. (2015) testando os níveis de glicerina bruta 0; 2,65; 5,33; 8,06 e 10,84% na base da matéria seca, observaram uma redução linear no consumo de matéria seca, causando uma redução no ganho médio diário, sendo justificado pela baixa pureza da glicerina (40% de glicerol). Na tabela 1 são apresentados os principais achados científicos da inclusão de glicerina bruta na dieta de animais ruminantes.

A grande variação dos resultados utilizando glicerina bruta na dieta de ruminantes se deve a variação na sua composição química causada pelo processo de produção do biodiesel, além da dose e do método de utilização, sendo necessária uma cautela na utilização deste coproduto na dieta animal.

Tabela 1 - Principais achados científicos do efeito da inclusão de glicerina bruta na dieta de ruminantes

Máximo de inclusão (%MS)	% Glicerol	Principais resultados	Conclusão	Autores
21%	55,1%	Redução linear no consumo de matéria seca e no GMD Redução linear da glicose sanguínea.	A inclusão recomendada da glicerina bruta é de até 4,7% do nível de MS.	Ribeiro et al. (2018)
30%	81,8%	Redução linear no consumo de matéria seca e na produção de leite corrigido com 3,5% de gordura. Aumento linear de CLA na gordura do leite	A glicerina bruta tem potencial para substituir o milho, entretanto a 30% reduz muito o desempenho animal.	Ezequiel et al. (2015)
18%	80,5%	Efeito quadrático para o consumo de MS, ganho médio diário, conversão alimentar e glicose séricas .	A adição de glicerina bruta pode ser incluída em dietas de cordeiro até 18%.	Andrade et al. (2018)
30%	83%	Redução linear do acetato e da produção de Metano . Aumento do butirato.	A substituição do grão de milho por glicerina bruta (até 30% de MS) altera os parâmetros de fermentação ruminal.	Van Cleef et al. (2018)
21,02%	80,6%	Aumento linear das concentrações de propionato e glicose sanguínea. Butirato afetado quadraticamente. Redução linear da produção de leite.	A glicerina bruta tem o potencial de substituir parcialmente o amido em níveis dietéticos abaixo de 14 % MS, sem reduzir o desempenho da vaca leiteira.	Paiva et al. (2016)

Torta de Algodão

A torta de algodão é um coproduto proveniente da indústria do biodiesel, resultante da extração do óleo, apresentando potencial em ser utilizado na alimentação animal devido ao elevado teor proteico (BOMFIM et al., 2007), sendo, desta forma, considerada a segunda fonte de proteína mais utilizada no mundo na dieta de animais ruminantes, perdendo apenas para o farelo de soja.

De acordo com Silva et al. (2016), a qualidade desse coproduto varia de acordo com o cultivar utilizado, os métodos da extração empregados, o nível de processamento e a quantidade de gossipol presente. De forma geral, a torta de algodão apresenta $95,22 \pm 0,83\%$ de matéria orgânica, elevado teor de extrato etéreo ($9,48 \pm 1,43\%$), $47,28 \pm 2,89\%$ de fibra em detergente neutro, embora possa variar bastante em função da inclusão da casca e $29,81 \pm 1,79\%$ de proteína bruta (VALADARES FILHO et al., 2015), sendo caracterizada pela maior proporção de proteína não-degradável no rúmen (BARMAN et al., 2017), o que pode ser uma característica vantajosa, principalmente para animais de alta produção, por proporcionar maior digestão intestinal da proteína alimentar, possibilitando o aproveitamento de um melhor perfil de aminoácidos pelo animal e causando uma redução nas perdas de nitrogênio na forma de amônia.

Entretanto, as utilizações de produtos oriundos do algodão podem apresentar em sua composição uma substância que apresenta potencial tóxico, o gossipol, que é um composto fenólico produzido pelas glândulas de pigmentação do algodão (ASSIS et al., 2019), encontradas nas raízes, galhos, folhas e sementes (GUEDES e SOTO-BLANCO, 2010). Esse composto, quando livre, se liga rapidamente a diferentes substâncias, incluindo minerais e aminoácidos, tornando-se inacessível. Porém, os níveis de gossipol não são altos o suficiente para causar danos aos animais ruminantes, além disso, esses animais são tolerantes à toxicidade do gossipol, sendo capazes de consumir os produtos oriundos do algodão sem impacto negativo no desempenho.

Barman et al. (2017) observaram melhora no ganho de peso e na conversão alimentar quando incluíram torta de algodão na dieta de búfalos, Silva et al. (2016) e Assis et al. (2019) não observaram diferenças sobre essas variáveis quando substituíram até 100% do farelo de soja por torta de algodão na dieta de ovinos e caprinos, respectivamente, mas concluíram que a torta de algodão pode ser totalmente substituída pelo farelo de soja no concentrado. Tendo em vista todas as informações citadas sobre as características da torta de algodão e seus valores nutricionais, deve-se avaliar a utilização na dieta para ruminantes.

Tabela 2 - Principais achados científicos do efeito da inclusão de torta de algodão na dieta de ruminantes

Máximo de inclusão (%MS)	Espécie animal	Principais resultados	Conclusão	Autores
12%	Ovinos	A composição química da carne não sofreu alteração Os ácidos graxos não foram afetados pelos níveis de torta de algodão	A torta de algodão pode substituir o farelo de soja no concentrado, até 12%, pois não altera as características nutricionais da carne.	Pereira et al. (2016)
12%	Ovinos	A inclusão de torta de algodão não afetou o ganho de peso diário e total dos cordeiros As características qualitativas e quantitativas da carcaça não diferiram entre os níveis de torta de algodão	A torta de algodão pode substituir até 100% do farelo de soja.	Silva et al. (2016)
12%	Caprinos	A digestibilidade dos componentes nutricionais e o balanço de nitrogênio não foram alterados O ganho de peso médio diário e a conversão alimentar não foram alterados pela inclusão de torta de algodão	Torta de algodão pode ser totalmente substituído pelo farelo de soja em dietas para cabritos Boer mestiços em confinamento	Assis et al., (2019)
28,2%	Ovinos	A Torta de algodão não afetou o consumo de matéria seca Os níveis de torta não afetaram o ganho médio diário, a conversão alimentar e o rendimento de carcaça .	A Torta de algodão pode ser incluída na dieta de cordeiros em confinamento em até 28% da MS.	Lima (2012)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDALLA, A.L., SILVA FILHO, J.C.D., GODOI, A.R.D, CARMO, C.D.A., EDUARDO, J.L.D.P. Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. SPE, p. 260-268, 2008.
- ALMEIDA, M. T. C.; PASCHOALOTO, J. R. Inclusion of Crude Glycerin in Diets for Sheep. In: **Glycerine Production and Transformation-An Innovative Platform for Sustainable Biorefinery and Energy**. IntechOpen, 2019.
- ALVES, L. G. C., OSÓRIO, J. D. S., FERNANDES, A. R. M., RICARDO, H. D. A., CUNHA, C. M. Produção de carne ovina com foco no consumidor. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 18, p. 2399-2415, 2014.
- ANDRADE, G. P., CARVALHO, F. F. R., BATISTA, Â. M. V., PESSOA, R. A. S., DA COSTA, C. A., CARDOSO, D. B., MACIEL, M.V. Evaluation of crude glycerin as a partial substitute of corn grain in growing diets for lambs. **Small ruminant research**, v. 165, p. 41-47, 2018.
- ANUALPEC, AGRA FNP. Anuário estatístico da pecuária de corte. **São Paulo: FNP, Consultoria e Comércio**. 2011.
- ASSIS, D. D. Y., CARVALHO, G. G. P., MAURO SANTOS, D. E., ALMEIDA DE OLIVEIRA, D. F., GARCIA MELO LOPES DE ARAÚJO, D. M. L., DOS SANTOS PINA, D. D., SANTOS, S.A., RUFINO, L.M.A. Cottonseed cake as a substitute of soybean meal for goat kids. **Italian Journal of Animal Science**, v.18, n.1, p. 124-133, 2019.
- AVILA-STAGNO, J., CHAVES, A. V., HE, M. L., HARSTAD, O. M., BEAUCHEMIN, K. A., MCGINN, S. M., e MCALLISTER, T. A. Effects of increasing concentrations of glycerol in concentrate diets on nutrient digestibility, methane emissions, growth, fatty acid profiles, and carcass traits of lambs. **Journal of animal science**, v. 91, n. 2, p. 829-837, 2013.
- BARMAN, K.B., PRAJAPATIL, M.M., PRASAD, K., PATEL, P.B., GASLSAR, S. Cotton seed cake as protein supplement in buffalo calf ration. **Ruminant Science**. v. 6, n. 1, p. 89-94, 2017.

BARROS, M.C.C., MARQUES, J.A., SILVA, F.F., SILVA, R.R., GUIMARÃES, G.S., SILVA, L. L., ARAÚJO, F. L Glicerina bruta na dieta de ovinos confinados: consumo, digestibilidade, desempenho, medidas morfométricas da carcaça e características da carne. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 1, p. 453-466, 2015.

BARTOŇ, L., BUREŠ, D., HOMOLKA, P., JANČÍK, F., MAROUNEK, M., ŘEHÁK, D. Effects of long-term feeding of crude glycerine on performance, carcass traits, meat quality, and blood and rumen metabolites of finishing bulls. **Livestock Science**, v. 155, n. 1, p. 53-59, 2013.

BENEDETI, P. D. B., FONSECA, M. A., SHENKORU, T., MARCONDES, M. I., DE PAULA, E. M., DA SILVA, L. G., FACIOLA, A. P. Does partial replacement of corn with glycerin in beef cattle diets affect in vitro ruminal fermentation, gas production kinetic, and enteric greenhouse gas emissions?. **PLoS one**, v. 13, n. 6, p. e0199577, 2018.

BENEDETI, P.D.B., PAULINO, P.V.R., MARCONDES, M.I., MACIEL, I.F.S., SILVA, M.C., FACIOLA, A.P. Partial replacement of ground corn with glycerol in beef cattle diets: intake, digestibility, performance, and carcass characteristics. **PLoS one**, v. 11, n. 1, p. e0148224, 2016.

BOMFIM, M. A. D., SILVA, M. M. C., e DOS SANTOS, S. F. Potencialidades da utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de caprinos e ovinos. In: **Embrapa Caprinos e Ovinos-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAPRINOS E OVINOS DE CORTE, 3; FEIRA NACIONAL DO AGRONEGÓCIO DA CAPRINO-OVINOCULTURA DE CORTE, 2007, João Pessoa. Anais... João Pessoa: EMEPA-PB, 2007. 21 f. 1 CD-ROM., 2007.

CÂMARA, A. C. L., DO VALE, A. M., MATTOSO, C. R. S., MELO, M. M., SOTOBLANCO, B. Effects of gossypol from cottonseed cake on the blood profile in sheep. **Tropical animal health and production**, v. 48, n. 5, p. 1037-1042, 2016.

CHANJULA, P., PAKDEECHANUAN, P., WATTANASIT, S. Effects of feeding crude glycerin on feedlot performance and carcass characteristics in finishing goats. **Small Ruminant Research**, v. 123, n. 1, p. 95-102, 2015.

CONSTANTINO, C., KORITIAKI, N. A., JUNIOR, F. F., DE AZAMBUJA RIBEIRO, E. L., MANGILLI, L. G., GRANDIS, F. A., PENA, A. F. Comportamento de

- consumidores de carne de cordeiro na região norte do Paraná. **PUBVET**, v. 12, p. 139, 2018.
- EIRAS, C. E., BARBOSA, L. P., MARQUES, J. A., ARAÚJO, F. L., LIMA, B. S., ZAWADZKI, F., PEROTTO, D., PRADO, I. N. Glycerine levels in the diets of crossbred bulls finished in feedlot: apparent digestibility, feed intake and animal performance. **Animal Feed Science and Technology**, v. 197, p. 222-226, 2014.
- EZEQUIEL, J. M. B., SANCANARI, J. B. D., NETO, O. M., DA SILVA, Z. F., ALMEIDA, M. T. C., SILVA, D. A. V., SILVA, D.A.V., VAN CLEEF, F.O.S., VAN CLEEF, E. H. C. B. Effects of high concentrations of dietary crude glycerin on dairy cow productivity and milk quality. **Journal of dairy science**, v. 98, n. 11, p. 8009-8017, 2015.
- GARCIA, E. R. M., MURAKAMI, A. E., OSPINA-ROJAS, I. C., GUERRA, A. F. Q. G. Performance, meat quality and fatty acid profile of broiler chickens fed mixed semi-purified glycerin. **Animal Production Science**, v. 59, n. 2, p. 295-303, 2019.
- GUEDES, F. C. B., SOTO-BLANCO, B.. Sperm quality of sheep fed cottonseed cake. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 38, n. 4, p. 415-418, 2010.
- IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/18/16459>. Acesso em: 22 outubro de 2018.
- KHOLIF, Ahmed E. Glycerol use in dairy diets: A systemic review. **Animal Nutrition**, 2019.
- KREHBIEL, C. R. Ruminal and physiological metabolism of glycerin. **Journal of Animal Science**, v. 86, n. 2, p. 392, 2008.
- LIMA, L. R. **Torta de Algodão na Dieta de Cordeiros Confinados**. Dissertação em ciências animal (Mestrado). 59p. 2012.
- LINKE, P. Ruminal and plasma responses in dairy cows to drenching or feeding glycerol. **The Journal of Undergraduate Research**, v. 3, n. 1, p. 8, 2005.
- LOURENÇO JÚNIOR, J. B.; GARCIA, A. R. Panorama da bubalinocultura na Amazônia. **Encontro Internacional da Pecuária da Amazônia**, v. 1, 2008.
- NICORY, I. M. C., CARVALHO, G. G. P., RIBEIRO, O. L., SILVA, R. R., TOSTO, M. S. L., COSTA-LOPES, L. S., SOUZA, F.N.C., NASCIMENTO, C.O. Ingestive behavior of lambs fed diets containing castor seed meal. **Tropical Animal Health and Production**, v. 47, n. 5, p. 939-944, 2015.

- OMAZIC, A.W., KRONQVIST, C., ZHONGYAN, L., MARTENS, H., HOLTENIUS, K. The fate of glycerol entering the rumen of dairy cows and sheep. **Journal of animal physiology and animal nutrition**, v. 99, n. 2, p. 258-264, 2015.
- PAIVA, P. G. D., DEL VALLE, T. A., JESUS, E. F., BETTERO, V. P., ALMEIDA, G. F., BUENO, I. C. D. S., BRADFORD, B.J., RENNÓ, F. P.. Effects of crude glycerin on milk composition, nutrient digestibility and ruminal fermentation of dairy cows fed corn silage-based diets. **Animal Feed Science and Technology**, v. 212, p. 136-142, 2016.
- PEREIRA, L. G. R., DE ARAGÃO, A. S. L., DOS SANTOS, R. D., AZEVÊDO, J. A. G., NEVES, A. L. A., FERREIRA, A. L., CHIZZOTTI, M. L. Desempenho produtivo de ovinos em confinamento alimentados com farelo de manga. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, n. 3, p. 675-680, 2013.
- PEREIRA, L., PIRES, A. J., CARVALHO, G. G., SILVA, R. V., SIMIONATO, J. I., LACERDA, E. C., BEZERRA, L.S., EIRAS, C.E., CARVALHO, B. M. A. Nutritional characteristics of lambs meat fed diets with cotton cake. **Journal of Food Quality**, v. 39, n. 2, p. 140-149, 2016.
- PICKETT, D., DEPCIK, C., e STAGG-WILLIAMS, S. Use of the glycerin by-product from biodiesel production for power generation. **Journal of Engineering for Gas Turbines and Power**, v. 140, n. 10, p. 101401, 2018.
- REGO NETO, A. D. A., SARMENTO, J. L. R., SANTOS, N. P. D. S., BIAGIOTTI, D., SANTOS, G. V., CAMPELO, J. E. G., SENA, L.S., FIGUEIREDO FILHO, L. A. S. Estrutura e distribuição geográfica do rebanho de ovinos Santa Inês no Estado do Piauí. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 15, n. 2, 2014.
- REHEMUJIANG, H., YIMAMU, A., WANG, Y. L. Effect of dietary cotton stalk on nitrogen and free gossypol metabolism in sheep. **Asian-Australasian journal of animal sciences**, v. 32, n. 2, p. 233, 2019.
- RIBEIRO, R. D., CARVALHO, G. G., SILVA, T. M., COSTA, J. B., BEZERRA, L. R., CAMBUÍ, G. B., BARBOSA, A.M., OLIVEIRA, R. L. Effects of crude glycerin from biodiesel on the diets of lambs: intake, digestibility, performance, feeding behavior, and serum metabolites. **Journal of animal science**, v. 96, n. 5, p. 1952-1961, 2018.

RODRIGUES, F. V.; RONDINA, D. Alternativas de uso de subprodutos da cadeia do biodiesel na alimentação de ruminantes: glicerina bruta. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 7, n. 2, p. 91-99, 2013.

SAN VITO, E., MESSANA, J. D., CASTAGNINO, P. S., GRANJA-SALCEDO, Y. T., DALLANTONIA, E. E., BERCHIELLI, T. T. Effect of crude glycerine in supplement on the intake, rumen fermentation, and microbial profile of Nellore steers grazing tropical grass. **Livestock science**, v. 192, p. 17-24, 2016.

SILVA, R. V. M. M., CARVALHO, G. G. P., PIRES, A. J. V., PEREIRA, M. L. A., PEREIRA, L., CAMPOS, F. S., PERAZZO, A.F., ARAÚJO, M.L.G.M.L., NASCIMENTO, C.O., SANTOS, S.A., TOSTO, M.S.L., RUFINO, L. M.A.CARVALHO, B.M.A. Cottonseed cake in substitution of soybean meal in diets for finishing lambs. **Small Ruminant Research**, v. 137, p. 183-188, 2016.

SOUZA, V. H. A., DOS SANTOS, L. T., CAMPOS, A. F., e CAROLINO, J. Um panorama do biodiesel no Brasil e no mundo: esforços para a ampliação do setor e desafios. **Revista Augustus**, v. 21, n. 41, p. 117-130, 2016.

THOMPSON, J.C., HE, B.B.Characterization of crude glycerol from biodiesel production from multiple feedstocks. **Applied engineering in agriculture**, v. 22, n. 2, p. 261-265, 2006.

VALADARES FILHO, S.C., LOPES, S.A., MACHADO, P.A.S; CHIZZOTTI, M.L., AMARAL, H.F., MAGALHÃES, K.A., ROCHA JÚNIOR, V.R., CAPELLE, E.R. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos**. Viçosa-UFV. 2015

VAN CLEEF, E. H. C. B., ALMEIDA, M. T. C., PEREZ, H. L., PASCHOALOTO, J. R., CASTRO FILHO, E. S., EZEQUIEL, J. M. B. Effects of partial or total replacement of corn cracked grain with high concentrations of crude glycerin on rumen metabolism of crossbred sheep. **Small ruminant research**, v. 159, p. 45-51, 2018.

VIANA, P. T., TEIXEIRA, F. A., PIRES, A. J. V., CARVALHO, G. G. P. D., FIGUEIREDO, M. P. D., SANTANA JÚNIOR, H. A. D. Losses and nutritional value of elephant grass silage with inclusion levels of cottonseed meal. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 35, n. 2, p. 139-144, 2013.

VIEIRA, M. M. M., CÂNDIDO, M. J. D., SEVERINO, L., KHAN, A., e DA SILVA, R. G. Análise bioeconômica da substituição do farelo de soja pelo de mamona para

ovinos em confinamento. **Embrapa Algodão-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2012.

YANG, F.; HANNA, M. A.; SUN, R. Value-added uses for crude glycerol--a byproduct of biodiesel production. **Biotechnology for biofuels**, v. 5, n. 1, p. 13, 2012.

ZUBAIDI, I. A., JONES, R., ALZUGHAIPI, M., ALBAYYADHI, M., DARZI, F., IBRAHIM, H. Crude glycerol as an innovative corrosion inhibitor. **Applied System Innovation**, v. 1, n. 2, p. 12, 2018.

CAPÍTULO 1

Efeitos de fontes alternativas energética e proteica no desempenho e características da carcaça e da carne de cordeiros confinados

Efeitos de fontes alternativas energética e proteica no desempenho e características da carcaça e da carne de cordeiros confinados

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho avaliar o desempenho e as características da carcaça e da carne de cordeiros confinados com dietas com diferentes fontes alternativas de energia e proteína. Trinta e dois cordeiros machos $\frac{1}{2}$ Santa Inês $\frac{1}{2}$ Dorper, com peso vivo inicial $18,52 \pm 3,24$ kg, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2×2 , composta por duas fontes de energia (milho moído e glicerina bruta) e duas fontes de proteína (farelo de soja e torta de algodão) no concentrado utilizado. Houve efeito de interação fonte de energia e proteína para CEE, CDEE, NDT, GPT, PCQ, PCF, PPC e FC ($P < 0,05$). A glicerina utilizada reduziu o CMS, CMO, CPB, CFDN, CCNF, CDMO, CDFDN, CDCNF, N-retido, PVF, GMD, RCQ, RCF ($p < 0,05$). Entre as fontes proteicas utilizadas, foi verificado aumento no CFDN nos animais alimentados com torta de algodão ($P < 0,05$) e redução no CDMS, CDMO, CDPB e CDFDN. A substituição de 100% do milho moído por glicerina bruta, com baixa pureza, não deve ser utilizada na dieta de cordeiros confinados, por reduzir o desempenho animal. Já a substituição total do farelo de soja por torta de algodão pode ser utilizada na dieta de cordeiros, sem causar prejuízos no desempenho e na qualidade da carne.

Palavras-chave: biodiesel, coprodutos, energia, proteína.

Effects of alternative energy and protein sources on carcass and meat performance and characteristics of confined lambs

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the performance and carcass and meat characteristics of lambs fed diets with different alternative sources of energy and protein. Thirty-two Santa Inês ½ Dorper male lambs, with initial live weight 18.52 ± 3.24 kg, distributed in a completely randomized design in a 2x2 factorial scheme, consisting of two energy sources (ground corn and crude glycerin) and two protein sources (soybean meal and cottonseed meal) in the concentrate used. There was an energy source and protein interaction effect for CEE, CDEE, NDT, GPT, PCQ, PCF, PPC and FC ($P < 0.05$). Glycerin used reduced CMS, CMO, CPB, CFDN, CCNF, CDMO, CDFDN, CDCNF, N-retained, PVF, GMD, RCQ, RCF ($p < 0.05$). CFDN in cotton cake fed animals ($P < 0.05$) and reduction in CDMS, CDMO, CDPB and CDFDN. Substitution of 100% of ground corn with low purity crude glycerin should not be used in the diet of confined lambs as it reduces animal performance. The total replacement of soybean meal by cottonseed cake can be used in the diet of lambs, without causing damage to meat performance and quality.

Key words: biodiesel, co-products, energy, protein.

INTRODUÇÃO

O uso de coprodutos do biodiesel como ingrediente na dieta dos animais tem se tornado cada vez mais comum em todo o mundo (VAN CLEEF et al., 2018), com intuito de redução dos custos na produção, dos impactos ambientais e redução do uso de ingredientes que competem com os principais sistemas de criação de animais. Entretanto, é necessário o conhecimento do valor nutricional desses ingredientes, bem como a aceitação pelos animais.

A glicerina bruta é o principal subproduto da conversão de óleos vegetais ou gordura animal, através do processo de transesterificação, em biodiesel (ALMEIDA et al., 2018). Tem sido extremamente avaliada como substituta de alimentos energéticos na dieta de ruminantes (CHANJULA e CHERDTHONG, 2018; ALMEIDA et al., 2018; SALEEM e SINGER, 2018), em virtude de a sua composição possuir o glicerol, que apresenta semelhança com o grão de milho em termos energéticos (BENEDETI et al., 2018), por ser um composto glicogênico (MERLIN et al., 2015). Andrade et al. (2018), avaliando a inclusão de 0, 6, 12 e 18% de glicerina na dieta de cordeiros, concluíram que pode ser utilizado até 18% de glicerina na dieta total dos cordeiros, sem prejuízos no desempenho animal, já Ribeiro et al. (2018) incluíram 0, 7, 14 e 21% de glicerol para cordeiros e verificaram redução do desempenho animal, recomendando até 4,7% na dieta animal. A grande variação dos resultados se deve ao nível de pureza da glicerina utilizada, sendo necessária cautela na utilização desse coproduto.

A torta de algodão é oriunda da extração do óleo do caroço de algodão, por meio da prensagem (ASSIS et al., 2019), em que esse subproduto tem sido utilizado como substituto parcial do farelo de soja em dietas para ruminantes, por apresentar em sua composição elevado teor de proteína bruta (24%), alto teor de extrato etéreo (7,5%), além de 44,3% de FDN (PEREIRA et al., 2016). A inclusão de até 12% de torta de algodão na dieta de cordeiros e caprinos não afetou o desempenho animal (SILVA et al., 2016; ASSIS et al., 2019), podendo ser um potente substituto do farelo de soja.

Pesquisas comprovam os efeitos do uso da glicerina bruta como substituto do milho e da torta de algodão em substituição ao farelo de soja (SILVA et al., 2016; PEREIRA et al., 2016; ANDRADE et al., 2018), entretanto, no tocante à associação desses dois coprodutos na dieta de cordeiros nenhum estudo foi realizado.

Assim posto, hipotetiza-se que a substituição de milho por glicerina bruta e do farelo de soja por torta de algodão, associadas ou não, não cause redução no desempenho e nas características de carcaça de cordeiros. Neste contexto, objetivou-se com este trabalho avaliar o desempenho e as características da carcaça e da carne de cordeiros confinados com dietas com diferentes fontes de energia e proteína.

MATERIAL E MÉTODOS

Local, animal e instalações

O experimento foi realizado na fazenda experimental de São Gonçalo dos Campos, Bahia, pertencente à Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal da Bahia (UFBA), localizada a 12° 23' 57.51" na latitude Sul e 38° 52' 44.66" na longitude Oeste. Todos os procedimentos e protocolos utilizados no presente experimento foram aprovados pelo Comitê de Ética em Uso Animal da Universidade Federal da Bahia (CEUA-UFBA), registrada com o nº 71/2018.

Foram utilizados trinta e dois cordeiros machos ½ Santa Inês ½ Dorper, não castrados, com peso vivo inicial de $18,52 \pm 3,24$ kg e com 4 a 6 meses de idade. O experimento teve duração de 123 dias, sendo 18 dias de adaptação à instalação, e 105 dias para coleta dos dados. Os animais foram alojados em baias individuais de 1 m² (1,0 x 1,0 m), cobertas, com piso ripado de madeira e suspenso, providas de bebedouros e comedouros com acesso irrestrito a água e as dietas experimentais. Após realização das medidas sanitárias contra endo e ectoparasitas, os animais foram pesados individualmente, identificados e distribuídos aleatoriamente nos tratamentos experimentais em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x2, composta por duas fontes de energia (milho moído e glicerina bruta) e duas fontes de proteína (farelo de soja e torta de algodão) no concentrado utilizado.

Dietas experimentais

As seguintes dietas foram testadas: Dieta 1 (Milho + Farelo de soja) – 60% de feno de capim Tifton-85 (*Cynodon sp.*) + 40% de concentrado, composto por milho moído, farelo de soja, ureia e mistura mineral; Dieta 2 (Milho + Torta de algodão)- 60%

de feno de capim Tifton-85 (*Cynodon sp.*) + 40% de concentrado composto por milho moído, torta de algodão, ureia e mistura mineral; Dieta 3 (Glicerina + Farelo de soja)- 60% de feno de capim Tifton-85 (*Cynodon sp.*) + 40% de concentrado composto por glicerina bruta, farelo de soja, ureia e mistura mineral; Dieta 4 (Glicerina + Torta de algodão)- 60% de feno de capim Tifton-85 (*Cynodon sp.*) + 40% de concentrado composto por glicerina bruta, torta de algodão, ureia e mistura mineral.

O feno utilizado foi previamente triturado em partículas médias de 5 cm, as dietas foram fornecidas em duas refeições diárias, 50% às 8h00 e os outros 50% às 15h00, de forma a permitir 10% de sobras. A tabela 1 e 2 apresenta a composição químico-bromatológica dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais.

Tabela 1 - Composição químico-bromatológica dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais

Item	Feno de capim Tifton	Farelo de Soja	Milho Moído	Torta de Algodão
Matéria Seca (%)	93,2	85,4	85,3	93,0
Matéria Orgânica ¹	94,3	93,2	98,7	94,8
Matéria Mineral ¹	5,73	6,77	1,35	5,23
Proteína Bruta ¹	5,07	51,4	8,31	36,0
Extrato Etéreo ¹	0,87	2,83	3,54	7,76
FDNcp ¹	79,0	14,3	13,6	41,0
CNF ¹	9,36	24,8	73,2	10,0
FDACP ¹	39,3	5,59	2,10	25,5
FDNi ¹	38,1	2,15	2,96	23,6
Lignina ¹	7,20	0,26	0,22	6,72
Hemicelulose ¹	39,7	8,70	11,5	15,5
Celulose ¹	32,1	5,33	1,89	18,8

¹Valores em % da matéria seca. FDNcp - Fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína; CNF - Carboidratos não fibrosos; FDA - Fibra em detergente ácido corrigido para cinzas e proteína; FDNi - Fibra indigestível em detergente neutro;

Tabela 2 - Composição químico-bromatológica da glicerina bruta utilizado nas dietas experimentais

Item	%
Matéria Seca	73,4
Matéria Orgânica	94,7
Matéria Mineral ¹	5,35
Proteína Bruta	0,05
Glicerol	41,0
Metanol	0,01
Ácidos Graxos Totais	33,0
Ácido Mirístico	0,03

(Continua)

Tabela 2 - Composição químico-bromatológica da glicerina bruta utilizado nas dietas experimentais

Item	%
Ácido Palmítico	15,1
Ácido Esteárico	5,25
Ácido Oleico	31,4
Ácido linoleico	47,8
Ácido Araquidônico	0,13
Ácido beênico	0,24

(Continuação)

¹Concentrações dos minerais na glicerina utilizada: 24,57 mg /Kg Zinco; 1,00 mg/kg cobre; 37,37 mg/kg de magnésio; 1,963 mg/kg chumbo; 9779 mg/kg sódio; 161,9 mg/kg potássio.

As dietas experimentais utilizadas (Tabela 3) foram formuladas segundo as recomendações do National Research Council (NRC, 2007) para atenderem as exigências de cordeiros com ganho de peso médio diário de 150 gramas.dia⁻¹.

Tabela 3 - Proporção dos ingredientes e composição químico-bromatológica das dietas experimentais

Ingredientes	Dietas experimentais ¹			
	Milho		Glicerina	
	Farelo de Soja	Torta de algodão	Farelo de Soja	Torta de algodão
Feno de Tifton	60,0	60,0	60,0	60,0
Milho moído	29,4	19,5	-	-
Farelo de soja	7,50	-	11,2	-
Torta de algodão	-	17,4	-	22,8
Glicerina Bruta	-	-	25,7	14,1
Ureia	1,60	1,60	1,60	1,60
Mistura Mineral ²	1,50	1,50	1,50	1,50
	Composição quimico-bromatologica (%)			
Matéria seca	90,6	91,9	87,4	90,6
Matéria orgânica	92,7	92,3	91,3	91,5
Matéria Mineral	4,34	4,61	5,57	5,38
Proteína bruta	14,0	13,8	13,4	13,6
Extrato etéreo	1,78	2,56	9,32	6,95
FDNcp ³	52,5	57,2	49,0	56,7
CNF ⁴	30,5	23,2	25,7	18,1

¹Fonte de energia (Milho e Glicerina bruta) e fonte de proteína (Fonte de soja e Torta de algodão); ²Níveis de garantia/Kg: 128g Cálcio; 44g Fosforo; 178g Sódio; 12g Enxofre; 5g Magnésio; 107mg Cobalto; 50mg Cobre; 50 mg Iodo; 750mg Manganês; 12mg Selênio; 3,7g Zinco; 1,4g Ferro; 440mg Flúor. ³FDNcp - Fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína. ⁴CNF - Carboidratos não fibrosos.

Coleta de amostras

Para a determinação do consumo dos componentes nutricionais, foram feitos registros diários da quantidade de ração oferecida e das sobras. A cada dois dias amostras dos ingredientes utilizados nas rações e sobras de cada animal eram coletados, secas em estufa de ventilação forçada a 55°C por um período de 72 horas, posteriormente moídas em moinho tipo Willey com peneira de crivos de um e dois mm. As amostras compostas de cada animal foram preparadas e armazenadas para posteriores análises.

O consumo dos componentes nutricionais foi obtido por meio das seguintes equações: Consumo (kg/animal/dia) = quantidade do componente oferecido – quantidade deste componente nas sobras. O cálculo do consumo em percentual de peso corporal (% do PC) foi avaliado utilizando-se a equação: Consumo (% do PC) = (quantidade de MS e FDN (kg) consumidos*100) / Peso corporal (kg).

O ensaio de digestibilidade ocorreu entre o 49º e 51º e entre o 70º e 72º dias do período experimental, através da coleta total de fezes com uso de baías adaptadas. Após 24 horas de cada dia de coleta, as fezes foram coletadas, pesadas e amostradas (10% do total excretado), posteriormente foram pré seca em estufa de ventilação forçada a 55°C por um período de 72 horas, moídas em moinho tipo Willey com peneira de crivos de um mm. Em seguida foi obtida a amostra composta de cada animal e acondicionadas em sacos plásticos individuais identificados para período das análises.

A estimativa do coeficiente de digestibilidade da MS, MO, PB, EE, FDN, CNF foram calculadas da seguinte maneira: Digestibilidade = [(kg da porção ingerida - kg da porção excretada) / (kg da porção ingerida)] × 100.

A coleta total de urina foi realizada nos dias 51º e 72º por 24 horas, através do uso de funis coletores, contendo no recipiente 20 mL de ácido sulfúrico 20% (v / v) para evitar perdas dos compostos nitrogenados. Do total de urina excretada, 10% foi amostrada e armazenada em freezer a -20 °C para posterior análises do teor de N.

A retenção de nitrogênio (N-retido, g/dia) foi mensurada através da seguinte fórmula:

$$\text{N-retido} = \text{N ingerido (g)} - \text{N nas fezes (g)} - \text{N na urina (g)}.$$

Análise laboratorial

As amostras um mm dos ingredientes, sobras e fezes foram analisadas quanto aos teores de matéria seca (MS; método 934.01), matéria mineral (MM; método 942.05), proteína bruta (PB; método 968.06) e extrato etéreo (EE; método 920.39), conforme metodologia descrita pela AOAC (2005). A matéria orgânica (MO) foi obtida mediante a equação: $MO = MS - MM$. Foram determinados os teores de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas (MERTENS, 2002) e proteína (LICITRA et al., 1996) (FDN_{cp}) (utilizando alfa-amilase termoestável sem adição de sulfito de sódio). A fibra em detergente ácido (FDA) foi determinada de acordo com Van Soest (1991), a lignina foi realizada no resíduo da fibra em detergente ácido com uso de ácido sulfúrico a 72% (AOAC, 2002). As outras frações da parede celular foram estimadas de acordo com as equações descritas por Van Soest et al. (1991): Hemicelulose = FDN – FDA, e Celulose = FDA – Lignina.

Os teores de carboidratos não fibrosos foram calculados conforme descrito por Hall (2000), onde $CNF = 100 - (PB + MM + EE + FDN)$, a equação utilizada para determinação de CNF das dietas experimentais foi realizada levando em consideração a utilização de ureia, como a seguir: $CNF = 100 - MM - EE - FDN_{cp} - (PB - PB_u + U)$.

As amostras moídas a dois mm dos ingredientes utilizados foram analisados quanto ao teor de FDN_i, utilizando sacos de tecido não tecido (TNT) incubados em búfalos fistulados por um período de 288 horas, segundo metodologia de Valente et al. (2015).

A determinação de N na urina foi realizada pelo método Kjeldall, de acordo com a metodologia da AOAC (2002).

A análise do teor de glicerol, metanol e ácidos graxos da glicerina bruta utilizada foi realizada no Laboratório de Química Instrumental, pertencente ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), através do uso do cromatografo gasosos da marca Agilent Technologies (GC 7890A) equipado com detector de ionização por impacto de elétrons (MS 5975C) e coluna capilar DB-5MS (Agilent Technologies, 30 m comprimento x 0,25 mm diâmetro interno x 0,25 µm espessura do filme).

Desempenho

A determinação do desempenho dos cordeiros foi realizada por pesagens individuais dos animais, realizadas no início e final do experimento para a obtenção do ganho de peso total (GPT) e ganho médio diário (GMD). As pesagens foram realizadas pela manhã, após o período de jejum de sólidos de aproximadamente 16 horas. O cálculo do GPT e GMD foi obtido pela seguinte fórmula:

$$\text{GPT} = (\text{Peso corporal final em jejum} - \text{Peso corporal inicial em jejum})$$

$$\text{GMD} = (\text{Peso corporal final em jejum} - \text{Peso corporal inicial em jejum}) / \text{dias em confinamento}.$$

De posse do consumo diário total de matéria seca (CMS total) e do ganho médio diário (GMD), foi possível calcular a conversão alimentar (CA) e a eficiência alimentar (EA) dos animais por meio das fórmulas: $CA = \text{CMS total} / \text{GMD}$ e $EA = \text{GMD} / \text{CMS total}$. Onde: CA = conversão alimentar, em kg MS ingerida/kg ganho; CMS total = consumo diário total de matéria seca; GMD = ganho médio diário, em kg/dia; e EA = eficiência alimentar, em kg de ganho por kg de matéria seca ingerida.

Característica de carcaça e qualidade da carne

Ao final do experimento os cordeiros foram abatidos em abatedouro comercial, localizado no município de Pintadas – Bahia. O abate foi realizado sob inspeção veterinária, segundo normas vigentes no RIISPOA (BRASIL, 1997) mediante insensibilização por eletronarcolese, seguido da sangria, pelo seccionamento das veias jugulares e artérias carótidas, sendo, após, realizada a esfola, evisceração e retirada da cabeça e dos membros.

Após o abate, as carcaças foram pesadas, obtendo-se o peso da carcaça quente (PCQ) e transferidas para câmara frigorífica a temperatura de 2 °C, onde permaneceram por 24 horas, penduradas pelos tendões do músculo *Gastrocnemius*. Em seguida, foram pesadas, para obtenção do peso de carcaça fria (PCF), de posse dos pesos das carcaças determinou-se o rendimento de carcaça quente e de carcaça fria, segundo metodologia proposta por Cezar e Souza (2007).

A determinação do pH das carcaças foi realizada 45 minutos e 24 horas após o abate, em triplicata nos músculos *Longissimus lumborum*, utilizando um peagâmetro portátil acoplado a um eletrodo de penetração, previamente calibrado.

Após 24 horas em câmaras frigoríficas as carcaças foram avaliadas de forma subjetiva quanto à conformação [1 = Ruim (côncava); 2 = Regular (sub-côncava); 3 = Boa (retilínea); 4 = Muito boa (sub-convexa); e 5 = Excelente (convexa)], acabamento (1 = Muito magra; 2 = Magra; 3 = Mediana; 4 = Gorda; e 5 = Muito gorda) e engorduramento, por meio da gordura pélvico renal, atribuindo-se nota variando de 1 a 3, sendo: 1 = Pouca (dois rins descobertos); 2 = Normal (um rim coberto); e 3 = Muita (dois rins cobertos). Na sequência, foram realizadas medidas morfológicas das carcaças, utilizando fita métrica, conforme procedimentos descritos por Cézár e Souza (2007).

Após essas avaliações, realizou-se a divisão longitudinal das carcaças conforme metodologia de Silva Sobrinho e Osório (2005), sendo as meias carcaças esquerdas seccionadas e realizadas os seguintes cortes comerciais: pescoço, paleta, costela, lombo e pernil, sendo pesadas separadamente, para a determinação dos rendimentos dos cortes comerciais.

O músculo *longissimus lumborum* foi armazenado em freezer para posteriores análises físico-química, centesimal e sensorial. Para determinação da cor, o músculo foi cortado e exposto por 5 minutos ao ambiente, para exposição da mioglobina ao oxigênio, através do colorímetro Minolta CR300, sendo determinada por meio do sistema CIE L (luminosidade), a (intensidade de vermelho) e b (intensidade de amarelo), conforme descrito por Miltenburg et al. (1992) e Cañeque e Sañudo (2000).

A perda por cocção (PPC) foi obtida segundo metodologia de Duckett et al. (1998), no qual o *longissimus lumborum* foram pesados, em seguida assados em forno elétrico pré-aquecido a temperatura de 170° C, verificando a temperatura interna do corte até o momento em que atingisse 71°C, após atingir a temperatura eram retirados do forno e novamente pesados. A diferença entre o peso inicial e final da amostra determina a perda por cocção.

A força de cisalhamento (FC) foi realizada após a análise de PPC, os cortes após assados, foram cortados em seis cilindros, com auxílio de sonda vazada, no sentido das fibras musculares. Em seguida, mensurou-se a força de cisalhamento por meio do aparelho Texture Analyser TA-TX2, acoplado à lâmina de aço inox tipo Warner-Bratzler. Os resultados obtidos foram determinados automaticamente pelo equipamento, expressos em kgf/cm² (LYON et al., 1998). A maciez de cada lombo foi calculada pela média dos seis cortes utilizados em cada amostra.

Para avaliação da composição centesimal, as amostras provenientes do músculo *Longissimus lumborum*, foram trituradas e homogeneizadas em processador, em seguida avaliadas quanto aos teores de umidade, cinzas, proteína, conforme metodologia descrita pela AOAC (2005).

Análise sensorial

Para a análise sensorial, as amostras do músculo *Longissimus lumborum* foram assadas em forno à temperatura de 200 °C, até o seu centro geométrico atingir 71 °C, medido por termômetro digital. Após resfriamento, foram cortadas em cubos e servidas a cada julgador não treinado em cabines individuais, em recipientes plásticos, codificados com três dígitos aleatórios. Junto às amostras, foram disponibilizado aos provadores água mineral e bolacha água e sal (para beber e comer entre a degustação de cada amostra) e uma planilha, na qual os 83 provadores avaliaram os seguintes atributos: sabor, maciez, suculência, odor e aceitação global, em uma escala hedônica não estruturada de nove pontos, que consistiram em: 1 - desgostei muitíssimo, 2 - desgostei muito, 3 - desgostei regularmente, 4 - desgostei ligeiramente, 5 - indiferente, 6 - gostei ligeiramente, 7 - gostei regularmente, 8 - gostei muito e 9 - gostei muitíssimo (MORAES, 1993).

Análises estatísticas

Os resultados foram submetidos à análise estatística segundo delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 2 utilizando-se o PROC MIXED do SAS 9.4 de acordo com o modelo abaixo:

$$\hat{Y}_{ijk} = \mu + FE_i + FP_j + FE \times FP_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Onde, \hat{Y}_{ijk} = Valor observado na parcela que recebeu o tratamento i na repetição j; μ = Média da população; FE_i = Efeito fixo da fonte de energia i (i = milho, glicerol), FP_j = Efeito fixo da fonte de proteína j (j = soja, algodão), $FE \times FP_{ij}$ = efeito fixo da interação entre fonte de energia e de proteína; ϵ_{ijk} = Erro experimental aleatório associado a cada observação pressuposto $NID \sim (0, \sigma^2)$.

Os dados referentes à análise sensorial foram submetidos à análise estatística considerando os efeitos de fonte de energia, proteína e interação como fixo, e avaliadores como aleatório segundo a distribuição de Poisson por intermédio do PROC

GLIMMIX dos SAS 9.1. Para todas as avaliações considerou-se o nível de 5% de probabilidade para o erro tipo I.

RESULTADOS

Houve efeito de interação ($P < 0,001$) para o consumo de extrato etéreo, coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo e nutrientes digestíveis totais (Tabela 4). O maior consumo de EE foi verificado nas dietas com glicerina e farelo de soja (Tabela 5). A menor digestibilidade do EE foi observada nas dietas com milho e farelo de soja. E o menor teor de NDT foi observado na dieta com glicerina e torta de algodão, respectivamente, como fontes energética e proteica.

Houve diferença ($P < 0,05$) no consumo de MS, MO, PB, FDN, CNF, NDT (g/dia), MS e FDN (%PV), entre as fontes de energia, em que os maiores consumos foram observados nos animais nas dietas com milho em comparação àquelas com glicerina. Verificou-se maior digestibilidade da MO ($P = 0,021$), FDN ($P < 0,001$) e CNF ($P < 0,001$) nas dietas com a fonte energética milho em relação a glicerina.

Houve maior consumo de FDN (g/dia) ($P = 0,034$) e em %PV ($P < 0,001$) nas dietas com a fonte proteica torta de algodão. Por outro lado, o maior consumo de CNF foi verificado nas dietas com farelo de soja.

Maiores valores de digestibilidade da MS, MO, PB e CNF foram observados nas dietas com a fonte proteica farelo de soja.

Quanto ao balanço de nitrogênio, observou-se maiores valores nos animais com a fonte energética milho em relação à glicerina. Para a fonte proteica, houve maior excreção fecal de N nos animais nas dietas com a torta de algodão.

Houve efeito de interação ($P = 0,034$) entre fonte de energia e de proteína para o ganho de peso total (Tabela 7). Independente da fonte proteica utilizada, o uso da glicerina como fonte de energia reduziu o ganho de peso nos animais.

Observou-se maior ganho de peso total nos animais das dietas com a fonte energética milho, quando associado à fonte proteica farelo de soja.

A fonte de energia milho proporcionou melhores resultados no PVF, GMD, CA e EA.

Houve efeito de interação para o peso de carcaça quente ($P=0,026$) e peso de carcaça fria ($P=0,042$), em que os menores pesos de carcaça quente e fria foram observados em animais nas dietas com glicerina, como fonte energética, independente da fonte de proteína utilizada (Tabela 9).

Os menores valores de rendimentos de carcaça quente ($P<0,001$) e fria ($P<0,001$) foram nos animais nas dietas com glicerina.

Houve maior ($P<0,001$) rendimento de pernil e menor ($P=0,039$) de costela nos animais da dieta com glicerina como fonte energética. Entre as fontes proteicas, verificou-se menor rendimento de pernil naquelas dietas com torta de algodão ($P=0,001$).

As fontes energéticas afetaram a espessura de gordura ($P=0,002$), comprimento externo da carcaça ($P=0,044$), circunferência da perna ($P=0,020$), largura do tórax ($P<0,001$), largura da garupa ($P<0,001$), profundidade do tórax ($P<0,001$), perímetro do peito ($P=0,001$) e perímetro de garupa ($P=0,003$), com menores valores observados nas carcaças dos animais nas dietas com glicerina.

Houve efeito de interação ($P=0,029$) para força de cisalhamento, com maiores valores observados na carne dos animais alimentados com milho e farelo de soja, como fonte de energia e proteína, respectivamente.

A fonte de energia afetou a intensidade luminosa e intensidade de amarelo, em que os menores valores foram observados na carne dos animais que consumiram dietas com milho, como fonte de energia.

O teor de umidade na carne dos cordeiros foi maior ($P=0,004$) na dieta com glicerina. Entretanto, os teores de proteína ($P=0,047$) e gordura ($P=0,039$) da carne foram maiores nas dietas com milho, como fonte de energia. Verificou-se menor teor de gordura na carne ($P=0,008$) dos animais na dieta com a fonte proteica farelo de soja.

Não foi observado efeitos das fontes de energia e de proteína na análise sensorial da carne de cordeiros (tabela 12).

Tabela 4 – Consumo e digestibilidade de componentes nutricionais em cordeiros alimentados com diteas contendo diferentes fontes de energia e proteína.

Variável	Fonte de energia		Fonte de proteína		EPM ¹	Valor de P		
	Milho	Glicerina	Farelo de soja	Torta de algodão		Energia	Proteína	Interação
Consumo (g/dia)								
Matéria seca	1095,7	864,8	984,8	975,8	160,0	<0,001	0,831	0,592
Matéria orgânica	1040,4	811,3	930,3	921,3	15,1	<0,001	0,821	0,550
Proteína bruta	153,9	133,2	149,4	150,3	19,3	<0,001	0,872	0,446
Extrato etéreo	13,6	70,9	45,7	38,4	9,3	<0,001	0,002	<0,001
FDN ³	576,2	442,7	482,7	536,2	83,2	<0,001	0,034	0,760
CNF ⁴	324,6	218,0	317,5	225,1	44,1	<0,001	<0,001	0,617
NDT ⁵	756,2	668,9	729,7	695,4	118,0	0,046	0,419	0,311
Consumo (%PV)								
Matéria seca	4,14	3,73	3,93	3,81	0,25	<0,001	0,973	0,059
FDN ³	2,16	1,86	1,85	2,16	0,15	<0,001	<0,001	0,307
Digestibilidade (%)								
Matéria seca	64,6	65,1	67,6	62,0	7,8	0,752	0,001	0,990
Matéria orgânica	58,7	55,1	59,4	54,7	7,4	0,021	0,001	0,490
Proteína bruta	77,7	78,7	79,7	76,6	3,7	0,234	0,001	0,910
Extrato etéreo	90,8	94,8	95,7	89,9	7,9	0,012	<0,001	0,001
FDN ²	56,0	48,4	51,6	52,8	8,5	<0,001	0,541	0,699
CNF ³	72,1	65,5	75,2	62,4	14,3	<0,001	<0,001	0,872
NDT ⁴	75,2	67,8	68,6	72,8	13,2	<0,001	0,052	0,002

¹ EPM Erro padrão da média; ² FDN- Fibra em detergente neutro; ³ CNF- Carboidratos não fibrosos; ⁴ NDT- Nutrientes digestíveis totais.

Tabela 5- Desdobramento dos efeitos de interação para consumo de extrato etéreo digestibilidade do extrato etéreo e nutrientes digestíveis totais

Váriavel	Fonte de energia	Fonte de proteína		Valor de P
		Farelo de soja	Torta de algodão	
Consumo de Extrato etéreo	Milho	7,96 Bb	19,2 Ab	<0,001
	Glicerina	83,5 Aa	58,3 Ba	<0,001
	Valor de P	<0,001	<0,001	-
Digestibilidade do extrato etereo	Milho	75,7 Bb	89,9 Ab	<0,001
	Glicerina	95,7 Aa	94,5 Aa	0,822
	Valor de P	0,045	<0,001	--
Nutrientes digestíveis totais	Milho	77,6 Aa	72,2 Aa	0,803
	Glicerina	78,1 Aa	68,1 Bb	0,002
	Valor de P	0,760	0,040	-

Letras maiúsculas diferem na linha e letras minúsculas diferem as colunas

Tabela 6 – Balanço de nitrogênio em cordeiros alimentados com dietas contendo diferentes fontes de energia e proteína

Variável	Fonte de energia		Fonte de proteína		EPM ¹	Valor de P		
	Milho	Glicerina	Farelo de soja	Torta de algodão		Energia	Proteína	Interação
N - Ingerido (g/dia)	24,6	21,4	23,39	24,04	2,78	<0,001	0,941	0,482
N - Urina (g/dia)	11,3	12,3	12,23	11,33	3,13	0,326	0,378	0,153
N - Fecal (g/dia)	5,84	4,55	4,70	5,70	5,21	<0,001	0,001	0,551
N - Retido (g/dia)	7,46	5,91	7,71	7,67	4,58	0,002	0,962	0,212

¹EPM Erro padrão da média.

Tabela 7 – Desempenho de cordeiros alimentados com dietas contendo diferentes fontes de energia e proteína

Variável	Fonte de energia		Fonte de proteína		EPM ¹	Valor de P		
	Milho	Glicerina	Farelo de soja	Torta de algodão		Energia	Proteína	Interação
PVI ² (kg)	19,7	18,6	19,1	19,2	-	-	-	-
PVF ³ (kg)	36,5	30,06	34,20	32,4	4,95	<0,001	0,265	0,234
GPT ⁴ (kg)	18,6	11,64	16,04	14,2	3,42	<0,001	0,080	0,034
GMD ⁵ (g)	147	93,6	126	114	21,4	<0,001	0,104	0,136
CA ⁶ (g/g)	7,99	9,29	8,32	8,96	1,33	<0,001	0,055	0,284
EA ⁷ (g/g)	0,13	0,11	0,12	0,11	14,7	<0,001	0,053	0,176

¹ EPM Erro padrão da média; ²PVI- Peso vivo inicial; ³ PVF- peso vivo final; ⁴GPT- Ganho de peso total; ⁵ GMD- Ganho médio diário; ⁶ CA- Conversão alimentar; ⁷ EA- Eficiência alimentar.

Tabela 8- Desdobramento do ganho de peso total (Kg)

Váriavel	Fonte de energia	Fonte de proteína		Valor de P
		Farelo de soja	Torta de algodão	
Ganho de peso total	Milho	20,7 Aa	16,6 Ba	0,010
	Glicerina	11,4 Ab	11,9 Ab	0,760
	Valor de P	0,010	0,003	-

Letras másculas diferem na linha e letras minúsculas diferem as colunas

Tabela 9 – Peso e rendimento da carcaça e dos cortes de cordeiros alimentados com dietas contendo diferentes fontes de energia e proteína

Variável	Fonte de energia		Fonte de proteína		EPM ¹	Valor de P		
	Milho	Glicerina	Farelo de soja	Torta de algodão		Energia	Proteína	Interação
PCQ (Kg) ²	15,70	11,76	14,21	13,25	2,26	<0,001	0,143	0,026
PCF (Kg) ³	15,69	11,72	14,18	13,24	2,28	<0,001	0,130	0,042
RCQ (%) ⁴	43,29	40,31	42,45	41,15	1,96	<0,001	0,053	0,432
RCF (%) ⁵	43,27	40,22	42,37	41,14	2,00	<0,001	0,074	0,415
Rendimento dos cortes (%)								
Pescoço	5,16	5,06	5,02	5,16	0,510	0,636	0,897	0,051
Paleta	22,12	22,05	21,89	22,28	1,309	0,337	0,610	0,309
Pernil	33,27	34,94	34,79	33,34	1,747	<0,001	0,001	0,950
Costelas	34,00	32,53	33,00	33,59	1,747	0,039	0,204	0,496
Lombo	5,45	5,42	5,30	5,63	0,623	0,927	0,198	0,462

¹EPM Erro padrão da média; ²PCQ- Peso da carcaça quente; ³PCF- Peso da carcaça fria; ⁴RCQ- Rendimento de carcaça quente; ⁵RCF- rendimento de carcaça fria.

Tabela 10- Desdobramento dos efeitos de interação para o peso de carcaça quente e peso de carcaça fria

Variável	Fonte de energia	Fonte de proteína		Valor de P
		Farelo de soja	Torta de algodão	
Peso de carcaça quente	Milho	17,0 Aa	14,5 Ba	<0,001
	Glicerina	11,5 Ab	12,1 Aa	0,162
	Valor de P	<0,001	0,052	-
Peso de carcaça fria	Milho	16,9 Aa	14,3 Ba	<0,001
	Glicerina	11,4 Ab	12,0 Aa	0,163
	Valor de P	<0,001	0,055	-

Letras maiúsculas diferem na linha e letras minúsculas diferem as colunas

Tabela 11 - Características morfométricas da carcaça de cordeiros alimentados com dietas contendo diferentes fontes de energia e proteína

Variável	Fonte de energia		Fonte de proteína		EPM	Valor de P		
	Milho	Glicerina	Farelo de soja	Torta de algodão		Energia	Proteína	Interação
Espessura de gordura	2,54	1,63	2,27	1,91	0,930	0,002	0,183	0,701
Conformação	2,03	1,85	1,96	1,92	1,80	0,717	0,944	0,860
Acabamento	1,95	1,54	1,79	1,70	1,62	0,390	0,860	0,910
Engorduramento	2,19	1,94	2,00	2,13	4,32	0,632	0,810	0,632
Comp. Externo (cm)	45,44	43,75	44,46	44,72	2,23	0,044	0,753	0,639
Comp. Interno (cm)	45,28	43,73	44,62	44,59	2,10	0,058	0,976	0,952
Comp. Perna (cm)	35,94	35,54	35,78	35,69	1,63	0,388	0,847	0,728
Circunf. Perna (cm)	36,16	34,06	35,66	34,56	2,52	0,020	0,208	0,053
Larg. Tórax (cm)	70,42	65,47	68,78	67,11	4,00	<0,001	0,207	0,224
Larg. Garupa (cm)	51,25	43,05	47,86	46,44	4,33	<0,001	0,302	0,117
Larg. Interna Tórax (cm)	17,53	16,72	17,09	17,16	1,21	0,075	0,888	0,399
Prof. Torax (cm)	26,16	24,30	25,13	25,34	1,28	<0,001	0,604	0,227
Perim. Peito (cm)	18,42	16,90	17,86	17,46	1,15	0,001	0,350	0,162
Perim. de garupa (cm)	18,04	16,73	17,52	17,26	1,11	0,003	0,511	0,132

¹EPM Erro padrão da média.

Tabela 12- Valores de pH, perdas por cocção (PPC), força de cisalhamento (FC), cor e composição centesimal da carne de cordeiros alimentados com dietas contendo diferentes fontes de energia e proteína

Variável	Fonte de energia		Fonte de proteína		EPM ¹	Valor de P		
	Milho	Glicerina	Farelo de soja	Torta de algodão		Energia	Proteína	Interação
pH 45 min	6,85	6,83	6,85	6,85	0,15	0,572	0,980	0,712
pH 24 horas	5,39	5,48	5,46	5,41	0,15	0,053	0,249	0,080
PPC (%) ²	13,5	14,4	14,1	13,7	7,66	0,635	0,852	0,051
FC (kgf/cm ²) ³	1,98	1,87	2,05	1,79	0,69	0,626	0,229	0,029
	Cor							
L ⁴	36,8	39,8	38,6	38,0	2,46	0,003	0,522	0,739
a ⁵	21,3	22,2	21,8	21,7	1,40	0,096	0,811	0,263
b ⁶	6,41	5,02	5,85	5,57	1,42	0,006	0,553	0,998
	Composição centesimal (% da Matéria Natural)							
Umidade	75,1	76,5	76,1	75,4	1,29	0,004	0,132	0,607
Mineral	0,97	1,03	1,02	0,99	0,32	0,161	0,459	0,258
Proteína	22,2	21,4	21,6	21,9	1,02	0,047	0,500	0,300
Gordura	2,13	1,64	1,57	2,20	0,66	0,039	0,008	0,933

¹ EPM Erro padrão da média; ² PPC- Perda de peso por cocção; ³FC- Força de cisalhamento; ⁴ L-Luminosidade; ⁵a- Intesidade vermelho; ⁶ b- Intensidade amarelo; Letras maiúsculas diferem na linha e letras minúsculas diferem as colunas

Tabela 13- Desdobramento da força de cisalhamento (kgf/cm²)

Váriavel	Fonte de energia	Fonte de proteína		Valor de P
		Farelo de soja	Torta de algodão	
Força de cisalhamento (kgf/cm ²)	Milho	2,37 Aa	1,98 Ba	<0,001
	Glicerina	1,75 Ab	1,59 Aa	0,210
	Valor de P	<0,001	0,145	-

Letras maiúsculas diferem na linha e letras minúsculas diferem as colunas

Tabela 14- Análise sensorial da carne de cordeiros alimentados com dietas contendo diferentes fontes de energia e proteína

Variável	Fonte de energia		Fonte de proteína		Valor de P		
	Milho	Glicerina	Farelo de soja	Torta de algodão	Energia	Proteína	Interação
Sabor	6,58	6,52	6,54	6,57	0,865	0,918	0,310
Maciez	7,26	7,25	6,95	7,56	0,974	0,286	0,714
Suculência	6,94	6,69	6,58	7,05	0,547	0,352	0,987
Odor	6,57	6,28	6,44	6,41	0,285	0,897	0,064
Aceitação	6,67	6,70	6,59	6,78	0,919	0,620	0,395

Os resultados desta análise sensorial foram interpretados com base na distribuição de Poisson.

DISCUSSÃO

O menor consumo de matéria seca observado quando a glicerina foi utilizada como fonte energética pode estar relacionado com melhoria do estado metabólico, pois o glicerol presente na glicerina reduz a relação acetato:propionato (ALMEIDA et al., 2018), como consequência há aumento da produção de glicose pela gliconeogênese, causando saciedade em termos energéticos aos animais (KREHBIEL, 2008).

A glicerina utilizada no presente trabalho possui 40,94% de glicerol, sendo considerado de baixa pureza (BARROS et al., 2015). Portanto, a redução do consumo de MS pode ser justificada também pelos possíveis efeitos deletérios aos microrganismos fibrolíticos, causado pela presença do glicerol (PAIVA et al., 2016) e do elevado teor de EE (LIMA et al., 2019) encontrado na glicerina utilizada. A presença do glicerol e EE causa modificação na permeabilidade da membrana bacteriana (SAN VITO et al., 2016), o que, provavelmente, reduziu a atividade enzimática e crescimento dos microrganismos fibrolíticos e adesão dos mesmos aos alimentos no ambiente ruminal, verificado pela redução da digestibilidade da FDN.

A redução no consumo de componentes nutricionais, com excessão do EE, nas dietas com glicerina, como fonte energética, é justificada pelo menor CMS dessas dietas. O maior consumo de FDN observado nas dietas com a fonte proteica torta de algodão pode ser explicado pelo maior teor deste componente nestas dietas.

A dieta com glicerina associada com o farelo de soja apresentou o maior teor de EE (9,32% EE). A glicerina utilizada nas dietas experimentais possui elevado teor de

ácidos graxos (33%), o que favoreceu o aumento no consumo de EE pelos cordeiros, nas dietas com glicerina associada ao farelo de soja.

A redução da digestibilidade MO, FDN e CNF nas dietas com glicerina pode ser justificada pelos efeitos deletérios da atividade microbiana, principalmente os fibrolíticos, ocasionado pela presença do glicerol e pelo excesso de lipídeos, nas dietas que continha glicerina. Assim, o maior teor de EE decorrente da adição de glicerina nas dietas pode ter reduzido a digestão da parede celular, causando indiretamente, o comprometimento da disponibilização de compostos que estavam fisicamente protegidos do ataque microbiano pela matriz vegetal.

A menor digestibilidade da MS nas dietas com a fonte proteica farelo de algodão pode ser explicada pelos maiores teores de lignina e de FDN em comparação as demais fontes proteica e energética. A redução na digestão da MS refletiu na menor digestão da matéria orgânica naquelas dietas com torta de algodão.

O menor coeficiente de digestibilidade da proteína bruta naquelas dietas com a fonte proteica torta de algodão, possivelmente, se deve ao maior teor de proteína indigestível em detergente ácido (PIDA) neste ingrediente (7,71% PIDA na proteína bruta) em comparação ao farelo de soja (1,78% PIDA na proteína bruta). O elevado valor de nitrogênio ligado a FDA se torna indisponível na digestão pelo animal (RAMOS et al., 2013), aumentando a excreção fecal de N, e comprometendo a digestibilidade da PB. Ademais, o CNF presente na torta de algodão permanece protegido da digestão por componentes menos digestíveis da parede celular, acarretando maior tempo de degradação ruminal, o que reduz a digestibilidade do CNF.

Em relação à digestibilidade do EE, a glicerina favoreceu o aumento independente da fonte proteica, e tal fato pode estar associado ao conteúdo de ácidos graxos insaturados presente na glicerina ter contribuído para o aumento da absorção do intestino delgado, devido à formação de monoglicerídios que agiriam como agente emulsificante, possibilitando a formação de micelas (SILVA et al., 2007). Mesmo fato observado por Barros et al. (2015) e Ribeiro et al. (2018), que ao incluir glicerina bruta na dieta de cordeiros confinados observaram aumento na digestibilidade do EE.

O resultado encontrado para o teor de NDT da dieta é explicado pelo maior consumo de MS e de alguns componentes nutricionais (MO, PB, FDN, CNF e NDT), somado a digestibilidade da MO, CNF e FDN dos animais alimentados com milho, e

quando associado ao farelo de soja, que promoveu maior digestibilidade da MS, MO, PB e CNF, causou aumento no teor de NDT, pelo aumento do consumo e de absorção desses compostos orgânicos.

O maior consumo de MS nos animais alimentados com milho favoreceu o aumento no consumo de N e, apesar do teor mais elevado de N-fecal nesses animais, justificado pela presença de PIDA no milho em comparação a ausência deste componente na glicerina, foi verificado maior teor de N-retido nos animais alimentados com milho, indicando maior eficiência do uso de N. Segundo Chanjula et al. (2016) a diferença na quantidade e nas rotas de excreção de N apresenta forte influência na sua retenção que é considerado um índice do status proteicos nos animais ruminantes, e tem consequência direta no desempenho animal.

Segundo Arrigoni et al. (2013), entre os fatores que afetam o desempenho animal em confinamento, o consumo de matéria seca é um dos principais, uma vez que determina a quantidade de nutrientes ingerido pelo animal, para atingir os requisitos de manutenção e ganho de peso (FERNANDES et al., 2011). Portanto, o maior consumo dos componentes nutricionais, aliada a maior digestibilidade da matéria orgânica e maior retenção de N, favoreceram maior aporte nutricional nos animais alimentados com milho, como fonte energética, resultando em maior desempenho animal, consequentemente propiciaram maior rendimento de carcaça e melhoria em algumas características morfométricas (espessura de gordura, comprimento externo da carcaça, circunferência da perna, largura do tórax, largura da garupa, profundidade do tórax, perímetro de peito e perímetro de garupa).

Os animais nas dietas com milho tiveram o maior ganho de peso e o maior peso de carcaça e, entre as fontes proteicas associadas ao milho, o maior ganho e peso de carcaça foi observado nos animais nas dietas com farelo de soja. Isso está associado ao maior aporte energético obtido pelos animais nessa dieta acarretando maior ganho de peso total e maior peso de carcaça quente e fria.

A força de cisalhamento está diretamente correlacionada com peso da carcaça, segundo Hedrick et al. (1994), com o maior desenvolvimento muscular há o aumento da estabilidade do colágeno originado pela presença das pontes cruzadas entre essas moléculas, o que causa modificação na textura da carne. Entretanto, apesar do efeito na

força de cisalhamento, todas as dietas propiciaram limite de textura aceitável, que é de até 3,4 kgf/cm² para carne ovina (SOUZA et al., 2016).

O menor valor na coordenada luminosidade (L) e maior valor da intensidade amarelo verificada na carne dos animais alimentados com milho, como fonte energética, podem ser justificadas pelo maior desempenho desses animais, em comparação aos animais alimentados com glicerina. Conforme Pinheiro et al. (2009), com o aumento do peso há elevação na quantidade de gordura intramuscular, o que pode ser verificado pelo maior teor de gordura na carne dos cordeiros alimentados com milho, aumentando a intensidade de amarelo. O aumento de gordura reduz a permeabilidade do capilar e o deslocamento do oxigênio para as fibras musculares, para que o músculo tenha aporte adequado de oxigênio há o aumento de mioglobina. Segundo Krzywicki (1979), as mioglobinas absorvem a luz visível, o que aumenta a penetração da luz e como consequência reduz a intensidade luminosa.

Maior consumo de proteína bruta na dieta pode proporcionar maior desempenho e influenciar nas características da carcaça e composição química dos tecidos musculares (CAMPOS et al., 2017). Portanto, o maior teor de PB verificado na carne dos cordeiros alimentados com milho, relaciona-se com maior consumo de PB e maior desempenho desses animais, o que levou a maior deposição de tecido muscular.

Segundo Santana Filho et al. (2016) a relação entre o teor de umidade e gordura da carne é inversa, visto que quando há a deposição de gordura há uma perda de líquido devido a baixa proteção física no qual a gordura exerce. Assim, o maior teor de umidade encontrado na carne dos cordeiros nas dietas com glicerina, provavelmente é em função do menor teor de gordura na carne desses animais.

E a menor proporção de gordura na carne dos animais alimentados com glicerina, como fonte energética, e farelo de soja, como fonte proteica, de forma não associadas, pode ser justificada pela menor produção de acetato ruminal, que é percursos da lipogênese (CHANJULA et al., 2015). Tem sido relatado que a glicerina modula a fermentação ruminal, aumentando as concentrações de ácido propiônico e butírico à custa da concentração de acetato (SHIN et al., 2012), pela mudança que causa na espécie de microrganismos no ambiente ruminal (VAN CLEEF et al., 2018). Já o farelo de soja, causa menor produção de acetato, quando comparado à torta de algodão, pelo menor teor de FDN na composição, pois os microrganismos fermentadores de fibra

são os principais produtores de ácido acético (MENA et al., 2015). Desta forma, as baixas concentrações de acetato no rúmen dos animais alimentados com glicerina e farelo de soja, possivelmente reduzem a lipogênese, reduzindo a concentração de gordura na carne.

CONCLUSÃO

A fonte proteica torta de algodão pode substituir totalmente o farelo de soja em dietas para cordeiros confinados. Por outro lado, a glicerina bruta, de baixa pureza, não é uma fonte energética a ser recomendada para substituir o milho em dietas para cordeiros, pois reduz o desempenho produtivo dos animais.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALMEIDA, M. T. C., EZEQUIEL, J. M. B., PASCHOALOTO, J. R., PEREZ, H. L., DE CARVALHO, V. B., CASTRO FILHO, E. S., e VAN CLEEF, E. H. C. B. Effects of high concentrations of crude glycerin in diets for feedlot lambs: feeding behaviour, growth performance, carcass and non-carcass traits. **Animal Production Science**, v. 58, n. 7, p. 1271-1278, 2018.

ANDRADE, G. P., CARVALHO, F. F. R., BATISTA, Â. M. V., PESSOA, R. A. S., DA COSTA, C. A., CARDOSO, D. B., MACIEL, M.V. Evaluation of crude glycerin as a partial substitute of corn grain in growing diets for lambs. **Small ruminant research**, v. 165, p. 41-47, 2018.

AOAC, 2002. **Official methods of analysis** (17th ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.

AOAC, 2005. **Official Methods of Analysis** (18th ed.) Assoc. Off. Anal. Chem., Gaithersburg, MD, USA.

ARRIGONI, M. D. B., MARTINS, C. L., SARTI, L. M. N., BARDUCCI, R. S., FRANZÓI, M. C. D. S., ROMA JÚNIOR, L. C., PERDIGÃO, A., RIBEIRO, F. A.,

- FACTORI, M. A. Níveis elevados de concentrado na dieta de bovinos em confinamento. **Veterinária e Zootecnia**, p. 539-551, 2013.
- ASSIS, D. D. Y., CARVALHO, G. G. P., MAURO SANTOS, D. E., ALMEIDA DE OLIVEIRA, D. F., GARCIA MELO LOPES DE ARAÚJO, D. M. L., DOS SANTOS PINA, D. D., SANTOS, S.A., RUFINO, L.M.A. Cottonseed cake as a substitute of soybean meal for goat kids. **Journal of Animal Science**, v.18, n.1, p. 124-133, 2019.
- BARROS, M. C. C., MARQUES, J. D. A., SILVA, F. D., SILVA, R. R., GUIMARÃES, G. S., SILVA, L. D., ARAÚJO, F. D. Glicerina bruta na dieta de ovinos confinados: consumo, digestibilidade, desempenho, medidas morfométricas da carcaça e características da carne. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 1, p. 453-466, 2015.
- BENEDETI, P. D. B., FONSECA, M. A., SHENKORU, T., MARCONDES, M. I., DE PAULA, E. M., DA SILVA, L. G., FACIOLA, A. P. Does partial replacement of corn with glycerin in beef cattle diets affect in vitro ruminal fermentation, gas production kinetic, and enteric greenhouse gas emissions?. **PloS one**, v. 13, n. 6, p. e0199577, 2018.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal: Decreto nº 30.691**, de 29 de março de 1952, e alterações. 1997.
- CAMPOS, F. S., CARVALHO, G. G. P., SANTOS, E. M., ARAÚJO, G. G. L., GOIS, G. C., REBOUÇAS, LEÃO, A. G., SANTOS, S. A., OLIVEIRA, J. S. LEITE, L. C., ARAUJO, M. L. G. M. L., CIRNE, L.G.A., SILVA, R.R., CARVALHO, B. M. A. Influence of diets with silage from forage plants adapted to the semi-arid conditions on lamb quality and sensory attributes. **Meat science**, v. 124, p. 61-68, 2017.
- CAÑEQUE, V., SAÑUDO, Carloscoord. **Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes**. Ministerio de Ciencia y Tecnología, Madrid (España). Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA)., 2000.
- CEZAR, M. F.; SOUSA, WH de. Carcaças ovinas e caprinas: obtenção, avaliação e classificação. **Uberaba: Agropecuária Tropical**, v. 147, 232 p. 2007.
- CHANJULA, P., CHERDTHONG, A. Effects of crude glycerin from waste vegetable oil in diets on performance and carcass characteristics of feedlot goats. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 31, n. 4, p. 514, 2018.

CHANJULA, P., PAKDEECHANUAN, P., WATTANASIT, S. Effects of feeding crude glycerin on feedlot performance and carcass characteristics in finishing goats. **Small Ruminant Research**, v. 123, n. 1, p. 95-102, 2015.

CHANJULA, P., PONGPRAYOON, S., KONGPAN, S., CHERDTHONG, A. Effects of crude glycerin from waste vegetable oil supplementation on feed intake, ruminal fermentation characteristics, and nitrogen utilization of goats. **Tropical animal health and production**, v. 48, n. 5, p. 995-1004, 2016.

DUCKETT, S. K., KLEIN, T. A., DODSON, M. V., SNOWDER, G. D. Tenderness of normal and callipyge lamb aged fresh or after freezing. **Meat Science**, v. 49, n. 1, p. 19-26, 1998.

FERNANDES, A. R. M., JUNIOR, O., PREVIDELLI, M. A., ORRICO, A. C. A., VARGAS JUNIOR, F. M. D., OLIVEIRA, A. B. D. M. Desempenho e características qualitativas da carcaça e da carne de cordeiros terminados em confinamento alimentados com dietas contendo soja grão ou gordura protegida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, p. 1822-1829, 2011.

HALL, M. B. Calculation of non-structural carbohydrate content of feeds that contain non-protein nitrogen. **Gainesville: University of Florida**, p. A25-A32, 2000.

HEDRICK, H. B., ABERLE, E. D., FORREST, J. C., JUDGE, M. D., MERKEL, R. A. **Principles of meat science**, p.351. Iowa: Kendall, 1994.

KREHBIEL, C. R. Ruminal and physiological metabolism of glycerin. **Journal of Animal Science**, v. 86, n. 2, p. 392, 2008.

KRZYWICKI, K. Assessment of relative content of myoglobin, oxymyoglobin and metmyoglobin at the surface of beef. **Meat Science**, v. 3, n. 1, p. 1-10, 1979.

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

LIMA, P. R., APDINI, T., FREIRE, A. S., SANTANA, A. S., MOURA, L. M. L., NASCIMENTO, J. C. S., RODRIGUES, R. T. S., GARCEZ NETO, A. F., QUEIROZ, M. A. A., MENEZES, D. R. Dietary supplementation with tannin and soybean oil on intake, digestibility, feeding behavior, ruminal protozoa and methane emission in sheep. **Animal feed science and technology**, v. 249, p. 10-17, 2019.

LYON, C. E., LYON, B. G., DICKENS, J. A. Effects of carcass stimulation, deboning time, and marination on color and texture of broiler breast meat. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 7, n. 1, p. 53-60, 1998.

MENA, F. X M; LASCANO, G. J.; RICO, D. E.; HEINRICHS, A. J. Effect of forage level and replacing canola meal with dry distillers grains with solubles in precision-fed heifer diets: Digestibility and rumen fermentation. **Journal of dairy science**, v. 98, n. 11, p. 8054-8065, 2015.

MERLIM, F. A.; SILVA SOBRINHO, A. G.; BORGHI, T. H.; ZEOLA, N. M. B. L.; CIRNE, L. G. A.; ROMANZINI, E. P.; ALMEIDA, F. A. Ile de France lambs fed diets containing glycerin: characteristics of carcass and commercial cuts. **Journal of Agricultural Engineering and Biotechnology**, v. 3, p. 79-83, 2015.

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

MILTENBURG, G. A. J., WENSING, T., SMULDERS, F. J. M., BREUKINK, H. J. Relationship between blood hemoglobin, plasma and tissue iron, muscle heme pigment, and carcass color of veal. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 9, p. 2766-2772, 1992.

MORAES, M. A.C. **Métodos para avaliação sensorial dos alimentos**. Unicamp, 1993.
NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of small ruminants**. Washington, D.C.: National Academic Press, 2007.

PAIVA, P. G. D., DEL VALLE, T. A., JESUS, E. F., BETTERO, V. P., ALMEIDA, G. F., BUENO, I. C. D. S., BRADFORD, B.J., RENNÓ, F. P.. Effects of crude glycerin on milk composition, nutrient digestibility and ruminal fermentation of dairy cows fed corn silage-based diets. **Animal Feed Science and Technology**, v. 212, p. 136-142, 2016.

PEREIRA, L., PIRES, A. J., CARVALHO, G. G., SILVA, R. V., SIMIONATO, J. I., LACERDA, E. C., BEZERRA, L. S., EIRAS, C. E., CARVALHO, B. M. A. Nutritional characteristics of lambs meat fed diets with cotton cake. **Journal of Food Quality**, v. 39, n. 2, p. 140-149, 2016.

PINHEIRO, R. S. B., SILVA SOBRINHO, A. G. D., SOUZA, H. B. A. D., YAMAMOTO, S. M. Qualidade de carnes provenientes de cortes da carcaça de cordeiros e de ovinos adultos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, p. 1790-1796, 2009.

- RAMOS, A. O., FERREIRA, M. D. A., VÉRAS, A. S. C., COSTA, S. B. D. M., CONCEIÇÃO, M. G. D., SILVA, E. C. D., SALLA, L. E., SOUZA, A. R. D. L. Different fiber sources in diets based on spineless cactus in sheep feeding. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 14, n. 4, p. 648-659, 2013.
- RIBEIRO, R. D., CARVALHO, G. G., SILVA, T. M., COSTA, J. B., BEZERRA, L. R., CAMBUÍ, G. B., BARBOSA, A. M., OLIVEIRA, R. L. Effects of crude glycerin from biodiesel on the diets of lambs: intake, digestibility, performance, feeding behavior, and serum metabolites. **Journal of animal science**, v. 96, n. 5, p. 1952-1961, 2018.
- SALEEM, A. M., SINGER, A. M. Growth performance and digestion of growing lambs fed diets supplemented with glycerol. **animal**, v. 12, n. 5, p. 959-963, 2018.
- SAN VITO, E., MESSANA, J. D., CASTAGNINO, P. S., GRANJA-SALCEDO, Y. T., DALLANTONIA, E. E., BERCHIELLI, T. T. Effect of crude glycerine in supplement on the intake, rumen fermentation, and microbial profile of Nellore steers grazing tropical grass. **Livestock science**, v. 192, p. 17-24, 2016.
- SANTANA FILHO, N. B.; OLIVEIRA, R. L.; CRUZ, C. H.; LEÃO, A. G.; RIBEIRO, O. L.; BORJA, M. S.; SILVA, T.M.; ABREU, C. L. (2016). Physicochemical and sensory characteristics of meat from young Nellore bulls fed different levels of palm kernel cake. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 96, n. 10, p. 3590-3595, 2016.
- SHIN, J. H., WANG, D., KIM, S. C., ADESOGAN, A. T., STAPLES, C. R. Effects of feeding crude glycerin on performance and ruminal kinetics of lactating Holstein cows fed corn silage-or cottonseed hull-based, low-fiber diets. **Journal of dairy science**, v. 95, n. 7, p. 4006-4016, 2012.
- SILVA SOBRINHO, A.G.; OSÓRIO, J.C.S. **Aspectos quantitativos da produção de carne ovina**. 1ª ed. Jaboticabal: Funesp, 2005. 228p.
- SILVA, M. M. C., RODRIGUES, M. T., FLORENTINO, C. A., RODRIGUES, R. H. B., LEÃO, M. I., DE MAGALHÃES, A. C. M., MATOS, R. S. Efeito da suplementação de lipídios sobre a digestibilidade e os parâmetros da fermentação ruminal em cabras leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 2007.
- SILVA, R. V. M. M., CARVALHO, G. G. P., PIRES, A. J. V., PEREIRA, M. L. A., PEREIRA, L., CAMPOS, F. S., PERAZZO, A.F., ARAÚJO, M.L.G.M.L.,

NASCIMENTO, C.O., SANTOS, S.A., TOSTO, M.S.L., RUFINO, L. M.A.CARVALHO, B.M.A. Cottonseed cake in substitution of soybean meal in diets for finishing lambs. **Small Ruminant Research**, v. 137, p. 183-188, 2016.

SOUZA, D. A., SELAIVE-VILLARROEL, A. B., PEREIRA, E. S., SILVA, E. M. C., OLIVEIRA, R. L. Effect of the Dorper breed on the performance, carcass and meat traits of lambs bred from Santa Inês sheep. **Small ruminant research**, v. 145, p. 76-80, 2016.

VALENTE, T. N. P., DETMANN, E., SAMPAIO, C. B. Recent advances in evaluation of bags made from different textiles used in situ ruminal degradation. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 95, n.4, p. 493-498, 2015.

VAN CLEEF, E. H. C. B., ALMEIDA, M. T. C., PEREZ, H. L., PASCHOALOTO, J. R., CASTRO FILHO, E. S., EZEQUIEL, J. M. B. Effects of partial or total replacement of corn cracked grain with high concentrations of crude glycerin on rumen metabolism of crossbred sheep. **Small ruminant research**, v. 159, p. 45-51, 2018.

VAN SOEST, P. V., ROBERTSON, J. B., LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.

CAPÍTULO 2

Comportamento ingestivo de cordeiros confinados com dietas com diferentes fontes de energia e proteína

Comportamento ingestivo de cordeiros confinados com dietas com diferentes fontes de energia e proteína

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho avaliar o comportamento ingestivo de cordeiros confinados com dietas com diferentes fontes de energia e proteína. Trinta e dois cordeiros machos $\frac{1}{2}$ Santa Inês $\frac{1}{2}$ Dorper, com peso vivo inicial $18,52 \pm 3,24$ kg, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2×2 , composta por duas fontes de energia (milho moído e glicerina bruta) e duas fontes de proteína (farelo de soja e torta de algodão) no concentrado utilizado. Não foi verificado efeito de interação fonte de energia e proteína sobre as variáveis estudadas. O consumo de MS e FDN min/dia e g/período de alimentação apresentaram efeito significativo para fontes de energia estudadas ($P < 0,05$), com maior consumo observado quando os animais foram alimentados com milho em comparação aos alimentados com glicerina. Em contrapartida, os tempos de alimentação (min/ 100 g MS e min/100 g FDN), ruminação (min/dia, min/100 g MS e min/100 g FDN), mastigação (min/100 g MS e min/ 100 g FDN) e ócio (min/dia) foram maiores nos animais alimentados com glicerina ($P < 0,05$). Em relação à eficiência de alimentação e ruminação dietas glicerinadas reduziram a eficiência ($P < 0,05$). Em relação às fontes proteicas, apenas o tempo de mastigação por bolo ruminal apresentou diferença significativa ($P < 0,05$) com mais tempo despendido quando os animais foram alimentados com torta de algodão. A substituição do milho pela glicerina reduz a eficiência de alimentação e ruminação.

Palavras-chave: biodiesel, coprodutos, energia, proteína.

Ingestive behavior of lambs fed diets with different energy and protein sources

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the ingestive behavior of lambs confined with diets with different sources of energy and protein. Thirty-two Santa Inês ½ Dorper male lambs, with initial live weight 18.52 ± 3.24 kg, distributed in a completely randomized design in a 2x2 factorial scheme, consisting of two energy sources (ground corn and crude glycerin) and two protein sources (soybean meal and cottonseed meal) in the concentrate used. There was no interaction effect of energy source and protein on the studied variables. The intake of DM and NDF min / day and g / feeding period had a significant effect for energy sources studied ($P < 0.05$), with higher consumption observed when the animals were fed corn compared to glycerin. In contrast, feeding times (min / 100 g MS and min / 100 g FDN), rumination (min / day, min / 100 g MS and min / 100 g NDF), chewing (min / 100 g MS and min / 100 g NDF) and idleness (min / day) were higher in glycerin fed animals ($P < 0.05$). In relation to feeding efficiency and rumination glycerinated diets reduced the efficiency ($P < 0.05$). Regarding protein sources, only the time of chewing by ruminal cake showed significant difference ($P < 0.05$) with more time spent when the animals were fed cotton cake. Substituting corn for glycerin reduces feed and rumination efficiency.

Key words: biodiesel, co-products, energy, protein.

INTRODUÇÃO

O interesse mundial por fontes alternativas aos combustíveis fósseis, levou ao crescimento da produção do biodiesel, que é uma fonte de energia renovável e menos poluente (YANG et al., 2012). No entanto, a produção de biodiesel gera coprodutos (tortas, farelos e glicerina) que necessitam de descarte adequado. Em razão dessas preocupações, o uso desses coprodutos tem sido avaliado em diversas pesquisas na dieta para animais ruminantes (NICORY et al., 2015; OMAZIC et al., 2015; SILVA et al., 2016).

Entre esses coprodutos, a glicerina bruta, resultante do processo de reação de transesterificação de ácidos graxos com um reagente alcalino (RIBEIRO et al., 2018), tem sido extremamente avaliada como substituta de alimentos energéticos na dieta de ruminantes, em virtude de a sua composição possuir o glicerol, que apresenta semelhança com o grão de milho em termos energéticos (BENEDETI et al., 2018).

A torta de algodão, resultante da extração do óleo das sementes de algodão, tem se tornado uma alternativa viável como fonte proteica na dieta de animais ruminantes, devido ao elevado teor de proteína em sua composição (>30%), além de apresentar também elevado teor de nutrientes digestíveis totais (>80%) e adequados teor de fibra em detergente neutro (entre 44,3 e 54,2%) (VALADARES FILHO et al., 2006; NRC, 2007; PEREIRA et al., 2016).

Já é conhecido o efeito da inclusão de glicerina e torta de algodão na dieta de ruminantes (SILVA et al., 2016; PEREIRA et al., 2016; ANDRADE et al., 2018), entretanto pouco se sabe sobre a utilização de forma associada desses coprodutos da produção do biodiesel. Diante desse contexto, objetivou-se avaliar os efeitos da substituição do milho pela glicerina bruta e do farelo de soja pela torta de algodão, associadas ou não, em dieta para cordeiros, sobre o consumo e comportamento ingestivo.

MATERIAL E MÉTODOS

Local, animal e instalações

O experimento foi realizado na fazenda experimental de São Gonçalo dos Campos, Bahia, pertencente à Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal da Bahia (UFBA), localizada a 12° 23' 57.51" na latitude Sul e 38° 52' 44.66" na longitude Oeste. Todos os procedimentos e protocolos utilizados no presente experimento foram aprovados pelo Comitê de Ética em Uso Animal da Universidade Federal da Bahia (CEUA-UFBA), registrada com o nº 71/2018.

Foram utilizados trinta e dois cordeiros machos ½ Santa Inês ½ Dorper, não castrados, com peso vivo inicial de $18,52 \pm 3,24$ kg e com 4 a 6 meses de idade. O experimento teve duração de 123 dias, sendo 18 dias de adaptação à instalação, e 105 dias para coleta dos dados. Os animais foram alojados em baias individuais de 1 m² (1,0 x 1,0 m), cobertas, com piso ripado de madeira e suspenso, providas de bebedouros e comedouros com acesso irrestrito a água e as dietas experimentais. Após realização das medidas sanitárias contra endo e ectoparasitas, os animais foram pesados individualmente, identificados e distribuídos aleatoriamente nos tratamentos experimentais em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x2, composta por duas fontes de energia (milho moído e glicerina bruta) e duas fontes de proteína (farelo de soja e torta de algodão).

Dietas experimentais

As seguintes dietas foram testadas: Dieta 1 (Milho + Farelo de soja) – 60% de feno de capim Tifton-85 (*Cynodon sp.*) + 40% de concentrado, composto por milho moído, farelo de soja, ureia e mistura mineral; Dieta 2 (Milho + Torta de algodão)- 60% de feno de capim Tifton-85 (*Cynodon sp.*) + 40% de concentrado composto por milho moído, torta de algodão, ureia e mistura mineral; Dieta 3 (Glicerina + Farelo de soja)- 60% de feno de capim Tifton-85 (*Cynodon sp.*) + 40% de concentrado composto por glicerina bruta, farelo de soja, ureia e mistura mineral; Dieta 4 (Glicerina bruta + Torta de algodão)- 60% de feno de capim Tifton-85 (*Cynodon sp.*) + 40% de concentrado composto por glicerina bruta, torta de algodão, ureia e mistura mineral.

O feno utilizado foi previamente triturado em partículas médias de 5 cm, as dietas foram fornecidas em duas refeições diárias, 50% às 8h00 e os outros 50% às 15h00, de forma a permitir 10% de sobras. A tabela 1 e 2 apresenta a composição químico-bromatológica dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais.

Tabela 1 - Composição químico-bromatológica dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais

Item	Feno de capim Tifton	Farelo de Soja	Milho Moído	Torta de Algodão
Matéria Seca (%)	93,2	85,4	85,3	93,0
Matéria Orgânica ¹	94,3	93,2	98,7	94,8
Matéria Mineral ¹	5,73	6,77	1,35	5,23
Proteína Bruta ¹	5,07	51,4	8,31	36,0
Extrato Etéreo ¹	0,87	2,83	3,54	7,76
FDNcp ¹	79,0	14,3	13,6	41,0
CNF ¹	9,36	24,8	73,2	10,0
FDAcp ¹	39,3	5,59	2,10	25,5
FDNi ¹	38,1	2,15	2,96	23,6
Lignina ¹	7,20	0,26	0,22	6,72
Hemicelulose ¹	39,7	8,70	11,5	15,5
Celulose ¹	32,1	5,33	1,89	18,8

¹Valores em % da matéria seca. FDNcp - Fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína; CNF - Carboidratos não fibrosos; FDA - Fibra em detergente ácido corrigido para cinzas e proteína; FDNi - Fibra indigestível em detergente neutro;

Tabela 2 - Composição químico-bromatológica da glicerina bruta utilizado nas dietas experimentais

Item	%
Matéria Seca	73,4
Matéria Orgânica	94,7
Matéria Mineral ¹	5,35
Proteína Bruta	0,05
Glicerol	41,0
Metanol	0,01
Ácidos Graxos Totais	33,0
Ácido Mirístico	0,03
Ácido Palmítico	15,1
Ácido Esteárico	5,25
Ácido Oleico	31,4
Ácido linoleico	47,8
Ácido Araquidônico	0,13
Ácido beênico	0,24

¹Concentrações dos minerais na glicerina utilizada: 24,57 mg /Kg Zinco; 1,00 mg/kg cobre; 37,37 mg/kg de magnésio; 1,963 mg/kg chumbo; 9779 mg/kg sódio; 161,9 mg/kg potássio.

As dietas experimentais utilizadas (Tabela 3) foram formuladas segundo as recomendações do National Research Council (NRC, 2007) para atenderem as exigências de cordeiros com ganho de peso médio diário de 150 gramas.dia⁻¹.

Tabela 3 - Proporção dos ingredientes e composição químico-bromatológica das dietas experimentais

Ingredientes	Dietas experimentais ¹			
	Milho		Glicerina	
	Farelo de Soja	Torta de algodão	Farelo de Soja	Torta de algodão
Feno de Tifton	60,0	60,0	60,0	60,0
Milho moído	29,4	19,5	-	-
Farelo de soja	7,50	-	11,2	-
Torta de algodão	-	17,4	-	22,8
Glicerina Bruta	-	-	25,7	14,1
Ureia	1,60	1,60	1,60	1,60
Mistura Mineral ²	1,50	1,50	1,50	1,50
Composição químico-bromatologica (%)				
Matéria seca	90,6	91,9	87,4	90,6
Matéria orgânica	92,7	92,3	91,3	91,5
Matéria Mineral	4,34	4,61	5,57	5,38
Proteína bruta	14,0	13,8	13,4	13,6
Extrato etéreo	1,78	2,56	9,32	6,95
FDNcp ³	52,5	57,2	49,0	56,7
CNF ⁴	30,5	23,2	25,7	18,1

¹Fonte de energia (Milho e Glicerina bruta) e fonte de proteína (Fonte de soja e Torta de algodão); ²Níveis de garantia/Kg: 128g Cálcio; 44g Fosforo; 178g Sódio; 12g Enxofre; 5g Magnésio; 107mg Cobalto; 50mg Cobre; 50 mg Iodo; 750mg Manganês; 12mg Selênio; 3,7g Zinco; 1,4g Ferro; 440mg Flúor. ³FDNcp - Fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína. ⁴CNF - Carboidratos não fibrosos.

Coleta de amostras

Para a determinação do consumo foram feitos registros diários da quantidade de ração oferecida e das sobras. Nos dias 38, 39, 58 e 59^o amostras dos ingredientes utilizados nas rações e as sobras de cada animal, foram coletadas, secas em estufa de ventilação forçada a 55°C por um período de 72 horas, posteriormente moídas em moinho tipo Willey com peneira de crivos de um e dois mm. As amostras compostas de cada animal foram preparadas e armazenadas para posteriores análises.

O consumo foi obtido por meio das seguintes equações: Consumo (kg/animal/dia) = quantidade do componentes oferecido – quantidade deste componente nas sobras.

O comportamento ingestivo foi realizado no 38 e 58º dia do período experimental, durante 24 horas. No registro do tempo despendido em alimentação, ruminação e ócio, adotou-se a observação visual dos animais a cada 5 minutos, feita por observadores treinados, em sistema de revezamento e posicionados estrategicamente de modo a não incomodar os animais.

As observações foram iniciadas às 6h da manhã, com término no mesmo horário do dia seguinte. No mesmo dia, foi realizada a contagem do número de mastigações (nº/bolo) e do tempo despendido para ruminação de cada bolo (seg/bolo) utilizando-se um cronômetro digital. Para a obtenção das médias das mastigações e do tempo, foram feitas as observações de três bolos ruminais em três períodos diferentes do dia (09:00 às 11:00 horas; 16:00 às 18:00 horas; e 20:00 às 22:00 horas). Foram computados o tempo e o número de mastigações para cada bolo ruminal por animal. Para obtenção do número de bolos diários, procedeu-se à divisão do tempo total de ruminação pelo tempo médio gasto na ruminação de cada bolo, descrito anteriormente.

A eficiência de alimentação e ruminação, expressa em g MS/hora e g FDN/hora, foi obtida pela divisão do consumo médio diário de MS e FDN pelo tempo total despendido em alimentação e/ou ruminação em 24 horas, respectivamente. Essas e outras variáveis obtidas neste experimento, como o número de bolos ruminais e de mastigações por dia, foram obtidas conforme metodologia descrita por Polli et al. (1996) e Bürger et al. (2000). Durante a coleta de dados, na observação noturna dos animais, o ambiente foi mantido com iluminação artificial, os animais foram previamente adaptados à iluminação noturna.

Análise laboratorial

As amostras dos ingredientes a um mm foram analisadas quanto aos teores de matéria seca (MS; método 934.01), matéria mineral (MM; método 942.05), proteína bruta (PB; método 968.06) e extrato etéreo (EE; método 920.39), conforme metodologia descrita pela AOAC (2005). A matéria orgânica (MO) foi obtida mediante a equação: $MO = MS - MM$. Foram determinados os teores de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas (MERTENS, 2002) e proteína (LICITRA et al., 1996) (FDNcp) (utilizando alfa-amilase termoestável sem adição sódio sulfito). Fibra em detergente ácido (FDA) foram determinados de acordo com Van Soest (1991), a lignina foi realizada no resíduo

da fibra em detergente ácido com uso de ácido sulfúrico a 72% (método 973.18, AOAC, 2002). As outras frações da parede celular foram estimadas de acordo com as equações descritas por Van Soest et al. (1991): Hemicelulose = FDN- FDA, e Celulose= FDA - Lignina.

Os teores de carboidratos não fibrosos das dietas foram calculados conforme descrito por Hall (2000), onde CNF= 100- MM- EE-FDNcp- (PB-PBu+ U).

As amostras de dois mm dos ingredientes utilizados foram analisados quanto ao teor de FDNi, utilizando sacos de tecido não tecido (TNT) incubados em búfalos fistulados por um período de 288 horas, segundo metodologia de Valente et al. (2015).

As amostras das sobras foram analisadas quanto ao teor de matéria seca (AOAC, 2002) e fibra em detergente neutro corrigida para cinzas (MERTENS, 2002) e proteína (LICITRA et al., 1996) (FDNcp) (utilizando alfa-amilase termoestável sem adição sódio sulfito).

A análise do teor de glicerol, metanol e ácidos graxos da glicerina bruta utilizada foi realizada no Laboratório de Química Instrumental, pertencente ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), através do uso do cromatografo gasosos da marca Agilent Technologies (GC 7890A) equipado com detector de ionização por impacto de elétrons (MS 5975C) e coluna capilar DB-5MS (Agilent Technologies, 30 m comprimento x 0,25 mm diâmetro interno x 0,25 µm espessura do filme).

Análises estatísticas

Os resultados foram submetidos à análise estatística segundo delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 2 utilizando-se o PROC MIXED do SAS 9.4 de acordo com o modelo abaixo:

$$\hat{Y}_{ijk} = \mu + FE_i + FP_j + FE \times FP_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Onde, \hat{Y}_{ijk} = Valor observado na parcela que recebeu o tratamento i na repetição j; μ = Média da população; FE_i = Efeito fixo da fonte de energia i (i = milho, glicerol), FP_j = Efeito fixo da fonte de proteína j (j = soja, algodão), $FE \times FP_{ij}$ = efeito fixo da interação entre fonte de energia e de proteína; ϵ_{ijk} = Erro experimental aleatório associado a cada observação pressuposto NID $\sim (0, \sigma^2)$. Para todas as avaliações considerou-se o nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS

Não foi verificado efeito de interação fonte de energia e proteína sobre todas as variáveis estudadas. O consumo de MS ($P < 0,001$) e FDN ($P < 0,001$) foi maior nos animais nas dietas com a fonte energética milho em comparação com aqueles na dieta com glicerina (Tabela 4). Os tempos de alimentação (Min/ 100 g MS e Min/100 g FDN), ruminação (Min/dia, Min/100 g MS e Min/100 g FDN), mastigação (Min/100 g MS e Min/ 100 g FDN) e ócio (Min/dia) foram maiores nos animais alimentados com glicerina.

Não houve efeito significativo das fontes proteicas no consumo de MS ($P = 0,831$) e FDN ($P = 0,059$), nem do tempo despendido em alimentação ($P = 0,172$), ruminação ($P = 0,165$) e ócio ($P = 0,059$) (Min/dia, Min/ 100 g MS e Min/100 g FDN). Por outro lado, houve mais tempo por bolo ruminado (Seg/bolo, $P = 0,018$) na dieta com torta de algodão, mas sem diferenças no número de mastigações por bolo (Nº/bolo) ou por dia (Nº/dia).

Não houve diferença significativa para o número de períodos alimentando, ruminando e em ócio entre as fontes de energia e proteína estudadas (Tabela 5). Contudo, o tempo gasto (Min) por período de ruminação foi maior nos cordeiros nas dietas com torta de algodão.

O consumo de MS e FDN (em gramas/período de alimentação) foram maiores nas dietas a fonte energética milho. Não houve diferença ($P > 0,05$) na quantidade de alimento ingerido por período para as fontes proteicas avaliadas.

Verificou-se efeito da fonte de energia para eficiência de alimentação (g MS/hora e g FDN/hora) e eficiência de ruminação (g MS/hora e g FDN/hora) ($P < 0,05$), sendo que animais alimentados com milho moído foram mais eficientes na alimentação e ruminação do que os alimentados com glicerina. Entre as fontes proteicas avaliadas, não houve diferenças ($P > 0,05$) sobre a eficiência de alimentação e ruminação.

Tabela 4- Consumo de matéria seca e fibra em detergente neutro e tempo de alimentação, ruminação, mastigação e ócio de cordeiros alimentados com dietas contendo diferentes fontes de energia e proteína

Variável	Fonte de energia		Fonte de proteína		EPM ¹	Valor de P		
	Milho	Glicerina	Farelo de soja	Torta de algodão		Energia	Proteína	Interação
Consumo								
MS (g/dia) ³	1096	865	985	975	160	<0,001	0,831	0,592
FDN (g/dia) ⁴	323	268	305	285	34,0	<0,001	0,059	0,560
Alimentação								
Min/dia	257	256	248	259	53,0	0,776	0,172	0,134
Min/ 100 g MS	21,8	28,6	24,1	26,3	6,18	0,009	0,230	0,116
Min/100 g FDN	74,6	93,2	79,1	88,7	24,7	<0,001	0,102	0,792
Ruminação								
Min/dia	650	600	615	651	59,1	0,049	0,165	0,328
Min/100 g MS	56,2	67,2	60,2	63,2	8,71	0,006	0,287	0,464
Min/100 g FDN	193	224	202	215	33,2	<0,001	0,154	0,304
Mastigação								
Min/dia	870	847	841	876	88,1	0,435	0,230	0,595
Min/100 g MS	79,4	97,2	85,7	90,9	13,14	<0,001	0,278	0,632
Min/ 100 g FDN	264	317	281	300	49,5	<0,001	0,127	0,226
Seg/bolo	53,6	49,6	47,8	55,4	6,24	0,078	0,018	0,125
Nº/bolo	73,3	74,7	71,0	77,0	10,0	0,656	0,071	0,290
Nº/dia	20560	22453	21099	21914	5115	0,184	0,563	0,199
Ócio								
Min/dia	533	584	577	530	72,7	0,010	0,059	0,873

¹ EPM Erro padrão da média; ² MS- Matéria seca; ³ FDN- Fibra em detergente neutro.

Tabela 5- Número de período, tempo gasto por período de alimentação ruminção e ócio e consumo por período de alimentação de cordeiros alimentados com dietas contendo diferentes fontes de energia e proteína

Variável	Fonte de energia		Fonte de proteína		EPM ¹	Valor de P		
	Milho	Glicerina	Farelo de soja	Torta de algodão		Energia	Proteína	Interação
	Número de períodos (nº/dia)							
Alimentando	6,58	6,50	6,71	5,97	1,29	0,502	0,113	0,421
Ruminando	11,0	11,3	11,5	10,8	1,63	0,674	0,160	0,380
Ocio	15,7	15,6	16,5	14,7	1,97	0,894	0,134	0,894
	Tempo gasto por período (min)							
Alimentando	104	96,6	93,6	107	21,5	0,294	0,073	0,782
Ruminando	22,7	22,2	19,9	24,9	7,10	0,801	0,014	0,498
Ocio	34,9	37,9	35,0	36,0	7,13	0,074	0,984	0,398
	Consumo por período de alimentação (g/período)							
MS	179	141	155	165	45,8	0,004	0,459	0,543
FDN	52,8	43,5	47,8	48,4	12,64	0,022	0,854	0,076

¹ EPM Erro padrão da média.

Tabela 6- Eficiência de alimentação e de ruminção de cordeiros alimentados com dietas contendo diferentes fontes de energia e proteína

Variável	Fonte de energia		Fonte de proteína		EPM ¹	Valor de P		
	Milho	Glicerina	Farelo de soja	Torta de algodão		Energia	Proteína	Interação
	Eficiência de alimentação							
g MS/hora	4,58	3,52	4,18	3,91	1,04	0,003	0,420	0,644
g FDN/hora	1,35	1,10	1,32	1,13	0,28	0,008	0,052	0,660
	Eficiência de ruminção							
g MS/hora	1,76	1,49	1,67	1,58	0,22	0,006	0,248	0,926
g FDN/hora	0,53	0,44	0,50	0,47	0,06	<0,001	0,157	0,057
Nº bolo/dia	280	304	301	283	72,9	0,286	0,452	0,088
Nº bolo/hora	11,7	12,7	12,5	11,8	3,04	0,286	0,453	0,088

¹ EPM Erro padrão da média.

DISCUSSÃO

A redução no consumo de MS com o uso da glicerina como fonte de energia pode ser explicada por possíveis efeitos deletérios aos microrganismos ruminais, principalmente os microrganismos fibrolíticos (VAN CLEEF et al., 2015). O teor de EE da glicerina pode ter reduzido a digestão da fibra, o que corrobora com Almeida et al. (2018), que relataram a redução na taxa de passagem, enchimento físico e redução na ingestão (ALMEIDA et al., 2018). Ao mesmo tempo, a substituição do milho pela glicerina reduz as concentrações de compostos fibrosos na dieta, que aliado à redução no consumo de MS, causou a redução na ingestão de FDN pelos cordeiros. Embora a substituição do farelo de soja por torta de algodão tenha elevado o teor de FDN da dieta, em decorrência da torta de algodão utilizada ter apresentado 26,71% de FDN a mais que o farelo de soja, tal fato não foi suficiente para causar alteração sobre o consumo de fibra nesta dieta.

Os maiores tempos gastos para as atividades de alimentação (Min/ 100 g MS e Min/100 g FDN) pelos animais alimentados com glicerina como fonte de energia, pode ser justificado pela menor aceitação desse alimento pelos animais, visto que a glicerina utilizada no presente trabalho era pouco adocicada e adstringente, devido a grande presença de impurezas, o que resultou em atividade seletiva pelos animais, e, conseqüentemente, maior tempo gasto em alimentação, mesmo com menor consumo de MS e FDN nessa dieta.

Em decorrência da menor ingestão de FDN nas dietas com glicerina, como fonte energética, houve redução do tempo de ruminação (Min/dia, Min/100 g MS e Min/100 g FDN) por esses animais, pois o tempo de ruminação pode ser influenciado tanto pelo conteúdo da parede celular dos ingredientes utilizados nas dietas, quanto pelo consumo de FDN (RODRIGUES et al., 2019).

As atividades mastigatórias são produtos do somatório dos tempos em alimentação e ruminação, dessa forma, o maior tempo em mastigação (Min/100 g MS e Min/ 100 g FDN) na dieta com glicerina é resultado do maior tempo em alimentação (Min/ 100 g MS e Min/100 g FDN) quando os animais foram alimentados com essa dieta. Em relação ao maior tempo gasto por bolo ruminado (Seg/bolo) pelos animais alimentados com a dieta com torta de algodão, tal fato provavelmente está associado ao

maior teor de fibra fisicamente efetiva na torta de algodão (HARVATINE et al., 2002), que conseqüentemente, estimulou a ruminação e demandou maior tempo para mastigar a fibra presente no bolo.

Como as atividades comportamentais são excludentes, ou seja, duas atividades não podem ser realizadas ao mesmo tempo (FACURI et al., 2014), provavelmente, o aumento no tempo despendido em ócio pelos animais alimentados com glicerina é consequência da redução no tempo de ruminação (min/dia).

Apesar das diferenças encontradas no consumo de MS e FDN na dieta com glicerina, tais efeitos não foram suficientes para modificar o número de períodos (nº/dia) dos animais se alimentando, ruminando ou em ócio, semelhante, também não houve diferença sobre essas variáveis entre as fontes proteicas avaliadas. Segundo Nicory et al. (2015) a proximidade dos animais no confinamento pode ser um dos fatores que interfere nos períodos de atividades, pois ovinos são animais extremamente gregários, o início de uma atividade por um grupo ou por um animal estimula os demais, o que pode justificar a falta de efeito sobre os períodos de atividades.

Os animais nas dietas com a fonte proteica torta de algodão despenderam mais tempo por período em ruminação (Min) devido à maior quantidade de fibra fisicamente efetiva na torta de algodão. Em relação à quantidade de alimento ingerido por período de alimentação (g/período), o menor consumo observado na dieta com glicerina está intimamente ligado ao menor consumo de MS e FDN, como já supracitado.

A eficiência alimentar demonstra a velocidade de ingestão dos nutrientes em função do tempo, acarretando em maior disponibilidade dos nutrientes para o processo de digestão (SANTANA JÚNIOR et al., 2013). A menor ingestão de MS e FDN pelos cordeiros alimentados com glicerina, mas com mesmo tempos gastos em alimentação (Min/dia), provavelmente ocasionado por atividade seletiva, acarretou em menor eficiência de alimentação. O mesmo comportamento foi observado para a eficiência de ruminação, onde o menor consumo de MS e FDN reduz a eficiência de ruminação. Segundo Perazzo et al. (2017) a eficiência de ruminação é um mecanismo importante para controlar o uso de alimentos mal digeríveis, sendo influenciada pelo consumo de MS e FDN, de forma que quanto maior o consumo desses nutrientes, maior a eficiência de ruminação (SILVA et al., 2018).

CONCLUSÃO

A fonte proteica torta de algodão pode ser utilizada em substituição ao farelo de soja. A substituição da fonte de energia milho pela glicerina reduz a eficiência de alimentação e ruminção em cordeiros confinados.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- ALMEIDA, M. T. C., EZEQUIEL, J. M. B., PASCHOALOTO, J. R., PEREZ, H. L., DE CARVALHO, V. B., CASTRO FILHO, E. S., VAN CLEEF, E. H. C. B. Effects of high concentrations of crude glycerin in diets for feedlot lambs: feeding behaviour, growth performance, carcass and non-carcass traits. **Animal Production Science**, v. 58, n. 7, p. 1271-1278, 2018.
- ANDRADE, G. P., CARVALHO, F. F. R., BATISTA, Â. M. V., PESSOA, R. A. S., DA COSTA, C. A., CARDOSO, D. B., MACIEL, M.V. Evaluation of crude glycerin as a partial substitute of corn grain in growing diets for lambs. **Small ruminant research**, v. 165, p. 41-47, 2018.
- AOAC, 2002. **Official methods of analysis** (17th ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.
- AOAC, 2005. **Official Methods of Analysis** (18th ed.) Assoc. Off. Anal. Chem., Gaithersburg, MD, USA.
- BENEDETI, P. D. B., FONSECA, M. A., SHENKORU, T., MARCONDES, M. I., DE PAULA, E. M., DA SILVA, L. G., FACIOLA, A. P. Does partial replacement of corn with glycerin in beef cattle diets affect in vitro ruminal fermentation, gas production kinetic, and enteric greenhouse gas emissions?. **PloS one**, v. 13, n. 6, p. e0199577, 2018.
- BÜRGER, P. J., PEREIRA, J. C., QUEIROZ, A. C. D., COELHO DA SILVA, J. F., VALADARES FILHO, S. D. C., CECON, P. R., CASALI, A. D. P. Ingestive behavior in Holstein calves fed diets with different concentrate levels. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 1, p. 236-242, 2000.

FACURI, L. M. A. M., SILVA, R. R., DA SILVA, F. F., CARVALHO, G. G. P., SAMPAIO, C. B., MENDES, F. B. L., LISBOA, M. M., BARROSO, D. S., CARVALO, V. M., PEREIRA, M. M. S. Ingestive behavior of heifers supplemented with glycerin in substitution of corn on *Brachiaria brizantha* pasture. **Asian-Australasian journal of animal sciences**, v. 27, n. 11, p. 1584, 2014.

HALL, M. B. Calculation of non-structural carbohydrate content of feeds that contain non-protein nitrogen. **Gainesville: University of Florida**, p. A25-A32, 2000.

HARVATINE, D. I., WINKLER, J. E., DEVANT-GUILLE, M., FIRKINS, J. L., ST-PIERRE, N. R., OLDICK, B. S., EASTRIDGE, M. L. Whole linted cottonseed as a forage substitute: Fiber effectiveness and digestion kinetics. **Journal of Dairy Science**, v. 85, n. 8, p. 1988-1999, 2002.

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

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

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of small ruminants**. Washington, D.C.: National Academic Press, 2007.

NICORY, I. M. C., CARVALHO, G. G. P., RIBEIRO, O. L., SILVA, R. R., TOSTO, M. S. L., COSTA-LOPES, L. S., SOUZA, F.N.C., NASCIMENTO, C.O. Ingestive behavior of lambs fed diets containing castor seed meal. **Tropical Animal Health and Production**, v. 47, n. 5, p. 939-944, 2015.

OMAZIC, A.W., KRONQVIST, C., ZHONGYAN, L., MARTENS, H., HOLTENIUS, K. The fate of glycerol entering the rumen of dairy cows and sheep. **Journal of animal physiology and animal nutrition**, v. 99, n. 2, p. 258-264, 2015.

PERAZZO, A. F., HOMEN NETO, S. D. P. H., RIBEIRO, O. L., SANTOS, E. M., DE CARVALHO, G. G. P., DE OLIVEIRA, J. S., BEZERRA, H. F. C., CAMPOS, F. S., E FREITAS JUNIOR, J. E. Intake and ingestive behavior of lambs fed diets containing ammoniated buffel grass hay. **Tropical animal health and production**, v. 49, n. 4, p. 717-724, 2017.

PEREIRA, L., PIRES, A. J., CARVALHO, G. G., SILVA, R. V., SIMIONATO, J. I., LACERDA, E. C., BEZERRA, L.S., EIRAS, C.E., CARVALHO, B. M. A. Nutritional characteristics of lambs meat fed diets with cotton cake. **Journal of Food Quality**, v. 39, n. 2, p. 140-149, 2016.

POLLI, V. A., RESTLE, J., SENNA, D. B. D., ALMEIDA, S. D. Aspectos relativos à ruminção de bovinos e bubalinos em regime de confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 25, n. 5, p. 987-993, 1996.

RIBEIRO, R. D., CARVALHO, G. G., SILVA, T. M., COSTA, J. B., BEZERRA, L. R., CAMBUÍ, G. B., BARBOSA, A.M., OLIVEIRA, R. L. Effects of crude glycerin from biodiesel on the diets of lambs: intake, digestibility, performance, feeding behavior, and serum metabolites. **Journal of animal science**, v. 96, n. 5, p. 1952-1961, 2018.

RODRIGUES, T. C. D. C., FREITAS, P. M., SANTOS, E. M., DE ARAÚJO, G. G., PIRES, A. J., AYRES, M. C., CARVALHO, L.M., SOUZA, J.G., CARVALHO, G. G. Effects of ammoniated pearl millet silage on intake, feeding behavior, and blood metabolites in feedlot lambs. **Tropical animal health and production**, p. 1-9, 2019.

SANTANA JUNIOR, H.A., FIGUEIREDO, M. P., SANTANA, E. O. C., MENDES, F. B. L., ABREU FILHO, G., PINHEIRO, A. A., LISBOA, M. M., LUZ, Y. S., VIANA, P. T., FERREIRA, C., RECH, C. L. S. Glicerina bruta na dieta de vacas lactantes mantidas em pastagem tropical: comportamento ingestivo. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 3, p. 1339-1351, 2013.

SILVA, P. DE A., CARVALHO, G. G. P., PIRES, A. J. V., SANTOS, S. A., PINA, D. S., SILVA, R. R., RODRIGUES, C. S., MATOS, L. H. A., EIRAS, D. N., NUNES, W. S. Feeding behavior of feedlot lambs fed diets containing levels of cassava wastewater. **Tropical animal health and production**, v. 50, n. 4, p. 721-726, 2018.

SILVA, R. V. M. M., CARVALHO, G. G. P., PIRES, A. J. V., PEREIRA, M. L. A., PEREIRA, L., CAMPOS, F. S., PERAZZO, A. F., ARAÚJO, M.L.G.M.L., NASCIMENTO, C.O., SANTOS, S.A., TOSTO, M. S. L., RUFINO, L. M. A., CARVALHO, B. M. A. Cottonseed cake in substitution of soybean meal in diets for finishing lambs. **Small Ruminant Research**, v. 137, p. 183-188, 2016.

VALADARES FILHO, S. C., PAULINO, P. V. R., MAGALHÃES, K. A., PAULINO, M. F., DETMANN, E., PINA, D. S., AZEVEDO, J. A. G. Tabelas de composição de

alimentos e exigências nutricionais de zebuínos: dados brasileiros. **SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE**, v. 5, p. 47-80, 2006.

VALENTE, T. N. P., DETMANN, E., SAMPAIO, C. B. Recent advances in evaluation of bags made from different textiles used in situ ruminal degradation. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 95, n.4, p. 493-498, 2015.

VAN CLEEF, E. H. C. B., ALMEIDA, M. T. C., PEREZ, H. L., VAN CLEEF, F. O. S., SILVA, D. A. V., EZEQUIEL, J. M. B. Crude glycerin changes ruminal parameters, in vitro greenhouse gas profile, and bacterial fractions of beef cattle. **Livestock Science**, v. 178, p. 158-164, 2015.

VAN SOEST, P. V., ROBERTSON, J. B., LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.

YANG, F.; HANNA, M. A.; SUN, R. Value-added uses for crude glycerol--a byproduct of biodiesel production. **Biotechnology for biofuels**, v. 5, n. 1, p. 13, 2012.

CAPÍTULO 3

**Efeitos de diferentes fontes de energia e proteína no metabolismo de
ovinos confinados**

Efeitos de diferentes fontes de energia e proteína no metabolismo de ovinos confinados

RESUMO

Objetivou-se com o presente trabalho avaliar os efeitos da substituição do milho pela glicerina bruta, como fonte energética e do farelo de soja pela torta de algodão, como fonte proteica sobre o consumo, digestibilidade, balanço de N, metabólitos sanguíneos e metabolismo ruminal em ovinos confinados. Foram utilizados oito cordeiros machos, canulados no rúmen, com peso médio inicial de $51,10 \pm 17,74$ kg, distribuídos em delineamento em quadrado latino 4 x 4 duplo, em esquema fatorial 2 x 2, composta por duas fontes de energia (milho moído e glicerina bruta) e duas fontes de proteína (farelo de soja e torta de algodão). Houve efeito de interação entre fonte de energia e fonte de proteína no consumo, digestibilidade do EE, proteínas totais sanguíneas e globulina serica ($P < 0,05$). Houve menor consumo de MS ($P = 0,027$), MO ($P = 0,009$), PB ($P = 0,029$), FDN ($P = 0,004$), CNF ($P < 0,001$) e digestibilidade do CNF ($P = 0,001$) nas dietas com a fonte energética glicerina, entretanto, a digestibilidade da PB ($P = 0,016$) e o NDT ($P < 0,001$) foram maiores. Houve maior consumo de FDN ($P < 0,001$) e menor consumo de CNF ($P < 0,001$), digestibilidade da MS, MO, PB, CNF e NDT nas dietas com a fonte proteica torta de algodão. Houve efeito da fonte de energia e tempo para pH, concentração de acetato, butirato e relação C2:C3 ($P < 0,05$). Houve maior concentração de acetato e relação C2:C3 ($P < 0,05$) na fonte proteica torta de algodão. A glicerina bruta utilizada pode ser um potencial substituto do milho por aumentar o teor de NDT das dietas e a produção de propionato e butirato no ambiente ruminal. A substituição total do farelo de soja por torta algodão pode ser utilizada em dietas de ovinos em confinamento.

Palavras-chave: coproduto do biodiesel, fermentação ruminal, glicerol, ruminantes

Effects of different energy and protein sources on confined sheep metabolism

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effects of replacement of corn by crude glycerin as an energy source and soybean meal by cottonseed as protein source on intake, digestibility, N balance, blood metabolism and ruminal metabolism. confined sheep. Eight rumen cannulated male lambs with initial average weight of 51.10 ± 17.74 kg were used, distributed in a 4 x 4 double Latin square design, in a 2 x 2 factorial scheme, composed of two energy sources (maize ground beef and crude glycerin) and two protein sources (soybean meal and cottonseed cake). There was an interaction effect between energy source and protein source on consumption, EE digestibility, total blood proteins and seric globulin ($P < 0.05$). There was lower intake of DM ($P = 0.027$), OM ($P = 0.009$), CP ($P = 0.029$), NDF ($P = 0.004$), CNF ($P < 0.001$) and CNF digestibility ($P = 0.001$) in the diets. however, glycerin energy source, CP digestibility ($P = 0.016$) and TDN ($P < 0.001$) were higher. There was higher intake of NDF ($P < 0.001$) and lower consumption of CNF ($P < 0.001$), digestibility of DM, OM, CP, CNF and NDT in diets with cottonseed protein source. There was an effect of the energy source and time for pH, acetate, butyrate concentration and C2: C3 ratio ($P < 0.05$). There was a higher acetate concentration and C2: C3 ratio ($P < 0.05$) in the cottonseed protein source. The crude glycerin used may be a potential substitute for corn by increasing the dietary NDT content and the production of propionate and butyrate in the rumen environment. Total replacement of soybean meal by cottonseed cake can be used in feedlot sheep diets.

Key words: biodiesel co-product, ruminal fermentation, glycerol, ruminants

INTRODUÇÃO

A busca por fontes de energias renováveis levou ao aumento na produção de biodiesel, com isso, houve incremento na disponibilidade de coprodutos que necessitam de uma destinação adequada, a exemplo na agropecuária.

Entre os coprodutos do biodiesel, a glicerina bruta, oriunda do processo de transesterificação de triacilgliceróis de óleos vegetais ou gorduras animais (CHANJULA et al., 2014), tornou-se alternativa promissora, podendo ser incluída como ingrediente na substituição aos concentrados energéticos convencionais (ANDRADE et al., 2018). De acordo com Bartoň et al. (2013), o glicerol presente na glicerina bruta é convertido em ácidos graxos voláteis, preferencialmente propionato e butirato, sendo absorvidos pelo epitélio ruminal ou é diretamente absorvidos pelo sistema digestivo e atuam como um precursor da gliconeogênese no fígado, o que pode ser uma alternativa para melhorar a eficiência energética nos animais (BENEDETI et al., 2015) e, ainda, reduzir as emissões de gás metano (CH₄) (RIBEIRO et al., 2018).

A torta de algodão, proveniente da extração do óleo no caroço de algodão, apresenta alto valor nutricional, com teor de proteína bruta de 29,96% ± 2,47 e extrato etéreo de 9,47 ± 4,3 (VALADARES FILHO et al., 2015), sendo possível o seu uso como substituto de ingredientes proteicos convencionais, a exemplo do farelo de soja (BARROS et al., 2011).

Estudos com a avaliação da glicerina bruta como substituto do milho (PAIVA et al., 2016; SAN VITO et al., 2016; ANDRADE et al., 2018) e a substituição do farelo de soja por torta de algodão (SILVA et al., 2016a; PEREIRA et al., 2016; ASSIS et al., 2019) em dietas para ruminantes possuem resultados promissores, entretanto, o efeito da combinação de fontes energéticas e proteicas alternativas, como a glicerina e torta de algodão, em dietas para ovinos, poderá possibilitar numa nova estratégia de uso.

Diante deste contexto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar os efeitos da substituição do milho pela glicerina bruta, como fonte energética e do farelo de soja pela torta de algodão, como fonte proteica sobre o metabolismo em ovinos confinados.

MATERIAL E MÉTODOS

Local, animal e instalações

O experimento foi realizado na fazenda experimental de São Gonçalo dos Campos, Bahia, pertencente à Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal da Bahia (UFBA), localizada a 12° 23' 57.51" na latitude Sul e 38° 52' 44.66" na longitude Oeste. Todos os procedimentos e protocolos utilizados no presente experimento foram aprovados pelo Comitê de Ética em Uso Animal da Universidade Federal da Bahia (CEUA-UFBA), registrada com o nº 71/2018.

Foram utilizados oito cordeiros machos, canulados no rúmen, com peso médio inicial de 51,10±17,74 kg, distribuídos em delineamento em quadrado latino 4 x 4 duplo, em esquema fatorial 2 x 2, composta por duas fontes de energia (milho moído e glicerina bruta) e duas fontes de proteína (farelo de soja e torta de algodão). Cada período experimental teve duração de 21 dias, sendo 15 dias de adaptação as dietas experimentais e 6 dias de período de coleta, totalizando 84 dias de experimentação. Os animais foram alojados em baias individuais de 1 m² (1,0 x 1,0 m), cobertas, com piso ripado de madeira e suspenso, providas de bebedouros e comedouros com acesso irrestrito a água e as dietas experimentais

Dietas experimentais

As seguintes dietas foram testadas: Dieta 1 (Milho + Farelo de soja) – 60% de feno de capim Tifton-85 (*Cynodon sp.*) + 40% de concentrado, composto por milho moído, farelo de soja, ureia e mistura mineral; Dieta 2 (Milho + Torta de algodão)- 60% de feno de capim Tifton-85 (*Cynodon sp.*) + 40% de concentrado composto por milho moído, torta de algodão, ureia e mistura mineral; Dieta 3 (Glicerina + Farelo de soja)- 60% de feno de capim Tifton-85 (*Cynodon sp.*) + 40% de concentrado composto por glicerina bruta, farelo de soja, ureia e mistura mineral; Dieta 4 (Glicerina bruta + Torta de algodão)- 60% de feno de capim Tifton-85 (*Cynodon sp.*) + 40% de concentrado composto por glicerina bruta, torta de algodão, ureia e mistura mineral.

O feno utilizado foi previamente triturado em partículas médias de 5 cm, as dietas foram fornecidas em duas refeições diárias, 50% às 8h00 e os outros 50% às

15h00, de forma a permitir 10% de sobras. A tabela 1 e 2 apresenta a composição químico-bromatológica dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais.

Tabela 1 - Composição químico-bromatológica dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais

Item	Feno de capim Tifton	Farelo de Soja	Milho Moído	Torta de Algodão
Matéria Seca (%)	93,2	85,4	85,3	93,0
Matéria Orgânica ¹	94,3	93,2	98,7	94,8
Matéria Mineral ¹	5,73	6,77	1,35	5,23
Proteína Bruta ¹	5,07	51,4	8,31	36,0
Extrato Etéreo ¹	0,87	2,83	3,54	7,76
FDNcp ¹	79,0	14,3	13,6	41,0
CNF ¹	9,36	24,8	73,2	10,0
FDAcp ¹	39,3	5,59	2,10	25,5
FDNi ¹	38,1	2,15	2,96	23,6
Lignina ¹	7,20	0,26	0,22	6,72
Hemicelulose ¹	39,7	8,70	11,5	15,5
Celulose ¹	32,1	5,33	1,89	18,8

¹Valores em % da matéria seca. FDNcp - Fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína; CNF - Carboidratos não fibrosos; FDA - Fibra em detergente ácido corrigido para cinzas e proteína; FDNi - Fibra indigestível em detergente neutro;

Tabela 2 - Composição químico-bromatológica da glicerina bruta utilizado nas dietas experimentais

Item	%
Matéria Seca	73,4
Matéria Orgânica	94,7
Matéria Mineral ¹	5,35
Proteína Bruta	0,05
Glicerol	41,0
Metanol	0,01
Ácidos Graxos Totais	33,0
Ácido Mirístico	0,03
Ácido Palmítico	15,1
Ácido Esteárico	5,25
Ácido Oleico	31,4
Ácido linoleico	47,8
Ácido Araquidônico	0,13
Ácido beênico	0,24

¹Concentrações dos minerais na glicerina utilizada: 24,57 mg /Kg Zinco; 1,00 mg/kg cobre; 37,37 mg/kg de magnésio; 1,963 mg/kg chumbo; 9779 mg/kg sódio; 161,9 mg/kg potássio.

As dietas experimentais utilizadas (Tabela 3) foram formuladas segundo as recomendações do National Research Council (NRC, 2007) para animais em manutenção.

Tabela 3 - Proporção dos ingredientes e composição químico-bromatológica das dietas experimentais

Ingredientes	Dietas experimentais ¹			
	Milho		Glicerina	
	Farelo de Soja	Torta de algodão	Farelo de Soja	Torta de algodão
Feno de Tifton	60,0	60,0	60,0	60,0
Milho moído	29,4	19,5	-	-
Farelo de soja	7,50	-	11,2	-
Torta de algodão	-	17,4	-	22,8
Glicerina Bruta	-	-	25,7	14,1
Ureia	1,60	1,60	1,60	1,60
Mistura Mineral ²	1,50	1,50	1,50	1,50
	Composição químico-bromatologica (%)			
Matéria seca	90,6	91,9	87,4	90,6
Matéria orgânica	92,7	92,3	91,3	91,5
Matéria Mineral	4,34	4,61	5,57	5,38
Proteína bruta	14,0	13,8	13,4	13,6
Extrato etéreo	1,78	2,56	9,32	6,95
FDNcp ³	52,5	57,2	49,0	56,7
CNF ⁴	30,5	23,2	25,7	18,1

¹Fonte de energia (Milho e Glicerina bruta) e fonte de proteína (Fonte de soja e Torta de algodão); ²Níveis de garantia/Kg: 128g Cálcio; 44g Fosforo; 178g Sódio; 12g Enxofre; 5g Magnésio; 107mg Cobalto; 50mg Cobre; 50 mg Iodo; 750mg Manganês; 12mg Selênio; 3,7g Zinco; 1,4g Ferro; 440mg Flúor. ³FDNcp - Fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína. ⁴CNF - Carboidratos não fibrosos.

Coleta de amostras

Para a determinação do consumo dos componentes nutricionais foram feitos registros da quantidade de ração oferecida e das sobras durante todo o experimento, durante o período de coleta, que correspondeu ao 16 a 21º de cada período experimental, amostras de sobras e ingredientes foram coletadas, em seguida secas em estufa de ventilação forçada a 55°C por um período de 72 horas. Em seguida, amostras dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais foram moídas em moinho tipo Willey com peneira de crivos de dois e um mm, as amostras das sobras foram moídas em peneira de um mm.

A determinação do consumo dos compostos nutricionais foi calculado pela diferença entre a quantidade do nutriente presente nos alimentos fornecidos e a quantidade do nutriente nas sobras, de acordo com a seguinte fórmula: Consumo (kg) = nutriente ingerido – nutriente nas sobras. O cálculo do consumo em percentual de peso corporal (% do PC) foi avaliado utilizando-se a equação: C (% do PC) = (quantidade de MS e FDN (kg) consumidos*100) / PC (kg).

O comportamento ingestivo foi realizado no 16º dia de cada período experimental por um período de 24 horas. No registro do tempo despendido em alimentação, ruminação e ócio, adotou-se a observação visual dos animais a cada 5 minutos, feita por observadores treinados, em sistema de revezamento, posicionados estrategicamente de modo a não influenciar no comportamento dos animais. As observações foram iniciadas às 6h da manhã com término no mesmo horário do dia seguinte. No mesmo dia, foi realizada a contagem do número de mastigações (nº/bolo) e do tempo despendido para ruminação de cada bolo (seg/bolo) utilizando-se um cronômetro digital.

Para a obtenção das médias das mastigações e do tempo, foram feitas as observações de três bolos ruminais em três períodos diferentes do dia (09:00 às 11:00 horas; 16:00 às 18:00 horas; e 20:00 às 22:00 horas). Foram computados o tempo e o número de mastigações para cada bolo ruminal por animal. Para obtenção do número de bolos diários, procedeu-se à divisão do tempo total de ruminação pelo tempo médio gasto na ruminação de cada bolo, descrito anteriormente. A eficiência de alimentação e ruminação, expressa em gMS/hora e gFDN/hora, foi obtida pela divisão do consumo médio diário de MS e FDN pelo tempo total despendido em alimentação e/ou ruminação em 24 horas, respectivamente. Todas as variáveis do comportamento ingestivo obtidas neste experimento, foram calculadas conforme metodologia descrita por Polli et al. (1996) e Bürger et al. (2000). Durante a coleta de dados, na observação noturna dos animais, o ambiente foi mantido com iluminação artificial.

A coleta de urina foi realizada no 17º dia de cada período experimental por 24 horas, através do uso de funis coletores, contendo no recipiente 20 mL de ácido sulfúrico 20% (v / v) para acidificá-la e evitar perdas de compostos nitrogenados. Do total de urina excretada, 10% foi amostrada e armazenada em freezer a -20 °C, para posterior análise do teor de N. A retenção de nitrogênio (N-retido, g/dia) foi realizada por meio da seguinte fórmula:

$$\text{N-retido} = \text{N ingerido (g)} - \text{N nas fezes (g)} - \text{N na urina (g)}.$$

O ensaio de digestibilidade foi realizado entre o 17 e 19º dia de cada período experimental, realizada através de coleta total, por meio do uso de baias adaptadas. Após 24 horas de cada dia de coleta, as fezes foram coletadas, pesadas e amostradas (10% do total excretado), obtendo-se uma amostra composta de cada animal ao final do

período, as quais sempre foram pré-secas em estufa de ventilação forçada a 55°C por um período de 72 horas, posteriormente moídas em moinho tipo Willey com peneira de crivos de um mm e armazenadas para posteriores análises.

Análise laboratorial

As amostras um mm dos ingredientes, sobras e fezes foram analisadas quanto aos teores de matéria seca (MS; método 934.01), matéria mineral (MM; método 942.05), proteína bruta (PB; método 968.06) e extrato etéreo (EE; método 920.39), conforme metodologia descrita pela AOAC (2005). A matéria orgânica (MO) foi obtida mediante a equação: $MO = MS - MM$. Foram determinados os teores de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas (MERTENS, 2002) e proteína (LICITRA et al., 1996) (FDN_{cp}) (utilizando alfa-amilase termoestável sem adição sódio sulfito). Fibra em detergente ácido (FDA) foram determinados de acordo com Van Soest (1991), a lignina foi realizada no resíduo da fibra em detergente ácido com uso de ácido sulfúrico a 72% (método 973.18, AOAC, 2002). As outras frações da parede celular foram estimadas de acordo com as equações descritas por Van Soest et al. (1991): Hemicelulose = FDN – FDA, e Celulose = FDA – Lignina.

Os teores de carboidratos não fibrosos foram calculados conforme descrito por Hall (2000), onde $CNF = 100 - (PB + MM + EE + FDN)$, a equação utilizada para determinação de CNF das dietas experimentais foi realizada levando em consideração a utilização de ureia, através da seguinte fórmula: $CNF = 100 - MM - EE - FDN_{cp} - (PB - PB_u + U)$.

As amostras de dois mm dos ingredientes utilizados foram analisados quanto ao teor de FDN_i, utilizando sacos de tecido não tecido (TNT) incubados em búfalos fistulados por um período de 288 horas, segundo metodologia de Valente et al. (2015).

A análise do teor de glicerol, metanol e ácidos graxos da glicerina bruta utilizada foi realizada no Laboratório de Química Instrumental, pertencente ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), através do uso do cromatografo gasosos da marca Agilent Technologies (GC 7890A) equipado com detector de ionização por impacto de elétrons (MS 5975C) e coluna capilar DB-5MS (Agilent Technologies, 30 m comprimento x 0,25 mm diâmetro interno x 0,25 µm espessura do filme).

Fermentação ruminal

As amostras de líquido ruminal foram obtidas no 20º dia de cada período experimental, a coleta foi realizada em 9 pontos diferentes no rúmen, em sete tempos: 0 hora (antes da alimentação) e 2, 4, 6, 8, 10 e 12 horas após a alimentação. O líquido ruminal coletado foi imediatamente avaliado quanto ao pH e armazenados em freezer para posteriores análises de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) e ácidos graxos voláteis (AGVs).

A determinação da concentração de N-NH₃, foi realizada por colorimetria segundo método proposto por Kulasek (1972) e adaptado por Foldager (1977). A avaliação de AGVs foi realizada por cromatógrafo Líquido de Alto Desempenho (HPLC), marca SHIMADZU, modelo SPD-10A VP acoplado ao Detector Ultra Violeta (UV), utilizando-se comprimento de ondas 210 nm.

Metabolitos sanguíneos

As coletas de sangue foram realizadas no 20º dia do período experimental por punção da artéria quatro horas após a alimentação, para dosagem de metabólitos. Para tal, após assepsia local, foram coletados 10 ml de amostra de sangue em tubos vacutainer. Em seguida, foi realizada a centrifugação a 3.500 rpm por 15 minutos para a obtenção do plasma sanguíneo, sendo então armazenado em mini-tubos eppendorf® devidamente identificados e conservados em freezer a -20°C para posterior análise. Foram avaliadas as concentrações de proteínas totais (método colorimétrico-biureto), albumina (método colorimétrico- verde de bromocresol), ureia (método enzimático-UV), e triglicerídeos (método enzimático colorimétrico) através do uso de kits comerciais da marca Labtest®. E a globulina foi obtida pela diferença entre proteínas totais e a albumina.

Análises estatísticas

Os resultados foram submetidos à análise estatística segundo delineamento em quadrado latino (4 x 4) duplicado em esquema fatorial 2 x 2 utilizando-se o PROC MIXED do SAS 9.4 de acordo com o modelo abaixo:

$$Y_{ijklm} = \mu + QL_i + A(QL_i)_j + P_k + FE_l + FP_m + FE \times FP_{lm} + \epsilon_{ijklm},$$

Onde Y_{ijklm} = variável dependente; μ = média geral; QL_i = efeito aleatório de quadrado latino ($i = 1$ a 2); $A(QL_i)_j$ = efeito aleatório de animal dentro de quadrado latino ($j = 1$ a 4); P_k = efeito aleatório do período ($k = 1$ a 4); FE_l = efeito fixo da fonte de energia ($l =$ milho, glicerol), FP_m = efeito fixo da fonte de proteína ($m =$ soja, algodão), $FE \times FP_{lm}$ = efeito fixo da interação entre fonte de energia e de proteína; ϵ_{ijklm} = erro aleatório pressuposto $NID \sim (0, \sigma^2)$.

As variáveis de fermentação ruminal foram analisadas de acordo com o delineamento anterior considerando o efeito de tempo como medida repetida, usando o PROC MIXED do SAS, segundo o seguinte modelo:

$$Y_{ijklmn} = \mu + QL_i + A(QL_i)_j + P_k + FE_l + FP_m + FE \times FP_{lm} + \epsilon_{ijklm} + T_n + FE \times T_{ln} + FP \times T_{mn} + FE \times FP \times T_{lmn} + \omega_{ijklmn}$$

Onde Y_{ijklmn} é o valor variável dependente, μ é a média geral, QL_i , $A(QL_i)_j$, P_k , FE_l , FP_m , $FE \times FP_{lm}$, ϵ_{ijklm} foram descritos anteriormente e ω_{ijklmn} é o erro aleatório associado ao efeito de tempo pressuposto $NID \sim (0, \sigma^2)$; T_n é o efeito fixo do tempo de amostragem ($l = 1$ a 7); $FE \times T_{ln}$ efeito fixo da interação entre fonte de energia e tempo; $FP \times T_{mn}$ efeito fixo da interação entre fonte de proteína e tempo; $FE \times FP \times T_{lmn}$ efeito fixo da interação tripla entre proteína, energia e tempo.

RESULTADO

Houve efeito de interação entre fonte de energia e fonte de proteína para o consumo ($P=0,001$) e digestibilidade ($P<0,001$) do EE. O maior consumo de EE foi verificado na dieta com a fonte energética glicerina e proteica de farelo de soja. A maior digestibilidade do EE foi observado nas dietas com glicerina, independente da fonte de proteica utilizada. Entre as fontes proteicas a torta de algodão proporcionou maior digestibilidade do EE quando associada ao milho como fonte energética.

Tabela 4 – Consumo e digestibilidade de componentes nutricionais em ovinos alimentados com dietas contendo diferentes fontes de energia e proteína

Variável	Fonte de energia		Fonte de proteína		EPM ¹	Valor de P		
	Milho	Glicerina	Farelo de soja	Torta de algodão		Energia	Proteína	Interação
	Consumo (g/dia)							
Matéria seca	1420	1313	1352	1381	157	0,027	0,521	0,545
Matéria orgânica	1310	1190	1234	1266	145	0,009	0,444	0,460
Proteína bruta	212	190	194	208	28,94	0,029	0,135	0,536
Extrato etéreo	31,2	118	81,6	68,3	15,84	<0,001	0,033	0,001
FDN ²	741	661	641	761	82,9	0,004	<0,001	0,639
CNF ³	411	304	412	303	48,60	<0,001	<0,001	0,943
NDT ⁴	968	997	1022	944	129	0,462	0,062	0,400
	Consumo (%PV)							
Matéria seca	2,78	2,71	2,81	2,69	0,341	0,540	0,349	0,960
FDN ³	1,45	1,36	1,33	1,49	0,151	0,119	0,013	0,938
	Digestibilidade (%)							
Matéria seca	63,48	64,12	66,42	61,18	4,08	0,672	0,002	0,404
Matéria orgânica	64,20	64,02	66,63	61,59	4,07	0,902	0,003	0,652
Proteína bruta	77,77	80,35	80,15	77,97	2,94	0,016	0,039	0,913
Extrato etéreo	82,30	95,27	87,22	90,35	2,20	<0,001	<0,001	<0,001
FDN ²	55,42	54,35	55,30	54,46	5,27	0,578	0,662	0,398
CNF ³	78,05	73,14	80,60	70,58	4,03	0,001	0,001	0,529
NDT ⁴	67,06	76,06	74,49	68,89	3,57	<0,001	<0,001	0,295

¹EPM Erro padrão da média; ²FDN- Fibra em detergente neutro; ³CNF-Carbohidratos não fibrosos; ⁴NDT- Nutrientes digestíveis totais.

Tabela 5- Desdobramento do efeito de interação para o consumo de extrato etéreo e digestibilidade do extrato etéreo

Váriavel	Fonte de energia	Fonte de proteína		Valor de P
		Farelo de soja	Torta de algodão	
Consumo de extrato etéreo (g/dia)	Milho	26,9 Ab	35,6 Ab	0,307
	Glicerina	136 Aa	101 Ba	0,003
	Valor de P	<0,001	<0,001	-
Digestibilidade do extrato etéreo (%)	Milho	78,9 Bb	85,7 Ab	<0,001
	Glicerina	95,6 Aa	95,0 Aa	0,405
	Valor de P	<0,001	<0,001	-

Letras maiúsculas diferem na linha e letras minúsculas diferem as colunas

Houve efeito das fontes de energia nos consumos de MS (P=0,027), MO (P=0,009), PB (P=0,029), FDN (P=0,004) e CNF (P<0,001), com os maiores valores nas dietas com milho. Verificou-se maior digestibilidade de proteína (P=0,016) e maior teor de NDT (P<0,001) nos animais nas dietas com glicerina. Entretanto a maior digestibilidade do CNF (P=0,001.) foi observada naquelas dietas com milho.

O maior consumo de FDN (g/dia) e (%PV) foi verificado em animais alimentados com torta de algodão como fonte de proteína. A digestibilidade aparente da MS, MO, PB, CNF e NDT foi maior nas dietas com farelo de soja como fonte de proteína.

Observou-se maior teor de N consumido (P=0,029) para os animais alimentados com a fonte energética milho. Nessa mesma fonte houve maior excreção fecal de N (P=0,002), porém, entre as fontes proteicas, a maior excreção fecal de N foi na dieta com torta de algodão (P=0,040).

Verificou-se efeito de interação das fontes de energia e de proteína sobre o teor de proteína total (P=0,003) e globulina (P=0,001) no sangue dos cordeiros. As menores concentrações destes metabolitos foram encontradas em cordeiros nas dietas com milho, como fonte de energia, e torta de algodão como fonte proteica.

Houve efeito nos triglicerídeos sanguíneos em função da fonte de energia utilizada (P<0,001). A concentração de triglicerídeos sanguínea foi superior em animais da dieta com glicerina em comparação àqueles nas dietas com milho.

Os parâmetros do comportamento ingestivo não foram influenciados pelas fontes de energia e proteína utilizadas (P>0,05).

Tabela 6 – Balanço de nitrogênio em ovinos alimentados com dietas contendo diferentes fontes de energia e proteína

Variável	Fnte de energia		Fonte de proteína		EPM ¹	Valor de P		
	Milho	Glicerina	Farelo de soja	Torta de algodão		Energia	Proteína	Interação
N - Ingerido (g/dia)	33,97	30,51	31,11	33,38	4,63	0,029	0,134	0,536
N - Urina (g/dia)	14,90	14,19	14,01	15,07	3,58	0,489	0,304	0,490
N - Fecal (g/dia)	8,37	7,15	7,43	8,07	1,19	0,002	0,040	0,080
N - Retido (g/dia)	8,56	9,18	9,65	8,08	4,41	0,680	0,294	0,328

¹EPM Erro padrão da média.

Tabela 7 – Metabolitos sanguíneos em ovinos alimentados com dietas contendo diferentes fontes de energia e proteína

Variável	Fonte de energia		Fonte de proteína		EPM ¹	Valor de P		
	Milho	Glicerina	Farelo de soja	Torta de algodão		Energia	Proteína	Interação
Albumina (mg/dL)	2,45	2,32	2,25	2,31	0,177	0,136	0,185	0,358
Proteína total (mg/dL)	4,96	5,27	5,20	5,04	0,256	0,011	0,061	0,003
Globulina (mg/dL)	2,72	2,95	2,95	2,73	0,218	0,008	0,015	0,001
Ureia (mg/dL)	54,06	58,63	57,39	55,30	8,519	0,059	0,367	0,131
Triglicerídeos (mg/dL)	42,34	54,83	48,34	48,83	3,98	<0,001	0,572	0,782

¹EPM-Erro padrão da média

Tabela 8- Desdobramento do efeito de interação para proteína total e globulina

Váriavel	Fonte de energia	Fonte de proteína		Valor de P
		Farelo de soja	Torta de algodão	
Proteína total (mg/dL)	Milho	5,17 Aa	4,74 Bb	0,002
	Glicerina	5,22 Aa	5,33 Aa	0,279
	Valor de P	0,716	<0,001	-
Globulina (mg/dL)	Milho	2,98 Aa	2,45 Bb	0,003
	Glicerina	2,95 Aa	2,71 Aa	0,374
	Valor de P	0,497	<0,001	-

Letras maiúsculas diferem na linha e letras minúsculas diferem as colunas

Houve efeito de interação entre fonte de energia e o tempo de coleta (tabela 12) para pH ($P=0,001$), concentração de acetato ($P=0,001$), butirato ($P<0,001$) e relação C2:C3 ($P<0,001$).

Observou-se diferença no pH ruminal e nas concentrações de acetato entre as fontes energéticas em todos os tempos de coleta. O pH ruminal foi superior nas dietas com a fonte energética glicerina em comparação ao milho. Por outro lado, o acetato foi maior nas dietas com a fonte energética milho.

Tabela 9 - Tempo de alimentação, ruminação, mastigação e ócio em ovinos alimentados com dietas contendo diferentes fontes de energia e proteína

Variável	Fonte de energia		Fonte de proteína		EPM ¹	Valor de P		
	Milho	Glicerina	Farelo de soja	Torta de algodão		Energia	Proteína	Interação
Alimentação								
Min/dia	228	229	232	226	52,7	0,963	0,711	0,077
Min/ 100 g MS	18,4	18,0	17,7	18,7	3,98	0,784	0,498	0,276
Min/100 g FDN	35,0	36,7	34,5	37,3	8,85	0,608	0,400	0,524
Ruminação								
Min/dia	578	563	557	585	82,1	0,583	0,306	0,266
Min/100 g MS	43,7	42,0	40,0	45,7	10,8	0,611	0,107	0,544
Min/100 g FDN	82,2	86,1	78,2	90,1	20,9	0,563	0,088	0,434
Mastigação								
Min/dia	820	793	807	806	108	0,392	0,985	0,447
Min/100 g MS	61,9	61,3	57,7	65,5	12,8	0,895	0,051	0,763
Min/ 100 g FDN	117	126	116	127	26,3	0,342	0,268	0,477
Seg/bolo	52,5	53,7	54,4	51,8	7,98	0,675	0,392	0,396
Nº/bolo	65,6	67,2	69,0	63,8	13,4	0,742	0,305	0,641
Nº/dia	41899	42421	42433	41888	8774	0,867	0,861	0,497
Ócio								
Min/dia	619	646	632	633	108	0,392	0,985	0,447

¹ EPM Erro padrão da média.

Tabela 10- Número de período e tempo gasto por período de alimentação, ruminação e ócio em ovinos alimentados com dietas contendo diferentes fontes de energia e proteína

Variável	Fonte de energia		Fonte de proteína		EPM ¹	Valor de P		
	Milho	Glicerina	Farelo de soja	Torta de algodão		Energia	Proteína	Interação
	Número de períodos (nº/dia)							
Alimentando	7,10	7,18	7,10	7,18	2,54	0,907	0,053	0,700
Ruminando	11,25	10,56	10,87	10,95	2,16	0,303	0,905	0,126
Ocio	17,01	16,31	16,87	17,35	2,31	0,051	0,531	0,134
	Tempo gasto por período (min)							
Alimentando	33,30	34,61	36,09	31,82	18,0	0,752	0,304	0,306
Ruminando	50,52	55,21	51,52	54,21	11,2	0,219	0,476	0,066
Ocio	35,82	39,34	39,61	35,55	9,63	0,231	0,169	0,159

¹ EPM Erro padrão da média.

Tabela 11- Eficiência de alimentação e ruminação em ovinos alimentados com dietas contendo diferentes fontes de energia e proteína

Variável	Fonte de energia		Fonte de proteína		EPM ¹	Valor de P		
	Milho	Glicerina	Farelo de soja	Torta de algodão		Energia	Proteína	Interação
	Eficiência de alimentação							
g MS/hora	391	369	367	393	77,3	0,378	0,304	0,300
g FDN/hora	209	182	191	200	47,4	0,082	0,516	0,401
	Eficiência de ruminação							
g MS/hora	137	143	149	132	37,7	0,566	0,126	0,064
g FDN/hora	73,7	70,8	77,2	67,2	18,5	0,600	0,090	0,380
Nº bolo/dia	648	644	627	664	163	0,945	0,479	0,504
Nº bolo/hora	27,0	26,9	26,2	27,7	6,82	0,949	0,481	0,503

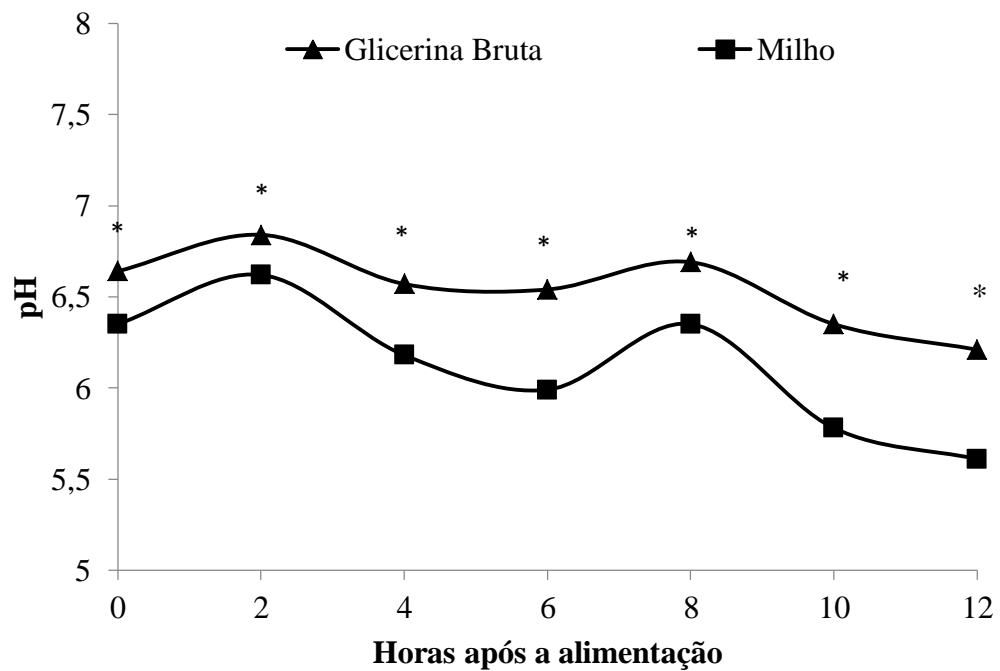
¹ EPM Erro padrão da média.

Tabela 12 – Parâmetros metabólicos ruminais em ovinos alimentados com dietas contendo diferentes fontes de energia e proteína

Variável	Fonte de energia		Fonte de proteína		EPM ¹	Valor de P						
	Milho	Glicerina	Farelo de soja	Torta de algodão		Energia	Prot.	EXP ²	Tempo	ExT ³	PxT ⁴	ExPxT ⁵
pH	6,13	6,54	6,35	6,32	0,37	<0,001	0,629	0,397	<0,001	0,001	0,171	0,640
N- NH ₃ (mg/dL) ⁶	18,66	14,73	16,77	16,63	6,94	0,001	0,889	0,370	<0,001	0,741	0,481	0,245
					nMol							
AGVTotal ⁷	41,90	36,45	38,99	39,37	6,80	0,005	0,833	0,199	0,008	0,509	0,998	0,817
Acetato	31,37	22,31	25,01	28,67	5,00	<0,001	0,014	0,861	0,202	0,001	0,968	0,606
Propionato	8,74	11,66	10,91	9,49	3,51	0,001	0,095	0,816	0,005	0,113	0,714	0,881
Butirato	2,03	2,49	2,29	2,22	0,76	0,010	0,658	0,459	<0,001	<0,001	0,957	0,977
C2:C3	3,90	2,24	2,66	3,48	1,04	<0,001	0,008	0,374	<0,001	<0,001	0,914	0,518

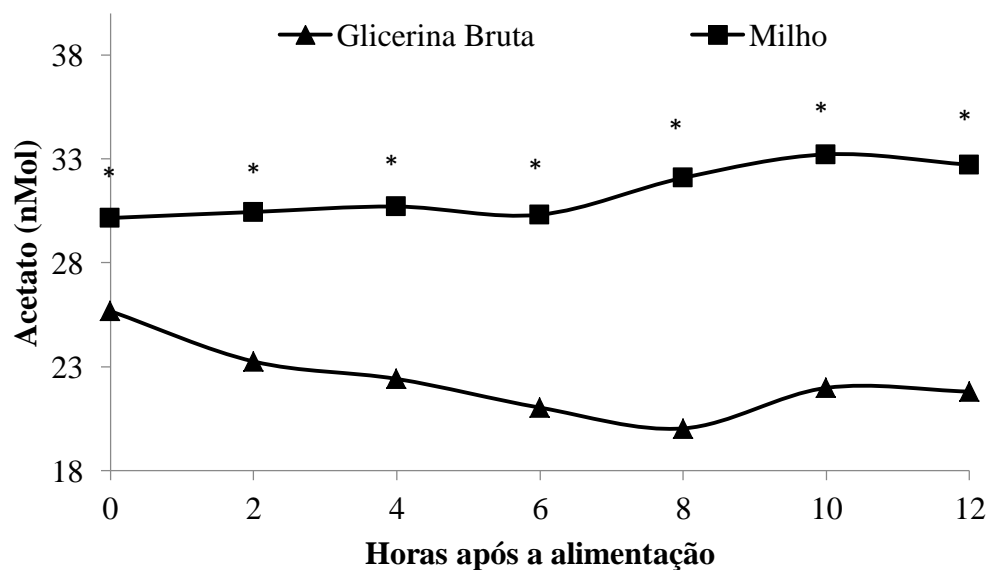
¹EPM-Erro padrão da média. ²Exp- Interação energia proteína, ³ExT- Interação energia tempo, ⁴PxT- Interação proteína tempo, ⁵ExPxT- Interação energia, proteína e tempo, ⁶N- NH₃ (mg/dL)- Nitrogênio amoniacal; ⁷AGV Total- Ácidos graxos totais; ⁸CH₄ (mol/100 mol)- Metano entérico. ⁹Efeito do tempo: N- NH₃ (mg/dL)- $Y = -0,1251x^2 + 1,8863x + 11,885$ R²=0,56; AGV total $Y = 0,1797x + 38,218$ R²=0,36; Propionato (nMol)- $Y = 0,1651x + 9,2103$ R²=0,43;

Figura 1 - Valores de pH observados da digesta do rúmen de ovinos alimentados com dietas com diferentes fontes de energia



Equação de regressão do tempo quando avaliado a glicerina $y = -0,005x^2 + 0,022x + 6,6783$, $R^2 = 0,7432$ ($p < 0,001$), equação de regressão do tempo quando avaliado o milho $y = -0,0052x^2 - 0,0041x + 6,4212$ $R^2 = 0,7095$ ($P < 0,001$)

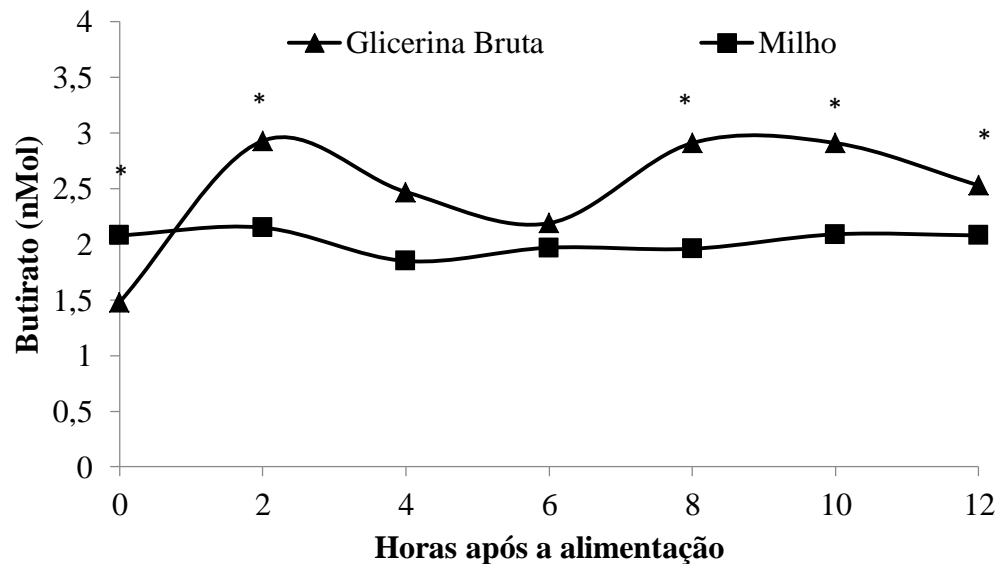
Figura 2 - Valores de acetato observados da digesta do rúmen de ovinos alimentados com dietas com diferentes fontes de energia



Equação de regressão do tempo quando avaliado a glicerina $y = 0,0771x^2 - 1,2205x + 25,623$, $R^2 = 0,9155$ ($P = 0,03$).

Verificou-se efeito no butirato nos tempos de coleta de 0, 2, 8, 10, 12, com excessão dos tempos 4 e 6, nas dietas com glicerina. Nesta fonte de energia houve maior concentração de butirato no rúmen em relação àquela com milho.

Figura 3 - Valores de butirato observados da digesta do rúmen de ovinos alimentados com diferentes fontes de energia



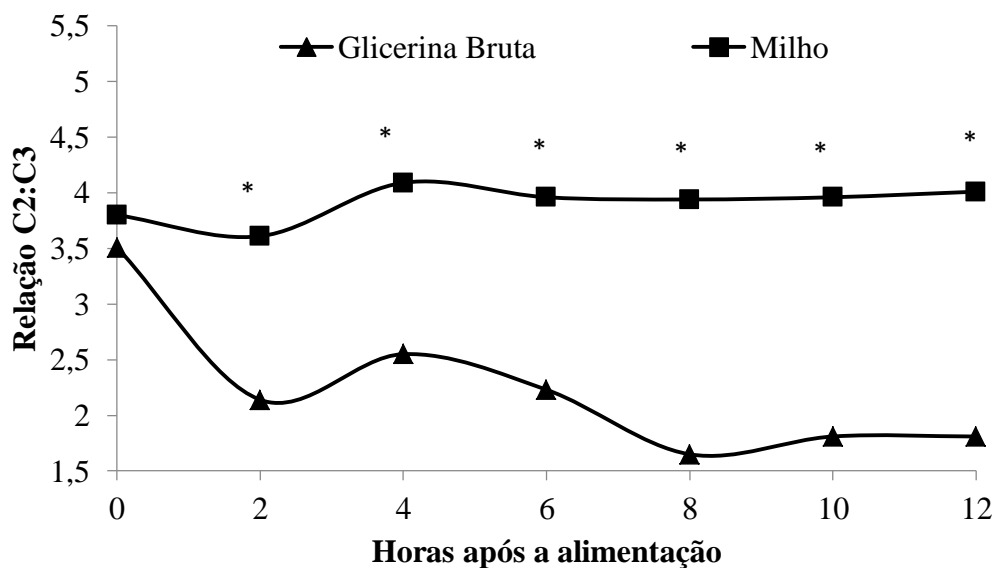
Equação de regressão do tempo quando avaliado a glicerina $y = -0,0144x^2 + 0,2366x + 1,8195$, $R^2 = 0,4402$ ($P < 0,01$).

A relação C2:C3 foi superior nos animais alimentados com milho, como fonte de energia, nos tempos 2, 4, 6, 8, 10 e 12 (figura 4).

Houve efeito das fontes energéticas para o teor de N-NH₃, concentração total de ácidos graxos totais e propionato. Verificou-se maior teor de N-NH₃ ($P=0,001$) e maior concentração de AGV totais ($P=0,005$) e maior concentração de propionato ($P=0,001$) nas dietas com glicerina.

A concentração de acetato e a relação C2:C3 foi influenciada pela fonte proteica. A maior concentração de acetato no ambiente ruminal ($P=0,014$), o que acarretou maior relação C2:C3 ($P=0,008$), foi observada na dieta com a fonte proteica torta de algodão.

Figura 4 - Valores da relação C2:C3 observados da digesta do rúmen de ovinos alimentados com diferentes fontes de energia



Equação de regressão do tempo quando avaliado a glicerina $y = 0,0151x^2 - 0,3004x + 3,2588$, $R^2 = 0,7761$, equação de regressão do tempo quando avaliado o milho $y = -0,0028x^2 + 0,0514x + 3,7355$, $R^2 = 0,306$.

DISCUSSÃO

A redução do consumo de MS (g/dia) dos animais nas dietas com glicerina pode ser fundamentada pelo aumento da síntese de propionato pelos microrganismos no rúmen (TRABUE et al., 2007). Isto causa aumento na secreção de insulina (OBA e ALEN, 2003), que quando chega ao cérebro reage com receptores específicos levando a redução no CMS (LADEIRA et al., 2016). Outro fator que pode ter influenciado para o menor consumo de MS, quando os animais foram alimentados com glicerina, é a alta concentração de ácidos graxos (33%) na glicerina bruta utilizada, pois os lipídeos são potentes estimuladores da colecistocinina, que é um inibidor de apetite no qual causa redução do esvaziamento gástrico (LAGE et al., 2014).

Além disso, Barros et al. (2015) citaram que as impurezas na glicerina restringem o consumo pelo animal. Doppenberg e Van Der Aar (2007) verificaram que o uso de hidróxido de sódio no processo de transesterificação para obtenção da glicerina bruta combinado com ácido clorídrico aumenta os teores de sais e sódio, levando a um desequilíbrio eletrolítico nos animais, o que afeta a aceitabilidade da dieta, e,

consequentemente, reduz o consumo. Desta forma, as altas concentrações de sódio (9.799 mg/kg) na glicerina utilizada também pode ser um dos fatores que provocou a diminuição da ingestão de matéria seca pelos animais nas dietas com esta fonte de energia.

A redução no consumo de MS refletiu no menor consumo de MO, PB, FDN e CNF nos animais nas dietas glicerina como fonte energética.

Em relação às fontes proteicas, o maior consumo de FDN (g/dia) e (%PV) verificado nas dietas que continham torta de algodão, pode ser justificado pelo maior teor de FDN na torta de algodão, em comparação ao farelo de soja, semelhantemente, o maior consumo de CNF observado nos animais alimentados com farelo de soja, foi ocasionado pelo maior proporção desse componente nutricional nestas dietas, considerando que não houve diferença no consumo de MS pelos animais entre as fontes de proteína testadas.

O elevado teor de ácidos graxos na dieta que contém glicerina e farelo de soja (9,32% EE), em comparação as outras dietas, favoreceram o aumento do consumo de EE pelos animais nessa dieta.

A substituição do milho pela glicerina reduz o teor de proteína indigestível em detergente neutro (PIDN) e detergente ácido (PIDA) nas dietas experimentais, visto que a glicerina não apresenta esse componente em sua composição, o que favorece ao aumento na digestibilidade da proteína bruta, pois esses componentes proteicos ligados à fibra não sofrem digestão, o que também pode ser observado pelo menor teor de N encontrada nas fezes dos animais alimentados com glicerina. O aumento na digestibilidade da PB ligado ao maior digestibilidade do EE pelos animais alimentados com glicerina bruta favoreceu o maior teor de NDT nesta dieta.

A maior digestibilidade da MS observada nos animais alimentados com farelo de soja pode ser atribuída ao menor teor dos componentes fibrosos e da lignina nesse ingrediente quando comparado a torta de algodão, o que provocou aumento na digestibilidade da MO. Com a substituição total do farelo de soja pela torta de algodão, houve aumento de 5,93% de PIDA na PB (proteína insolúvel em detergente ácido), o que causa maior teor de proteína indisponível na digestão dos animais, acarretando maior teor de nitrogênio nas fezes dos animais, levando a redução no coeficiente de digestibilidade da proteína. Além disso, o CNF presente na torta de algodão permanece

protegido da digestão por componentes menos digestíveis presente na parede celular, acarretando maior tempo de degradação ruminal, o que reduz o coeficiente de digestibilidade de CNF.

Segundo Souza et al. (2015), a digestibilidade está relacionada ao tipo de alimento consumido, a composição química, a relação volumoso: concentrado, o número de refeições, entre outros. Desta forma, é possível inferir que a maior digestibilidade da MS, MO, PB e CNF dos animais alimentados com farelo de soja, proporcionaram maior valor energético (NDT) na dieta.

A maior digestibilidade verificada nas dietas que continham glicerina, independente da fonte proteica utilizada, é devido ao teor de ácidos graxos presentes na glicerina utilizada propiciar maior disponibilidade lipídica no intestino delgado para formação de micelas e, conseqüentemente, maior absorção (BARROS et al., 2015).

Conforme Andrade et al. (2018), os triglicérides no sangue são resultantes da síntese endógena, principalmente no fígado, e a variação de triglicérides livre no sangue são resultado da ingestão lipídica. Desta forma, podemos inferir que o maior teor de triglicérides no sangue dos ovinos alimentados com glicerina, seja resposta do maior consumo e digestibilidade do EE. Considerando que com a inclusão de glicerina nas dietas houve aumento de ácidos graxos no sistema digestivo, que provavelmente foram convertidos em triglicérides no fígado, causando maior exportação desse metabólico no sangue. Bartoň et al. (2013) ao avaliarem níveis de glicerina bruta (0, 5, 10% na MS) na dieta de touros em confinamento, observaram maior teor de triglicérides no sangue no nível de 5%.

As menores concentrações de proteína totais e globulina encontrada no sangue dos animais alimentados com milho, como fonte energética, e torta de algodão, como fonte proteica, de forma associada, pode ser função da menor digestibilidade da PB encontrada quando os animais foram alimentados com milho e torta de algodão de forma não associada, pois as diferenças nas concentrações totais de proteína no sangue indicam diferentes absorções intestinal de proteína (LAW et al., 2009).

O menor valor de pH ruminal, em todos os tempos, observado nos animais alimentados com a dieta que continha glicerina, provavelmente, ocorreu pela menor concentração total de ácidos graxos voláteis. Segundo Bartoň et al. (2013), a glicerina pode provocar pressão osmótica no ambiente ruminal, favorecendo a transição de água

do sangue para o rúmen (ENGELHARDT, 1969). Além disso, a glicerina pode ser rapidamente metabolizada (EIRAS et al., 2014), reduzindo a extensão da fermentação ruminal, o que reduz a concentração total de ácidos graxos provocando aumento no pH ruminal.

O menor teor de nitrogênio amoniacal ruminal dos animais alimentados com glicerina, possivelmente se deve a redução no número de protozoários do gêneros *Entodinium* e *Isotricha* no rúmen (SAN VITO et al., 2016). Esses microrganismos auxiliam no processo de digestão de proteínas e excreção de $N-NH^3$ e aminoácidos, e a redução desses protozoários acarreta menor concentração de nitrogênio amoniacal ruminal. Comportamento também relatado por Shin et al. (2012), que ao incluir glicerina na dieta de vacas sobre diferentes volumosos, observaram redução na concentração de $N-NH^3$.

A menor concentração de acetato, em todos os tempos, aliado a maior produção de propionato e butirato, nos tempos 0, 2, 8, 10, 12 horas após a primeira alimentação, no rúmen dos animais alimentados com glicerina, está relacionado com a modulação do ambiente ruminal, reduzindo o número de microrganismos envolvidos na digestão de fibras (VAN CLEEF et al., 2018), que em sua maioria tem como produto final o ácido acético, e contribuindo para o aumento de microrganismos produtores de propionato como os do gênero *Selenomonas* (VAN CLEEF et al., 2018), que são os principais consumidores do glicerol no ambiente ruminal (PAIVA et al., 2016). E essa seleção dos microrganismos fermentadores de glicerol, favorecem a produção de lactato, no qual é o substrato para a *Megasphaera elsdenii* que tem como produto final da fermentação o butirato (SAN VITO et al., 2018). Essa modificação na produção de acetato e propionato causa diferença na relação C2:C3.

O aumento do acetato ruminal para animais alimentados com torta de algodão em substituição ao farelo de soja se deve ao maior teor de FDN neste ingrediente, microrganismos fermentadores de fibra são os principais produtores do acetato (KHAN et al., 2016). O aumento no acetato provocou elevação na relação C2:C3.

CONCLUSÃO

A glicerina bruta utilizada pode ser um potencial substituto do milho por aumentar o teor de NDT das dietas e a produção de propionato e butirato no ambiente ruminal. A substituição total do farelo de soja por torta de pode ser utilizada em dietas para ovinos em confinamento.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ANDRADE, G. P., CARVALHO, F. F. R., BATISTA, Â. M. V., PESSOA, R. A. S., DA COSTA, C. A., CARDOSO, D. B., MACIEL, M.V. Evaluation of crude glycerin as a partial substitute of corn grain in growing diets for lambs. **Small ruminant research**, v. 165, p. 41-47, 2018.

AOAC, 2002. **Official methods of analysis** (17th ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.

AOAC, 2005. **Official Methods of Analysis** (18th ed.) Assoc. Off. Anal. Chem., Gaithersburg, MD, USA.

ASSIS, D. D. Y., CARVALHO, G. G. P., MAURO SANTOS, D. E., ALMEIDA DE OLIVEIRA, D. F., GARCIA MELO LOPES DE ARAÚJO, D. M. L., DOS SANTOS PINA, D. D., SANTOS, S.A., RUFINO, L.M.A. Cottonseed cake as a substitute of soybean meal for goat kids. **Journal of Animal Science**, v.18, n.1, p. 124-133, 2019.

BARROS, L. V., PAULINO, M. F., VALADARES FILHO, S. D. C., DETMANN, E., SILVA, F. G., VALENTE, E. E. L., LOPES, S. A., MARTINS, L. S. Replacement of soybean meal by cottonseed meal 38% in multiple supplements for grazing beef heifers. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 4, p. 852-859, 2011.

BARROS, M. C. C., MARQUES, J. A., SILVA, F. F. , SILVA, R. R. , GUIMARÃES, G. S., SILVA, L. L., ARAÚJO, F. L Glicerina bruta na dieta de ovinos confinados: consumo, digestibilidade, desempenho, medidas morfométricas da carcaça e características da carne. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 1, p. 453-466, 2015.

BARTOŇ, L., BUREŠ, D., HOMOLKA, P., JANČÍK, F., MAROUNEK, M., ŘEHÁK, D. Effects of long-term feeding of crude glycerine on performance, carcass traits, meat

quality, and blood and rumen metabolites of finishing bulls. **Livestock Science**, v. 155, n. 1, p. 53-59, 2013.

BENEDETI, P. D. B., DA SILVA, L. G., PAULA, E. M., SHENKORU, T., MARCONDES, M. I., MONTEIRO, H. F., AMORATI, B., YEH, Y., POULSON, S. R., FACIOLA, A. P. Effects of partial replacement of corn with glycerin on ruminal fermentation in a dual-flow continuous culture system. **PloS one**, v. 10, n. 11, p. e0143201, 2015.

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

CHANJULA, P., PAKDEECHANUAN, P., WATTANASIT, S. Effects of dietary crude glycerin supplementation on nutrient digestibility, ruminal fermentation, blood metabolites, and nitrogen balance of goats. **Asian-Australasian journal of animal sciences**, v. 27, n. 3, p. 365, 2014.

DOPPENBERG, J.; VAN DER AAR, P. The nutritional value of biodiesel by-products. Glycerin. **Feed Business Asia**. Mar/Apr, p. 42-43, 2007.

EIRAS, C. E., BARBOSA, L. P., MARQUES, J. A., ARAÚJO, F. L., LIMA, B. S., ZAWADZKI, F., PEROTTO, D., PRADO, I. N. Glycerine levels in the diets of crossbred bulls finished in feedlot: apparent digestibility, feed intake and animal performance. **Animal Feed Science and Technology**, v. 197, p. 222-226, 2014.

ENGELHARDT, W. V. Water transport across the rumen mucosa. Osmotic, hydrostatic, hemodynamic and humoral influences. **Zentralblatt für Veterinärmedizin. Reihe A**, v. 16, n. 7, p. 597, 1969.

FOLDAGER, J. Protein requirement and non protein nitrogen for high producing cow in early lactation. 1977. **Thesis (Doctoral)-Michigan State University, East Lansing, 1977.**

HALL, M. B. Calculation of non-structural carbohydrate content of feeds that contain non-protein nitrogen. **Gainesville: University of Florida**, p. A25-A32, 2000.

KHAN, M. A., BACH, A., WEARY, D. M., VON KEYSERLINGK, M. A. G. Invited review: Transitioning from milk to solid feed in dairy heifers. **Journal of dairy science**, v. 99, n. 2, p. 885-902, 2016.

- KULASEK, G. A micromethod for determining urea in blood plasma, whole blood and blood corpuscles with the use of urease and phenol reagent. **Polskie Archiwum Weterynaryjne**, v. 15, n. 4, p. 801-810, 1972.
- LAGE, J. F., PAULINO, P. V. R., PEREIRA, L. G. R., DUARTE, M. S., VALADARES FILHO, S. C., OLIVEIRA, A. S., LIMA, J. C. M. Carcass characteristics of feedlot lambs fed crude glycerin contaminated with high concentrations of crude fat. **Meat science**, v. 96, n. 1, p. 108-113, 2014.
- LAW, R. A., YOUNG, F. J., PATTERSON, D. C., KILPATRICK, D. J., WYLIE, A. R. G., MAYNE, C. S. Effect of dietary protein content on animal production and blood metabolites of dairy cows during lactation. **Journal of Dairy Science**, v. 92, n. 3, p. 1001-1012, 2009.
- LICITRA, G., HERNANDEZ, T. M., VAN SOEST, P. J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v. 57, n. 4, p. 347-358, 1996.
- MERTENS, D. R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC international**, v. 85, n. 6, p. 1217-1240, 2002.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of small ruminants**. Washington, D.C.: National Academic Press, 2007.
- OBA, M., ALLEN, M. S. Effects of corn grain conservation method on ruminal digestion kinetics for lactating dairy cows at two dietary starch concentrations. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n. 1, p. 184-194, 2003.
- PAIVA, P. G. D., DEL VALLE, T. A., JESUS, E. F., BETTERO, V. P., ALMEIDA, G. F., BUENO, I. C. D. S., BRADFORD, B.J., RENNÓ, F. P.. Effects of crude glycerin on milk composition, nutrient digestibility and ruminal fermentation of dairy cows fed corn silage-based diets. **Animal Feed Science and Technology**, v. 212, p. 136-142, 2016.
- PEREIRA, L., PIRES, A. J., CARVALHO, G. G., SILVA, R. V., SIMIONATO, J. I., LACERDA, E. C., BEZERRA, L.S., EIRAS, C.E., CARVALHO, B. M. A. Nutritional characteristics of lambs meat fed diets with cotton cake. **Journal of Food Quality**, v. 39, n. 2, p. 140-149, 2016.

POLLI, V. A., RESTLE, J., SENNA, D. B. D., ALMEIDA, S. D. Aspectos relativos à ruminação de bovinos e bubalinos em regime de confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 25, n. 5, p. 987-993, 1996.

RIBEIRO, A. F., MESSANA, J. D., NETO, A. J., LAGE, J. F., FIORENTINI, G., VIEIRA, B. R., BERCHIELLI, T. T. Enteric methane emissions, intake, and performance of young Nellore bulls fed different sources of forage in concentrate-rich diets containing crude glycerine. **Animal Production Science**, v. 58, n. 3, p. 517-522, 2018.

SAN VITO, E., GRANJA-SALCEDO, Y. T., LAGE, J. F., OLIVEIRA, A. S., GIONBELLI, M. P., MESSANA, J. D., DALLANTONIA, E. E., REIS, R.A. BERCHIELLI, T. T. Crude glycerin as an alternative to corn as a supplement for beef cattle grazing in pasture during the dry season. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, n. 5, p. 2215-2232, 2018.

SAN VITO, E., MESSANA, J. D., CASTAGNINO, P. S., GRANJA-SALCEDO, Y. T., DALLANTONIA, E. E., BERCHIELLI, T. T. Effect of crude glycerine in supplement on the intake, rumen fermentation, and microbial profile of Nellore steers grazing tropical grass. **Livestock science**, v. 192, p. 17-24, 2016.

SHIN, J. H., WANG, D., KIM, S. C., ADESOGAN, A. T., STAPLES, C. R. Effects of feeding crude glycerin on performance and ruminal kinetics of lactating Holstein cows fed corn silage-or cottonseed hull-based, low-fiber diets. **Journal of dairy science**, v. 95, n. 7, p. 4006-4016, 2012.

SILVA, R. V. M. M., CARVALHO, G. G. P., PIRES, A. J. V., PEREIRA, M. L. A., PEREIRA, L., CAMPOS, F. S., PERAZZO, A.F., ARAÚJO, M.L.G.M.L., NASCIMENTO, C.O., SANTOS, S.A., TOSTO, M.S.L., RUFINO, L. M.A. CARVALHO, B.M.A. Cottonseed cake in substitution of soybean meal in diets for finishing lambs. **Small Ruminant Research**, v. 137, p. 183-188, 2016a.

SOUZA, L. L., AZEVÊDO, J. A. G., ARAÚJO, G. G. L., SANTOS-CRUZ, C. L., CABRAL, Í. S., ALMEIDA, F. M., OLIVEIRA, G. A., OLIVEIRA, B. S. Crude glycerin for santa inês and F1 Dorper× Santa Inês lambs. **Small ruminant research**, v. 129, p. 1-5, 2015.

TRABUE, S., SCOGGIN, K., TJANDRAKUSUMA, S., RASMUSSEN, M. A., REILLY, P. J. Ruminant fermentation of propylene glycol and glycerol. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 17, p. 7043-7051, 2007.

VALADARES FILHO, S.C., LOPES, S.A., MACHADO, P.A.S.; CHIZZOTTI, M.L., AMARAL, H.F., MAGALHÃES, K.A., ROCHA JÚNIOR, V.R., CAPELLE, E.R. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos**. Viçosa-UFV. 2015

VALENTE, T. N. P., DETMANN, E., SAMPAIO, C. B. Recent advances in evaluation of bags made from different textiles used in situ ruminal degradation. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 95, n.4, p. 493-498, 2015.

VAN CLEEF, E. H. C. B., ALMEIDA, M. T. C., PEREZ, H. L., PASCHOALOTO, J. R., CASTRO FILHO, E. S., EZEQUIEL, J. M. B. Effects of partial or total replacement of corn cracked grain with high concentrations of crude glycerin on rumen metabolism of crossbred sheep. **Small ruminant research**, v. 159, p. 45-51, 2018.

VAN SOEST, P. V., ROBERTSON, J. B., LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.

CAPÍTULO 4

Consumo, digestibilidade, balanço de nitrogênio, comportamento ingestivo, parâmetros sanguíneos e ruminais em búfalos submetidos a dietas com diferentes fontes de energia e proteína

Consumo, digestibilidade, balanço de nitrogênio, comportamento ingestivo, parâmetros sanguíneos e ruminais em búfalos submetidos a dietas com diferentes fontes de energia e proteína

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos da substituição do milho pela glicerina bruta e do farelo de soja pela torta de algodão, associadas ou não, em dieta para búfalos, sobre o consumo, digestibilidade, balanço de nitrogênio, comportamento ingestivo, metabólitos sanguíneos e metabolismo ruminal. Quatro búfalos da raça Murrah, machos, canulados no rúmen, com peso médio inicial de $637 \pm 66,37$ Kg foram distribuídos em delineamento em quadrado latino 4 x4, em esquema fatorial 2x2, com duas fontes de energia (milho moído e glicerina bruta) e duas fontes de proteína (farelo de soja e torta de algodão) utilizadas no concentrado. Houve efeito de interação fonte de energia e proteína para CFDN, CFDNi, CFDNpd, CDMO, CDEE ($p < 0,05$). O CEE foi superior e o CCNF foi menor para os animais alimentados com glicerina ($p < 0,05$), como fonte energética. Houve maior CMS e menor CCNF nos animais alimentados com torta de algodão ($P < 0,05$). Houve maior teor de pH ruminal, concentração de propionato e butirato e menor produção de acetato para animais alimentados com glicerina como fonte de energia ($p < 0,05$). Foi verificado maior produção de AGV totais para os animais alimentados com torta de algodão. A substituição do milho pela glicerina bruta na dieta de búfalos traz efeitos positivos sobre a fermentação ruminal. A torta de algodão não modifica a fermentação ruminal, podendo substituir totalmente o farelo de soja.

Palavras-chave: biodiesel, coprodutos, energia, proteína.

Consumption, digestibility, nitrogen balance, ingestive behavior, blood and ruminal parameters in buffaloes fed diets with different energy and protein sources

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effects of substitution of corn by crude glycerin and soybean meal by cottonseed meal, associated or not, in buffalo diet, on intake, digestibility, nitrogen balance, ingestive behavior, blood metabolites. and ruminal metabolism. Four rumen cannulated male Murrah buffaloes with an average initial weight of 637 ± 66.37 kg were distributed in a 4 x 4 latin square design, in a 2x2 factorial scheme, with two energy sources (ground corn and crude glycerin). and two protein sources (soybean meal and cotton cake) used in the concentrate. There was an energy source and protein interaction effect for CFDN, CFDNi, CFDNpd, CDMO, CDEE ($p < 0.05$). CEE was higher and CCNF was lower for glycerin fed animals ($p < 0.05$) as energy source. There was higher CMS and lower CCNF in cotton cake fed animals ($P < 0.05$). There was higher ruminal pH, propionate and butyrate concentration and lower acetate production for glycerin fed animals as energy source ($p < 0.05$). Higher total VFA production was observed for the animals fed cotton cake. The replacement of corn by crude glycerin in the buffalo diet has positive effects on rumen fermentation. Cottonseed cake does not modify rumen fermentation and can completely replace soybean meal.

Key words: biodiesel, co-products, energy, protein.

INTRODUÇÃO

O crescimento com preocupações ambientais tem levado ao aumento da demanda do biodiesel, que é um combustível renovável (YANG et al., 2012). Entretanto, com o aumento da produção do biodiesel pelas indústrias, houve o crescimento na geração de coprodutos, que precisam de uma destinação adequada. Nesse sentido, diversas pesquisas (NICORY et al., 2015; OMAZIC et al., 2015; SILVA et al., 2016) têm sido realizadas com a utilização de coprodutos do biodiesel na alimentação animal.

A glicerina bruta, resultante da formação de ésteres metílicos de ácidos graxos dos triglicerídeos, tem sido um potente substituto de alimentos ricos em amido na dieta de ruminantes (VAN CLEEF et al., 2018), devido ao potencial energético ser semelhante no ambiente ruminal (BENEDETI et al., 2018). A inclusão de glicerina em dietas de ruminantes tem causado modificações no ambiente ruminal, elevando os níveis de propionato (CASTAGNINO et al., 2018), além de atuar como precursor para a síntese de glicose no fígado.

A torta de algodão, proveniente prensagem do caroço do algodão para a extração do óleo, apresenta em sua composição concentrações significativas de proteína ($29,81 \pm 1,798$) (VALADARES FILHO et al., CQBAL3.0, 2015), tornando assim um potente substituto total ou parcial do farelo de soja na dieta de animais ruminantes. Além de apresentar um teor elevado de extrato etéreo ($9,48 \pm 1,428$) e fibra em detergente neutro ($47,28 \pm 2,894$) (VALADARES FILHO et al., CQBAL3.0, 2015). Silva et al. (2016) e Assis et al. (2018) ao substituir até 100% do farelo de soja por torta de algodão em dieta para cordeiros e caprinos, respectivamente, não observaram diferença sobre o desempenho animal. Portanto, esse coproduto do biodiesel pode ser uma alternativa viável como fonte de proteína na dieta de ruminantes.

Já é notório os efeitos da substituição do milho por glicerina bruta e do farelo de soja por torta de algodão na dieta de ruminantes, entretanto pouco se sabe sobre a utilização de forma associada desses dois coprodutos da produção do biodiesel na dieta de bubalinos.

Dessa maneira, a hipótese deste estudo é que a substituição de milho por glicerina bruta e do farelo de soja por torta de algodão, associadas ou não, não cause prejuízos sobre os parâmetros produtivos e comportamento ingestivo em búfalos.

Portanto, objetiva-se com este trabalho avaliar os efeitos da substituição do milho pela glicerina bruta e do farelo de soja pela torta de algodão, associadas ou não, em dieta para búfalos, sobre o consumo, digestibilidade, balanço de nitrogênio, comportamento ingestivo, metabólitos sanguíneos e metabolismo ruminal.

MATERIAL E MÉTODOS

Local, animal e instalações

Todos os procedimentos e protocolos utilizados no presente experimento foram aprovados pelo Comitê de Ética em Uso Animal da Universidade Federal da Bahia (CEUA-UFBA), registrada com o nº 71/2018.

O experimento foi realizado na fazenda experimental de Entre Rios - BA pertencente à Universidade Federal da Bahia (UFBA). Foram utilizados quatro búfalos da raça Murrah, machos, canulados no rúmen, com peso médio inicial de $637 \pm 66,37$ kg, distribuídos em delineamento em quadrado latino 4 x 4, em esquema fatorial 2x2, composta por duas fontes de energia (milho moído e glicerina bruta) e duas fontes de proteína (farelo de soja e torta de algodão). Cada período experimental teve duração de 21 dias, sendo 12 dias de adaptação as dietas experimentais e 9 dias de período de coleta, totalizando 84 dias experimentais. Os animais foram alojados em baias individuais de 10 m², providas de bebedouros e comedouros individuais com acesso irrestrito a água e as dietas experimentais.

Dietas experimentais

As seguintes dietas foram testadas: Dieta 1 (Milho + Farelo de soja) – 70% de feno de capim Transvala + 30% de concentrado, composto por milho moído, farelo de soja, ureia, sal comum e mineral; Dieta 2 (Milho + Torta de algodão) - 70% de feno de capim Transvala + 30% de concentrado composto por milho moído, torta de algodão, ureia, sal comum e mineral; Dieta 3 (Glicerina + Farelo de soja) – 70% de feno de capim Transvala + 30% de concentrado composto por glicerina bruta, farelo de soja, ureia, sal comum e mineral; Dieta 4 (Glicerina bruta + Torta de algodão) – 70% de

feno de capim Transvala + 30% de concentrado composto por glicerina bruta, torta de algodão, ureia, sal comum e mineral.

As dietas foram fornecidas em duas refeições diárias, 50% às 8h e 50% às 13h, de forma a permitir de 5 a 10% de sobras. A tabela 1 e 2 apresenta a composição químico-bromatológica dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais.

Tabela 1- Composição química obtida para os ingredientes utilizados nas dietas experimentais

Item (%)	Feno de Transvala	Farelo de Soja	Milho moído	Torta de algodão
Matéria seca	91,5	89,6	88,2	92,5
Matéria Orgânica	90,7	92,7	98,6	95,1
Matéria mineral	9,31	7,27	1,45	4,90
Proteína bruta	5,81	46,6	9,30	27,6
NIDN ¹	55,9	4,58	13,4	8,52
NIDA ²	10,1	1,00	1,81	4,31
Extrato etéreo	1,70	2,84	3,54	9,84
Carboidratos totais	83,4	43,3	85,7	57,6
FDN ³	74,0	14,0	12,0	43,4
FDNcp ⁴	69,4	11,6	10,7	40,4
CNF ⁵	14,0	31,7	75,0	17,2
FDA ⁶	37,0	6,41	2,10	27,0
FDNi ⁷	18,3	3,30	3,21	16,9
Lignina	4,68	0,27	0,12	6,50
Hemicelulose	32,4	5,19	8,59	13,4
Celulose	32,3	6,14	1,99	20,5

¹ nitrogênio insolúvel em detergente neutro (% do NT); ² nitrogênio insolúvel em detergente ácido (% do NT); ³ fibra em detergente neutro; ⁴ fibra em detergente neutro livre de cinzas e proteína; ⁵ carboidratos não fibrosos; ⁶ fibra em detergente ácido; ⁷ fibra insolúvel em detergente neutro.

Tabela 2 - Composição químico-bromatológica da glicerina bruta utilizado nas dietas experimentais

Item	%
Matéria Seca	73,4
Matéria Orgânica	94,7
Matéria Mineral ¹	5,35
Proteína Bruta	0,05
Glicerol	41,0
Metanol	0,01
Ácidos Graxos Totais	33,0
Ácido Mirístico	0,03
Ácido Palmítico	15,1
Ácido Esteárico	5,25
Ácido Oleico	31,4

(Continua)

Tabela 2 - Composição químico-bromatológica da glicerina bruta utilizado nas dietas experimentais

Item	%
Ácido linoleico	47,8
Ácido Araquidônico	0,13
Ácido beênico	0,24

(Continuação)

¹Concentrações dos minerais na glicerina utilizada: 24,57 mg /Kg Zinco; 1,00 mg/kg cobre; 37,37 mg/kg de magnésio; 1,963 mg/kg chumbo; 9779 mg/kg sódio; 161,9 mg/kg potássio.

As proporções dos ingredientes utilizados e a composição das dietas experimentais estão apresentadas na tabela 3.

Tabela 3- Porcentagem de inclusão dos ingredientes e química das dietas experimentais

% Ingredientes	Dietas experimentais ¹			
	Milho		Glicerina	
	Farelo de Soja	Torta de Algodão	Farelo de Soja	Torta de Algodão
Feno de transvala	70,0	70,0	70,0	70,0
Milho moído	19,3	12,3	-	-
Farelo de soja	6,01	-	9,00	-
Torta de algodão	-	13,0	-	16,1
Glicerina Bruta	-	-	16,3	9,20
Ureia	1,03	1,03	1,03	1,03
Sal comum	0,64	0,64	0,64	0,64
Mineral ²	3,02	3,02	3,02	3,02
Composição químico-bromatológica (%)				
Matéria seca	91,1	91,6	88,8	90,4
Matéria orgânica	88,2	88,1	87,4	87,6
Proteína bruta	11,6	11,8	11,2	11,5
Extrato etéreo	2,04	2,90	6,82	5,80
FDN ³	51,3	55,1	49,6	55,1
CNF ⁴	29,8	24,9	26,3	21,9

¹Fonte de energia (Milho e Glicerina bruta) e fonte de proteína (Farelo de soja e Torta de algodão);²Níveis de garantia/Kg: 128g Cálcio; 44g Fosforo; 178g Sódio; 12g Enxofre; 5g Magnésio; 107mg Cobalto; 50mg Cobre; 50 mg Iodo; 750mg Manganês; 12mg Selênio; 3,7g Zinco; 1,4g Ferro; 440mg Flúor. ³FDN- Fibra em detergente neutro; ⁴CNF- Carboidratos não fibrosos, calculado de acordo com as equações de hall (2000)

Coleta de amostras

Para a determinação do consumo dos componentes nutricionais foram feitos registros da quantidade de ração oferecida e das sobras durante todo o período experimental. No período de coleta, que corresponde ao 13 ao 21º dia de cada período experimental, foram feitas amostragem de sobras e ingredientes, em seguida foram secas em estufa de ventilação forçada a 55°C por um período de 72 horas.

Posteriormente foram moídas em moinho tipo Willey com peneira de crivos de 2 e 1mm.

A determinação do consumo dos compostos nutricionais foi calculada pela diferença entre a quantidade do nutriente presente nos alimentos fornecidos e a quantidade do nutriente nas sobras, de acordo com a seguinte fórmula: Consumo (kg) = nutriente ingerido – nutriente nas sobras. O cálculo do consumo em percentual de peso corporal (% do PC) foi avaliado utilizando-se a equação: C (% do PC) = (quantidade de MS e FDN (kg) consumidos*100) / PC (kg).

O comportamento ingestivo foi realizado no 12º dia de cada período experimental por um período de 24 horas. No registro do tempo despendido em alimentação, ruminação e ócio, adotou-se a observação visual dos animais a cada 5 minutos, feita por observadores treinados, em sistema de revezamento e posicionados estrategicamente de modo a não influenciar no comportamento dos animais. As observações foram iniciadas às 6h00 da manhã com término no mesmo horário do dia seguinte. No mesmo dia, foi realizada a contagem do número de mastigações (nº/bolo) e do tempo despendido para ruminação de cada bolo (seg/bolo) utilizando-se um cronômetro digital.

Para a obtenção das médias das mastigações e do tempo, foram feitas as observações de três bolos ruminais em três períodos diferentes do dia (09:00 às 11:00 horas; 16:00 às 18:00 horas; e 20:00 às 22:00 horas). Foram computados o tempo e o número de mastigações para cada bolo ruminal por animal. Para obtenção do número de bolos diários, procedeu-se à divisão do tempo total de ruminação pelo tempo médio gasto na ruminação de cada bolo, descrito anteriormente. A eficiência de alimentação e ruminação, expressa em gMS/hora e gFDN/hora, foi obtida pela divisão do consumo médio diário de MS e FDN pelo tempo total despendido em alimentação e/ou ruminação em 24 horas, respectivamente. Todas as variáveis do comportamento ingestivo obtidas neste experimento, foram calculadas conforme metodologia descrita por Polli et al. (1996) e Bürger et al. (2000). Durante a coleta de dados, na observação noturna dos animais, o ambiente foi mantido com iluminação artificial.

A coleta de urina foi realizada no 18º dia de cada período experimental por 24 horas, através do uso de funis coletores, contendo no recipiente 20 mL de ácido sulfúrico 20% (v / v) para acidificá-la e evitar perdas de compostos nitrogenados. Do

total de urina excretada, 10% foi amostrada e armazenada em freezer a -20 °C, para posterior análise do teor de N. A retenção de nitrogênio (N-retido, g/dia) foi realizada por meio da seguinte fórmula:

$$\text{N-retido} = \text{N ingerido (g)} - \text{N nas fezes (g)} - \text{N na urina (g)}.$$

O ensaio de digestibilidade foi realizado entre o 18º dia de cada período experimental, realizada através de coleta total. Após 24 horas as fezes foram coletadas, pesadas e amostradas (10% do total excretado), posteriormente foram pré-secas em estufa de ventilação forçada a 55°C por um período de 72 horas, moídas em moinho tipo Willey com peneira de crivos de um mm e armazenadas para posteriores análises.

Análise laboratorial

As amostras com 1 mm dos ingredientes, sobras e fezes foram analisadas quanto aos teores de matéria seca (MS; método 934.01), matéria mineral (MM; método 942.05), proteína bruta (PB; método 968.06) e extrato etéreo (EE; método 920.39), conforme metodologia descrita pela AOAC (2005). A matéria orgânica (MO) foi obtida mediante a equação: $MO = MS - MM$. Foram determinados os teores de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas (MERTENS, 2002) e proteína (LICITRA et al., 1996)) (FDNcp) (utilizando alfa-amilase termoestável sem adição sódio sulfito). O teor de fibra em detergente ácido (FDA) foi determinado de acordo com Van Soest (1991), a lignina foi realizada no resíduo da fibra em detergente ácido com uso de ácido sulfúrico a 72% (método 973.18, AOAC, 2002). As outras frações da parede celular foram estimadas de acordo com as equações descritas por Van Soest et al. (1991): hemicelulose = $FDN - FDA$, e celulose = $FDA - \text{Lignina}$.

Os teores de carboidratos não fibrosos foram calculados conforme descrito por Hall (2000), onde $CNF = 100 - (PB + MM + EE + FDN)$, a equação utilizada para determinação de CNF das dietas experimentais foram realizadas levando em consideração a utilização de ureia, como a seguir: $CNF = 100 - MM - EE - FDN_{cp} - (PB - P_{Bu} + U)$.

As amostras de 2 mm dos ingredientes e das sobras foram analisados quanto ao teor de FDNi, utilizando sacos de tecido não tecido (TNT) incubados em búfalos fistulados por um período de 288 horas, segundo metodologia de Valente et al. (2015).

A análise do teor de glicerol, metanol e ácidos graxos da glicerina bruta utilizada foi realizada no Laboratório de Química Instrumental, pertencente ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), através do uso do cromatografo gasosos da marca Agilent Technologies (GC 7890A) equipado com detector de ionização por impacto de elétrons (MS 5975C) e coluna capilar DB-5MS (Agilent Technologies, 30 m comprimento x 0,25 mm diâmetro interno x 0,25 µm espessura do filme).

Fermentação ruminal

As amostras de líquido ruminal foram obtidas no 20º dia de cada período experimental, a coleta foi realizada em 9 pontos diferentes no rúmen em sete tempos 0 hora (antes da alimentação) e 2, 4, 6, 8, 10 e 12 horas após a alimentação. O líquido ruminal coletado foi imediatamente avaliado quanto ao teor de pH e armazenados em freezers para posteriores análises de nitrogênio amoniacal e ácidos graxos voláteis (AGVs).

A determinação da concentração de N-NH₃, foi realizada por colorimetria segundo método proposto por Kulasek (1972) e adaptado por Foldager (1977). A avaliação de AGVs foi realizada por cromatógrafo Líquido de Alto Desempenho (HPLC), marca SHIMADZU, modelo SPD-10A VP acoplado ao Detector Ultra Violeta (UV) utilizando-se um comprimento de ondas 210 nm.

Metabolitos sanguíneos

As coletas de sangue foram realizadas no 21º dia do período experimental por punção da artéria ou veia coccígea 2 horas antes da alimentação, para dosagem de metabólitos. Para tal, após assepsia local, foram coletados 10 ml de amostra de sangue em tubos vacutainer sem anticoagulante. Em seguida, foi realizada a centrifugação a 3.500 x rpm por 15 minutos para a obtenção do soro sanguíneo, sendo então armazenado em mini-tubos eppendorf® devidamente identificados e conservados em freezer a -20°C para posterior análise. Foram avaliadas as concentrações de proteínas totais (método colorimétrico-biureto), albumina (método colorimétrico- verde de bromocresol), ureia (método enzimático- UV), e triglicerídeos (método enzimático colorimétrico) através do uso de kits comerciais da marca Labtest®. E a globulina foi obtida pela diferença entre proteínas totais e a albumina.

Análises estatísticas

Os resultados foram submetidos à análise estatística segundo delineamento em quadrado latino (4 x 4) em esquema fatorial 2 x 2 utilizando-se o PROC MIXED do SAS 9.4 de acordo com o modelo abaixo:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + P_j + FE_k + FP_l + FE \times FP_{kl} + \epsilon_{ijkl}$$

Onde Y_{ijkl} = variável dependente; μ = média geral; A_i = efeito aleatório do animal (i = 1 a 4); P_j = efeito aleatório do período (j = 1 a 4); FE_k = efeito fixo da fonte de energia (k = milho, glicerol), FP_l = efeito fixo da fonte de proteína (l = soja, algodão), $FE \times FP_{kl}$ = efeito fixo da interação entre fonte de energia e de proteína; ϵ_{ijkl} = erro aleatório pressuposto $NID \sim (0, \sigma^2)$.

As variáveis de fermentação ruminal foram analisadas de acordo com o delineamento anterior considerando o efeito de tempo como medida repetida, usando o PROC MIXED do SAS, segundo o seguinte modelo:

$$Y_{ijklm} = \mu + A_i + P_j + FE_k + FP_l + FE \times FP_{kl} + \epsilon_{ijkl} + T_m + FE \times T_{km} + FP \times T_{lm} + FE \times FP \times T_{klm} + \omega_{ijklm}$$

Onde Y_{ijklm} é o valor variável dependente, μ é a média geral, A_i , P_j , FE_k , FP_l , $FE \times FP_{kl}$, ϵ_{ijkl} foram descritos anteriormente e ω_{ijklm} é o erro aleatório associado ao efeito de tempo pressuposto $NID \sim (0, \sigma^2)$; T_m = é o efeito fixo do tempo de amostragem (m = 1 a 7); $FE \times T_{km}$ = efeito fixo da interação entre fonte de energia e tempo; $FP \times T_{lm}$ = efeito fixo da interação entre fonte de proteína e tempo; $FE \times FP \times T_{klm}$ = efeito fixo da interação tripla entre proteína, energia e tempo.

RESULTADO

Observou-se efeito de interação fonte de energia e fonte de proteína para consumo de FDN (kg/dia), consumo de FDNi (kg/dia), consumo de FDNpd (kg/dia), consumo de MS (%PV), consumo de FDN (%PV), digestibilidade da matéria orgânica e digestibilidade de extrato etéreo ($P < 0,05$).

Animais alimentados com torta de algodão, como fonte proteica, apresentaram maior consumo de FDN, FDNpd, FDNi e FDN (%PV), independente da fonte de

energia utilizada. O menor consumo desses componentes foi verificado nos animais alimentados com glicerina e farelo de soja.

Em relação ao consumo de matéria seca (%PV), animais alimentados com glicerina como fontes de energia, associada ao farelo de soja, como fonte proteica tiveram o menor consumo de matéria seca (%PV).

O menor coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo foi verificado quando os animais foram alimentados com milho, como fonte energética, associado ao farelo de soja, como fonte proteica ($P=0,002$).

Búfalos alimentados com glicerina, como fonte de energia, apresentaram maior consumo de EE quando comparado aos alimentados com milho ($P<0,001$).

Não houve diferença para o balanço de N, com média de 85,60 g/dia de N-retido. Em relação às fontes de energia, foi verificado maior teor de triglicerídeos no sangue dos animais alimentados com glicerina, em comparação aos alimentados com milho ($P=0,006$). Não foi verificado efeito das fontes de proteína sobre os parâmetros metabólicos sanguíneos (Tabela 7).

Os tempos de alimentação, ruminação, mastigação e ócio não foram influenciados pelas fontes energéticas e proteicas utilizadas, entretanto o número de períodos ruminando e o tempo gasto por período ruminando foram influenciados pelas fontes energéticas utilizadas. Os búfalos alimentados com glicerina como fonte de energia, tiveram maior número de períodos ruminando ao longo do dia, entretanto o tempo gasto ruminando foi maior em animais alimentados com milho.

Houve interação fonte de energia e fonte de proteína sobre a eficiência de ruminação em g MS/ hora e g FDN/hora ($P<0,05$). Com menor eficiência de ruminação (em g MS/ hora) e (g FDN/hora) observado quando os animais foram alimentados com glicerina associada ao farelo de soja, como fonte de energia e proteína, respectivamente.

Na tabela 11 são apresentadas as variáveis dos parâmetros metabólicos ruminais, houve efeito de fonte de energia para pH, produção de acetato, propionato, butirato e relação C2:C3. Observando que o pH ruminal foi mais elevado em animais alimentados com a fonte energética glicerina em comparação ao milho. A concentração de acetato foi menor no rúmen dos animais alimentados com glicerina, e esses animais tiveram maior concentração de propionato e butirato ruminal, o que acarretou menor relação C2:C3.

Tabela 4 – Consumo e digestibilidade dos componentes nutricionais em búfalos alimentados com dietas contendo diferentes fontes de energia e proteína

Variável	Energia		Proteína		EPM ¹	Valor de P		
	Milho	Glicerina	Farelo de soja	Torta de algodão		Energia	Proteína	Interação
Consumo (Kg/dia)								
Matéria seca	12,1	11,5	11,3	12,3	1,00	0,199	0,190	0,050
Matéria orgânica	11,5	10,9	10,7	11,9	1,01	0,168	0,051	0,108
Proteína bruta	1,39	1,33	1,31	1,41	0,15	0,282	0,159	0,439
Extrato etéreo	0,30	0,70	0,51	0,49	0,10	<0,001	0,726	0,071
FDN ²	6,81	6,44	6,18	7,08	0,50	0,020	<0,001	0,014
CNF ³	3,29	2,96	3,35	2,90	0,31	0,002	0,009	0,478
FDNi ⁴	1,80	1,73	1,58	1,94	0,13	0,077	<0,001	0,007
FDNpd ⁵	5,05	4,76	4,58	5,24	0,41	0,002	<0,001	0,048
NDT ⁶	8,34	8,37	8,54	8,18	0,93	0,946	0,333	0,536
Consumo (%PV)								
Matéria seca	1,79	1,73	1,66	1,85	0,164	0,141	0,002	0,003
FDN ²	1,00	0,96	0,90	1,06	0,081	0,020	<0,001	<0,001
Digestibilidade (%)								
Matéria seca	71,5	71,6	72,5	70,5	4,46	0,971	0,360	0,575
Matéria orgânica	75,5	76,9	77,9	74,6	4,37	0,286	0,025	0,290
Proteína bruta	70,4	71,7	71,7	70,4	6,17	0,503	0,531	0,233
Extrato etéreo	80,7	89,9	83,5	87,1	3,69	0,004	0,029	0,002
FDN ²	65,1	64,7	65,2	63,6	5,50	0,893	0,350	0,612
CNF ³	81,0	79,1	80,7	79,3	3,06	0,206	0,323	0,299
NDT ⁶	67,9	67,3	69,0	66,2	4,26	0,783	0,177	0,406

¹ EPM Erro padrão da média; ² FDN- Fibra em detergente neutro; ³ CNF- Carboidratos não fibrosos; ⁴ FDNi- Fibra em detergente neutro indigestíveis; ⁵ FDNpd- Fibra em detergente neutro potencialmente digestíveis; ⁶ NDT- Nutrientes digestíveis totais.

Tabela 5- Desdobramento do consumo de FDN (Kg), consumo de FDNpd (kg), consumo de FDNi (Kg), consumo de matéria seca (%PV), consumo de FDN (%PV) e coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo (%)

Váriavel	Fonte de energia	Fonte de proteína		Valor de P
		Farelo de soja	Torta de algodão	
CFDN (kg)	Milho	6,57 Ba	7,06 Aa	0,020
	Glicerina	5,78 Bb	7,10 Aa	<0,001
	Valor de P	0,005	0,795	-
CFDNpd (kg)	Milho	4,90 Ba	5,21 Aa	0,002
	Glicerina	4,61 Bb	5,27 Aa	<0,001
	Valor de P	0,001	0,769	-
CFDNi (kg)	Milho	1,70 Ba	1,91 Aa	0,005
	Glicerina	1,47 Bb	1,98 Aa	0,002
	Valor de P	0,007	0,165	-
CMS (%PV)	Milho	1,79 Aa	1,80 Aa	0,830
	Glicerina	1,54 Bb	1,91 Aa	<0,001
	Valor de P	0,004	0,094	-
CFDN (%PV)	Milho	0,97 Ba	1,03 Aa	0,009
	Glicerina	0,82 Bb	1,09 Aa	<0,001
	Valor de P	<0,001	0,170	-
CDEE (%)	Milho	75,6 Bb	85,8 Aa	0,001
	Glicerina	91,4 Aa	88,3 Aa	0,117
	Valor de P	0,001	0,233	-

Letras maiúsculas diferem dentro da linha e letras minúsculas diferem dentro da coluna

Não foi verificado efeito das fontes de proteína sobre a fermentação ruminal, entretanto, com excessão da relação C2:C3, houve efeito de tempo para todas as variáveis dos parâmetros metabólicos ruminais.

Tabela 6 – Balanço de nitrogênio em búfalos alimentados com dietas contendo diferentes fontes de energia e proteína

Variável	Fonte de energia		Fonte de proteína		EPM ¹	Valor de P		
	Milho	Glicerina	Farelo de soja	Torta de algodão		Energia	Proteína	Interação
N - Ingerido (g/dia)	222	212	209	225	20,7	0,209	0,148	0,160
N - Urina (g/dia)	64,5	58,3	60,3	62,5	9,86	0,257	0,665	0,879
N - Fecal (g/dia)	64,3	58,5	57,4	65,4	9,39	0,264	0,139	0,096
N - Retido (g/dia)	91,4	79,8	78,3	92,9	22,0	0,334	0,234	0,362

¹ EPM Erro padrão da média.

Tabela 7 - Metabolitos sanguíneos em búfalos alimentados com dietas contendo diferentes fontes de energia e proteína

Variável	Fonte de energia		Fonte de proteína		EPM ¹	Valor de P		
	Milho	Glicerina	Farelo de soja	Torta de algodão		Energia	Proteína	Interação
Albumina (mg/dl)	2,96	2,96	3,00	2,92	0,345	0,956	0,380	0,395
Proteína total (mg/dl)	6,38	6,24	6,38	6,24	0,467	0,450	0,540	0,282
Globulina (mg/dl)	3,42	3,43	3,52	3,33	0,61	0,967	0,476	0,149
Ureia (mg/dl)	41,2	43,6	42,8	42,1	3,00	0,098	0,562	0,055
Triglicerídeos (mg/dl)	42,0	44,7	43,2	43,5	2,48	0,006	0,617	0,051

¹ EPM Erro padrão da média.

Tabela 8- Tempo de alimentação, ruminação e ócio em búfalos alimentados com dietas contendo diferentes fontes de energia e proteína

Variável	Fonte de energia		Fonte de proteína		EPM ¹	Valor de P		
	Milho	Glicerina	Farelo de soja	Torta de algodão		Energia	Proteína	Interação
Alimentação								
Min/dia	334	329	338	335	35,2	0,426	0,828	0,786
Min/ Kg MS	28,2	26,7	27,4	27,5	10,9	0,402	0,944	0,565
Min/Kg FDN	50,2	47,4	49,8	47,8	17,1	0,409	0,535	0,556
Ruminação								
Min/dia	465	460	462	453	53,6	0,309	0,081	0,104
Min/Kg MS	39,8	40,9	39,8	40,8	4,38	0,493	0,546	0,137
Min/Kg FDN	70,6	69,8	72,5	67,9	8,69	0,870	0,328	0,139
Mastigação								
Min/dia	797	789	799	788	67,5	0,794	0,733	0,113
Min/ Kg MS	68,0	67,3	68,7	66,6	9,74	0,807	0,433	0,097
Min/ Kg FDN	121	126	131	116	17,3	0,454	0,057	0,063
Seg/bolo	55,2	58,7	58,0	55,9	4,18	0,141	0,372	0,226
Nº/bolo	40,0	45,0	43,1	41,8	3,97	0,054	0,539	0,539
Nº/dia	19654	21647	20932	20369	2380	0,145	0,652	0,194
Ócio								
Min/dia	641	651	640	652	67,5	0,794	0,733	0,112

¹ EPM Erro padrão da média.

Tabela 9- Número de períodos e tempo gasto por período de alimentação, ruminação e ócio em búfalos alimentados com dietas contendo diferentes fontes de energia e proteína

Variável	Fonte de energia		Fonte de proteína		EPM ¹	Valor de P		
	Milho	Glicerina	Farelo de soja	Torta de algodão		Energia	Proteína	Interação
	Número de períodos (nº/dia)							
Alimentando	8,63	8,38	7,88	9,13	1,70	0,779	0,193	0,260
Ruminando	13,6	15,9	15,0	14,5	1,75	0,004	0,589	0,785
Ocio	17,9	20,3	18,5	19,7	2,26	0,260	0,188	0,613
	Tempo gasto por período (min)							
Alimentando	41,4	38,7	40,2	39,9	23,4	0,679	0,970	0,100
Ruminando	33,4	26,2	30,6	29,5	4,78	0,003	0,425	0,100
Ocio	36,0	34,3	35,7	34,7	4,32	0,472	0,667	0,223

¹EPM Erro padrão da média.

Tabela 10- Eficiência de alimentação e ruminação em búfalos alimentados com dietas contendo diferentes fontes de energia e proteína

Variável	Fonte de energia		Fonte de proteína		EPM ¹	Valor de P		
	Milho	Glicerina	Farelo de soja	Torta de algodão		Energia	Proteína	Interação
Eficiência de alimentação								
g MS/hora	2,00	2,00	1,87	2,14	0,318	0,980	0,141	0,318
g FDN/hora	1,13	1,23	1,13	1,22	0,235	0,433	0,445	0,894
Eficiência de ruminação								
g MS/hora	1,69	1,71	1,63	1,77	0,345	0,833	0,253	0,031
g FDN/hora	0,95	0,97	0,90	1,02	0,168	0,728	0,106	0,038
Nº bolo/dia	493	481	486	488	64,97	0,728	0,959	0,391
Nº bolo/hora	20,5	20,0	20,3	20,3	2,70	0,728	0,961	0,391
Váriavel	Fonte de energia	Fonte de proteína		Valor de P				
		Farelo de soja	Torta de algodão					
Eficiência de ruminação (g MS/hora)	Milho	1,78 Aa	1,60 Aa	0,318				
	Glicerina	1,49 Ba	1,94 Aa	0,023				
	Valor de P	0,090	0,089	-				
Eficiência de ruminação (g FDN/hora)	Milho	0,97Aa	0,92 Aa	0,611				
	Glicerina	0,83 Ba	1,10 Aa	0,015				
	Valor de P	0,123	0,091	-				

¹ EPM Erro padrão da média.

Tabela 11 – Parâmetros metabolitos ruminais em búfalos alimentados com dietas contendo diferentes fontes de energia e proteína

Variável	Fonte de energia		Fonte de proteína		EPM ¹	Valor de P						
	Milho	Glicerina	Farelo de soja	Torta de algodão		Energia	Prot.	E x P ²	Tempo ⁹	E x T ³	P x T ⁴	ExPxT ⁵
pH	6,45	6,60	6,50	6,54	0,26	<0,001	0,250	0,468	<0,001	0,998	0,483	0,930
N- NH ₃ (mg/dL) ⁶	17,6	16,7	17,9	16,4	22,0	0,710	0,517	0,688	0,003	0,335	0,278	0,810
					NMol							
AGV Total ⁷	44,1	43,4	44,8	42,7	4,89	0,420	0,360	0,862	<0,001	0,450	0,892	0,207
Acetato	32,6	30,3	32,2	30,7	3,54	0,013	0,065	0,803	<0,001	0,534	0,839	0,306
Propionato	8,87	10,1	9,76	9,24	1,26	0,002	0,085	0,295	<0,001	0,302	0,663	0,087
Butirato	2,57	2,95	2,78	2,74	0,45	0,013	0,765	0,915	<0,001	0,474	0,608	0,489
C2:C3	3,70	3,02	3,36	3,36	0,27	<0,001	0,956	0,303	0,058	0,395	0,051	0,207
					(%)							
Acetato	74,1	69,8	72,0	71,9	1,89	<0,001	0,852	0,419	0,040	0,446	0,113	0,542
Propionato	20,1	23,3	21,8	21,7	1,35	<0,001	0,829	0,301	0,043	0,369	0,052	0,208
Butirato	5,84	6,83	6,23	6,44	0,72	0,015	0,516	0,962	0,002	0,687	0,434	0,959

¹EPM-Erro padrão da média. ²ExP- Interação energia proteína, ³ExT- Interação energia tempo, ⁴PxT- Interação proteína tempo, ⁵ExPxT- Interação energia, proteína e tempo, ⁶N- NH₃ (mg/dL)- Nitrogênio amoniacal; ⁷AGV Total- Ácidos graxos totais; ⁸CH₄ (mol/100 mol)- Metano entérico. ⁹Efeito do tempo: pH- $Y = -0,0004x^3 + 0,0062x^2 - 0,026x + 6,5559$ $R^2 = 0,54$; N-NH₃- $Y = 0,0244x^3 - 0,4588x^2 + 2,2064x + 15,474$ $R^2 = 0,44$; AGV total- $Y = 0,5185x + 40,622$ $R^2 = 0,72$; Acetato (nMol)- $Y = 0,3344x + 29,466$ $R^2 = 0,68$; Propionato (nMol)- $Y = 0,019x^2 - 0,1029x + 9,1308$ $R^2 = 0,83$; Butirato (nMol)- $Y = 0,0585x + 2,4133$ $R^2 = 0,86$; Acetato (%)- $Y = -0,0766x + 72,415$ $R^2 = 0,45$; Propionato (%)- $Y = 0,0208x^2 - 0,2283x + 21,998$ $R^2 = 0,57$; Butirato (%)- $Y = 0,0549x + 6,0057$ $R^2 = 0,68$.

DISCUSSÃO

A ingestão de componentes nutricionais nos animais é influenciada pela composição da dieta, disponibilidade, aceitabilidade da dieta e mecanismos regulatórios (ADEYEMI et al., 2015). O maior consumo de EE observado nos búfalos alimentados com glicerina é explicado pelo maior teor desse componente nutricional na glicerina (33% EE) em comparação ao milho (3,54% EE), o que relacionado com a falta de efeito sobre o consumo de MS pelas fontes energéticas, elevou o consumo de EE. De forma semelhante, o maior consumo de CNF pelos animais alimentados com milho é fundamentado pelo maior teor de CNF nesta fonte de energia e ausência deste componente nutricional na glicerina. De forma semelhante às fontes energéticas, o maior consumo de CNF observado no farelo de soja é apoiado pela maior proporção de CNF no farelo de soja (31,7% CNF) em comparação a torta de algodão (17,2% CNF).

O consumo de FDN (kg/dia), FDNi (kg/dia) e FDNpd (kg/dia) inferior na dieta que continha glicerina, como fonte energética, associada ao farelo de soja, como fonte proteica, é justificado pela ausência desses componentes na glicerina bruta e baixas proporções no farelo de soja. Como não houve diferença no consumo de MS, a baixa proporção de um componente nutricional nos ingredientes utilizados, reduz o consumo daquele componente nutricional pelo animal.

O menor consumo de MS (%PV) verificado na dieta que continha glicerina e farelo de soja, como fonte energética e proteica, respectivamente, foi em decorrência do maior teor de extrato etéreo presente nessa dieta, oriundo da inclusão de 16,3% de glicerina com 33% de ácidos graxos, na dieta. Segundo Granja-Saledo et al. (2017), o teor elevado de EE na dieta reduz o consumo de MS nos animais, por reduzir a digestibilidade da fibra, causando enchimento ruminal, ou ativando o fator quimiostático no centro da saciedade, em consequência do aumento de ácidos graxos livres no sangue (ALLEN, 2000). Similarmente a menor proporção de FDN nessa dieta, reduziu o consumo de FDN (%PV).

A digestibilidade do EE inferior nos animais alimentados com milho, como fonte de energia, e farelo de soja, como fonte proteica, está associado ao teor mais elevado de EE encontrado na dieta glicerina e torta que algodão, no qual apresenta em sua composição maior concentração de ácidos graxos instaurados. Quanto maior o fluxo de ácidos graxos insturados para o intestino delgado, maior a digestibilidade do EE, pois

ácidos graxos insaturados por serem mais fluidos, são mais digestíveis do que os ácidos graxos saturados (NRC, 2001). Eiras et al.(2018) e Chanjula et al. (2016) também observaram aumento na digestibilidade do EE quando as dietas apresentava maiores teor de EE.

O maior teor de triglicerídeos sanguíneo nos animais alimentados com glicerina, é resultado do maior consumo e digestibilidade do EE. Segundo Andrade et al. (2018),e colaboradores a síntese endógena de triglicerídeos no fígado e a variação de triglicerídeos livres são resultado da ingestão e absorção lipídica.

Animais ruminantes modificam o comportamento ingestivo a fim de alcançar e manter o nível de ingestão de acordo com as necessidades (PERAZZO et al., 2017). A glicerina é capaz de inibir a adesão e ação dos microrganismos nas partículas dos alimentos, especialmente sobre a fração fibrosa (VAN CLEEF et al., 2015), reduzindo a digestibilidade da FDN, entretanto no presente estudo não foi verificado redução na digestão da fração fibrosa, possivelmente esse efeito não foi significativo devido ao aumento no número de períodos de ruminação dos animais alimentados com glicerina, em virtude da necessidade de reduzir o tamanho de partícula da digesta, para aumentar a eficiência digestiva. O aumento no número de período ruminando nos animais alimentados com glicerina reduz o tempo gasto por período.

A eficiência de ruminação é influenciada pelo consumo de MS e FDN, de modo que, quanto menor o consumo menor a eficiência (SILVA et al., 2018). Assim, a menor eficiência de ruminação gMS/ hora e gFDN/hora verificada na dieta glicerina associada ao farelo de soja em comparação a dieta glicerina associada à torta de algodão, pode ser justificada pelo menor consumo de MS e FDN nos animais alimentados com essa dieta, uma vez que os tempos gastos com ruminação não foram influenciados.

O maior teor do pH ruminal em animais alimentados com glicerina se deve a redução na extensão da fermentação ruminal, visto que, aproximadamente 75% do glicerol que chega no rúmen, escapa da fermentação ruminal (OMAZIC et al. (2015), além do glicerol promover redução na produção de lactato (FÁVARO et al., 2015). Outro fato que pode explicar o aumento do pH ruminal é o teor elevado de ácidos graxos (33%) presente na glicerina utilizada, já que ácidos graxos não são fermentados pelos microrganismos ruminais. No entanto, é importante ressaltar que apesar do efeito causado no pH ruminal, o intervalo para essa variável está entre 6,45 e 6,60, permanecendo dentro do intervalo de 6,0 a 7,0, no qual é considerado uma faixa ótima

para a atividade das bactérias celulolíticas e para a digestão proteica, segundo Chanjula et al. (2016).

A menor concentração e proporção de ácido acético e a maior concentração e proporção de propionato e butirato no rúmen de búfalos alimentados com glicerina, como fonte de energia, está associado a mudanças nas espécies de microrganismos ruminais (SHIN et al., 2012). Segundo Van Cleef et al. (2015), glicerina causa efeito deletérios aos microrganismos fibrolíticos, a exemplo do *Ruminococcus flavefaciens* que teve o crescimento inibido com a inclusão de 1% de glicerina no meio (ROGER et al., 1992) e a concentração de DNA de *Butirivibrio fibrisolvens* foi reduzida quando incluído mais de 72 g de glicerol em cultura contínua de fluxo (EL-NOR et al. 2010). Já os microrganismos *Megasphaera elsdenii*, *Streptococcus bovis* e *Selenomonas ruminantium* são os principais fermentadores de glicerina (VAN CLEEF et al., 2015) e apresentam o aumento no crescimento quando a mesma está presente no meio. Importante salientar que esses microrganismos participam da formação do propionato e do lactato, sendo esse substrato para a *Megasphaera elsdenii*, que tem como produto final da fermentação o butirato (SAN VITO et al., 2018).

Devido ao aumento do ácido propiônico e redução no ácido acético no rúmen dos animais alimentados com glicerina, a razão acetato propionato foi reduzida nessas dietas em comparação as dietas com milho.

A produção total de ácidos graxos voláteis foi menor no rúmen dos animais alimentados com torta de algodão, com a substituição do farelo de soja por torta de algodão, houve aumento no teor de lignina na dieta, o que limita o acesso de microrganismos aos polissacarídeos, resultando em menor digestão e menor produção total de ácidos graxos (PALMA, et al., 2013).

CONCLUSÃO

A substituição do milho pela glicerina bruta na dieta de búfalos proporcionou efeitos positivos sobre a fermentação ruminal. A torta de algodão não modifica a fermentação ruminal, podendo substituir totalmente o farelo de soja.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADEYEMI, K. D., SAZILI, A. Q., EBRAHIMI, M., SAMSUDIN, A. A., ALIMON, A. R., KARIM, R., KARSANI, S. A.; SABOW, A. B. (2016). Effects of blend of canola oil and palm oil on nutrient intake and digestibility, growth performance, rumen fermentation and fatty acids in goats. **Animal Science Journal**, v. 87, n. 9, p. 1137-1147, 2016.
- ALLEN, M. S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *Journal of dairy science*, v. 83, n. 7, p. 1598-1624, 2000.
- ANDRADE, G. P., CARVALHO, F. F. R., BATISTA, Â. M. V., PESSOA, R. A. S., DA COSTA, C. A., CARDOSO, D. B., MACIEL, M.V. Evaluation of crude glycerin as a partial substitute of corn grain in growing diets for lambs. **Small ruminant research**, v. 165, p. 41-47, 2018.
- AOAC, 2002. **Official methods of analysis** (17th ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.
- AOAC, 2005. **Official Methods of Analysis** (18th ed.) Assoc. Off. Anal. Chem., Gaithersburg, MD, USA.
- ASSIS, D. D. Y., CARVALHO, G. G. P., MAURO SANTOS, D. E., ALMEIDA DE OLIVEIRA, D. F., GARCIA MELO LOPES DE ARAÚJO, D. M. L., DOS SANTOS PINA, D. D., SANTOS, S.A., RUFINO, L.M.A. Cottonseed cake as a substitute of soybean meal for goat kids. *Italian Journal of Animal Science*, v.18, n.1, p. 124-133, 2018.
- BENEDETI, P. D. B., FONSECA, M. A., SHENKORU, T., MARCONDES, M. I., DE PAULA, E. M., DA SILVA, L. G., FACIOLA, A. P. Does partial replacement of corn with glycerin in beef cattle diets affect in vitro ruminal fermentation, gas production kinetic, and enteric greenhouse gas emissions?. **PloS one**, v. 13, n. 6, p. e0199577, 2018.
- BÜRGER, P. J., PEREIRA, J. C., QUEIROZ, A. C. D., COELHO DA SILVA, J. F., VALADARES FILHO, S. D. C., CECON, P. R., CASALI, A. D. P. Ingestive behavior in Holstein calves fed diets with different concentrate levels. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 1, p. 236-242, 2000.
- CASTAGNINO, P. S., DALLANTONIA, E. E., FIORENTINI, G., SAN VITO, E., MESSANA, J. D., LIMA, L. O., SIMIONI, T.A., BERCHIELLI, T. T. Changes in ruminal fermentation and microbial population of feedlot Nellore cattle fed crude

glycerin and virginiamycin. **Animal feed science and technology**, v. 242, p. 69-76, 2018.

CHANJULA, P., PONGPRAYOON, S., KONGPAN, S., CHERDTHONG, A. Effects of crude glycerin from waste vegetable oil supplementation on feed intake, ruminal fermentation characteristics, and nitrogen utilization of goats. **Tropical animal health and production**, v. 48, n. 5, p. 995-1004, 2016.

EIRAS, D. N., CARVALHO, G. G. P., LEITE, L. C., EIRAS, C. E., FREITAS JÚNIOR, J. E., PINA, D. S., FERREIRA, F. G., SANTOS, G. T., GRANDE, P. A. Crude glycerin in the feed supplementation of lactating goats on pasture. **Small Ruminant Research**, v.168, p.39-46.2018.

EIRAS, D. N., DE CARVALHO, G. G. P., LEITE, L. C., EIRAS, C. E., FREITAS JÚNIOR, J. E., DOS SANTOS PINA, D., FERREIRA, F. G., SANTOS, G.T., GRANDE, P. A. Crude glycerin in the feed supplementation of lactating goats on pasture. **Small ruminant research**, v. 168, p. 39-46, 2018.

EL-NOR, S. A., ABUGHAZALEH, A. A., POTU, R. B., HASTINGS, D., KHATTAB, M. S. A. Effects of differing levels of glycerol on rumen fermentation and bacteria. **Animal Feed Science and Technology**, v. 162, n. 3-4, p. 99-105, 2010.

FÁVARO, V. R., EZEQUIEL, J. M. B., D'AUREA, A.P., VAN CLEEF, E. H.C. B., SANCANARI, J. B. D., SANTOS, V. C., HOMEM JUNIOR, A. C. Glycerin in cattle feed: intake, digestibility, and ruminal and blood parameters. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 3, p. 14, 2015.

FOLDAGER, J. Protein requirement and non protein nitrogen for high producing cow in early lactation. 1977. **Thesys (Doctoral)-Michigan State University, East Lansing**, 1977.

GRANJA-SALCEDO, Y. T., DE SOUZA, V. C., DIAS, A. V. L., GOMEZ-INSUASTI, A. S., MESSANA, J. D., BERCHIELLI, T. T. Diet containing glycerine and soybean oil can reduce ruminal biohydrogenation in Nellore steers. **Animal feed science and technology**, v. 225, p. 195-204, 2017.

HALL, M. B. Calculation of non-structural carbohydrate content of feeds that contain non-protein nitrogen. **Gainesville: University of Florida**, p. A25-A32, 2000.

KULASEK, G. A micromethod for determining urea in blood plasma, whole blood and blood corpuscles with the use of urease and phenol reagent. **Polskie Archiwum Weterynaryjne**, v. 15, n. 4, p. 801-810, 1972.

- LICITRA, G., HERNANDEZ, T. M., VAN SOEST, P. J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v. 57, n. 4, p. 347-358, 1996.
- MERTENS, D. R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC international**, v. 85, n. 6, p. 1217-1240, 2002.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle: 2001**. National Academies Press, 381p., 2001.
- NICORY, I. M. C., CARVALHO, G. G. P., RIBEIRO, O. L., SILVA, R. R., TOSTO, M. S. L., COSTA-LOPES, L. S., SOUZA, F.N.C., NASCIMENTO, C.O. Ingestive behavior of lambs fed diets containing castor seed meal. **Tropical Animal Health and Production**, v. 47, n. 5, p. 939-944, 2015.
- OMAZIC, A.W., KRONQVIST, C., ZHONGYAN, L., MARTENS, H., HOLTENIUS, K. The fate of glycerol entering the rumen of dairy cows and sheep. **Journal of animal physiology and animal nutrition**, v. 99, n. 2, p. 258-264, 2015.
- PALMA, S. M. O., MEALE, S. J., PEREIRA, L. G. R., MACHADO, F. S., CARNEIRO, H., LOPES, F. C. F., MAURÍCIO, R.M., CHAVES, A. V. In vitro fermentation, digestion kinetics and methane production of oilseed press cakes from biodiesel production. **Asian-Australasian journal of animal sciences**, v. 26, n. 8, p. 1102, 2013.
- PERAZZO, A. F., HOMEN NETO, S. D. P. H., RIBEIRO, O. L., SANTOS, E. M., DE CARVALHO, G. G. P., DE OLIVEIRA, J. S., BEZERRA, H. F. C., CAMPOS, F. S., E FREITAS JUNIOR, J. E. Intake and ingestive behavior of lambs fed diets containing ammoniated buffel grass hay. **Tropical animal health and production**, v. 49, n. 4, p. 717-724, 2017.
- POLLI, V. A., RESTLE, J., SENNA, D. B. D., ALMEIDA, S. D. Aspectos relativos à ruminação de bovinos e bubalinos em regime de confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 25, n. 5, p. 987-993, 1996.
- ROGER, V., FONTY, G., ANDRE, C., GOUET, P. Effects of glycerol on the growth, adhesion, and cellulolytic activity of rumen cellulolytic bacteria and anaerobic fungi. **Current microbiology**, v. 25, n. 4, p. 197-201, 1992.
- SAN VITO, E., GRANJA-SALCEDO, Y. T., LAGE, J. F., OLIVEIRA, A. S., GIONBELLI, M. P., MESSANA, J. D., DALLANTONIA, E. E., REIS, R.A. BERCHIELLI, T. T. Crude glycerin as an alternative to corn as a supplement for beef

cattle grazing in pasture during the dry season. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, n. 5, p. 2215-2232, 2018.

SHIN, J. H., WANG, D., KIM, S. C., ADESOGAN, A. T., STAPLES, C. R. Effects of feeding crude glycerin on performance and ruminal kinetics of lactating Holstein cows fed corn silage- or cottonseed hull-based, low-fiber diets. **Journal of dairy science**, v. 95, n. 7, p. 4006-4016, 2012.

SILVA, P. DE A., CARVALHO, G. G. P., PIRES, A. J. V., SANTOS, S. A., PINA, D. S., SILVA, R. R., RODRIGUES, C. S., MATOS, L. H. A., EIRAS, D. N., NUNES, W. S. Feeding behavior of feedlot lambs fed diets containing levels of cassava wastewater. **Tropical animal health and production**, v. 50, n. 4, p. 721-726, 2018.

SILVA, R. V. M. M., CARVALHO, G. G. P., PIRES, A. J. V., PEREIRA, M. L. A., PEREIRA, L., CAMPOS, F. S., PERAZZO, A.F., ARAÚJO, M.L.G.M.L., NASCIMENTO, C.O., SANTOS, S.A., TOSTO, M.S.L., RUFINO, L. M.A. CARVALHO, B.M.A. Cottonseed cake in substitution of soybean meal in diets for finishing lambs. **Small Ruminant Research**, v. 137, p. 183-188, 2016.

VALADARES FILHO, S.C., LOPES, S.A., MACHADO, P.A.S.; CHIZZOTTI, M.L., AMARAL, H.F., MAGALHÃES, K.A., ROCHA JÚNIOR, V.R., CAPELLE, E.R. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos**. Viçosa-UFV. 2015

VALENTE, T. N. P., DETMANN, E., SAMPAIO, C. B. Recent advances in evaluation of bags made from different textiles used in situ ruminal degradation. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 95, n.4, p. 493-498, 2015.

VAN CLEEF, E. H. C. B., ALMEIDA, M. T. C., PEREZ, H. L., PASCHOALOTO, J. R., CASTRO FILHO, E. S., EZEQUIEL, J. M. B. Effects of partial or total replacement of corn cracked grain with high concentrations of crude glycerin on rumen metabolism of crossbred sheep. **Small ruminant research**, v. 159, p. 45-51, 2018.

VAN CLEEF, E. H. C. B., ALMEIDA, M. T. C., PEREZ, H. L., VAN CLEEF, F. O. S., SILVA, D. A. V., EZEQUIEL, J. M. B. Crude glycerin changes ruminal parameters, in vitro greenhouse gas profile, and bacterial fractions of beef cattle. **Livestock Science**, v. 178, p. 158-164, 2015.

VAN SOEST, P. V., ROBERTSON, J. B., LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.

YANG, F., HANNA, M. A., SUN, R. Value-added uses for crude glycerol--a byproduct of biodiesel production. **Biotechnology for biofuels**, v. 5, n. 1, p. 13, 2012.

CAPÍTULO 5

**Locais de coleta da digesta para a estimativa do fluxo ruminal em
bubalinos submetidos a dietas com diferentes fontes de energia e
proteína**

Locais de coleta da digesta para a estimativa do fluxo ruminal em bubalinos submetidos a dietas com diferentes fontes de energia e proteína

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos de diferentes sítios (retículo e omaso) no fluxo ruminal de búfalos alimentados com dietas com coprodutos do biodiesel em substituição aos alimentos concentrados tradicionais. E avaliar os efeitos da substituição do milho por glicerina bruta e do farelo de soja por torta de algodão, associadas ou não, em dieta para búfalos, sobre a digestão de nutrientes no rúmen, cinética ruminal e fluxo pós-ruminal. Quatro búfalos da raça Murrah, machos, canulados no rúmen, com peso médio inicial de $637 \pm 66,37$ Kg foram distribuídos em delineamento em quadrado latino 4×4 , em esquema fatorial 2×2 , com duas fontes de energia (milho moído e glicerina bruta) e duas fontes de proteína (farelo de soja e torta de algodão) utilizadas no concentrado, foram utilizados as seguintes dietas experimentais: 1) Dietas milho moído + farelo de soja a base de concentrado com farelo de soja, milho moído, mistura mineral e ureia; 2) Glicerina + torta de algodão, composta por glicerina, torta de algodão, mistura mineral e ureia; 3) milho moído + torta de algodão, composta pelo concentrado controle, substituindo o farelo de soja por torta de algodão e; 4) Glicerina + farelo de soja: composta pelo concentrado controle, substituindo o milho moído por glicerina bruta. Houve efeito de energia para o conteúdo ruminal MS, conteúdo ruminal de FDN, FDNi, FDNpd, pool ruminal de MS, MO, FDN e FDNpd com maiores teores quando os animais foram alimentados com glicerina ($p < 0,05$), entretanto, causou menor digestibilidade da FDN e FDNpd. O conteúdo ruminal de FDN e FDNpd foi maior nos animais alimentados com torta de algodão, como fonte de proteína ($p < 0,05$). A taxa de digestão da FDNpd, a taxa de passagem da FDNi e digestibilidade ruminal da FDNpd foi maior quando a coleta foi realizada no omaso ($p < 0,05$), contudo a taxa de passagem da FDNpd foi superior na amostragem do retículo. As coletas omasais foram mais representativas, no presente experimento, entretanto, mais pesquisas são necessárias avaliando a cinética ruminal em búfalos alimentados com diferentes dietas experimentais. A substituição total do milho pela glicerina promoveu menor digestibilidade ruminal da FDN, devendo ter cuidados na utilização dessa fonte energética quando for utilizada. A torta de algodão não causa diferença na dinâmica ruminal, podendo substituir totalmente o farelo de soja na dieta de búfalos confinados.

Palavras-chave: cinética ruminal, coprodutos do biodiesel, energia, proteína.

Digesta collection sites for ruminal flow estimation in buffaloes fed diets with different energy and protein sources

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the effects of different sites (reticulum and omaso) on the ruminal flow of buffalo fed diets with biodiesel co-products in substitution to traditional concentrate feeds. And to evaluate the effects of the substitution of corn by crude glycerin and soybean meal by cottonseed meal, associated or not, in a buffalo diet, on rumen nutrient digestion, ruminal kinetics and post-ruminal flow. Four rumen cannulated male Murrah buffaloes with initial mean weight of 637 ± 66.37 kg were distributed in a 4 x 4 latin square design, in a 2x2 factorial scheme, with two energy sources (ground corn and crude glycerin). and two protein sources (soybean meal and cottonseed meal) used in the concentrate, the following experimental diets were used: 1) Diets ground corn + soybean meal concentrate with soybean meal, ground corn, mineral mixture and urea ; 2) Glycerin + cotton cake, consisting of glycerin, cotton cake, mineral mixture and urea; 3) ground corn + cotton cake, composed by the control concentrate, replacing soybean meal with cotton cake and; 4) Glycerin + soybean meal: composed by the control concentrate, replacing ground corn with crude glycerin. There was an energy effect on ruminal content DM, ruminal content of NDF, NDF, NDFpd, ruminal pool of MS, OM, NDF and NDFpd with higher contents when the animals were fed glycerin ($p < 0.05$), however, caused lower NDF and NDFd digestibility. The ruminal content of NDF and NDFd was higher in animals fed cotton cake as a protein source ($p < 0.05$). The NDFp digestion rate, the NDFp passage rate and rumen NDFp digestibility were higher when the collection was performed on the womb ($p < 0.05$), however the NDpF passage rate was higher in the reticulum sampling. Omasal collections were more representative in the present experiment. However, further research is needed to evaluate ruminal kinetics in buffalo fed different experimental diets. The total substitution of corn by glycerin promoted lower ruminal digestibility of NDF, and care should be taken to use this energy source when used. Cottonseed cake makes no difference in ruminal dynamics and can completely replace soybean meal in the diet of confined buffalo.

Key words: ruminal kinetics, biodiesel co-products, energy, protein.

INTRODUÇÃO

As diferenças observadas no desempenho dos animais, quando se avalia diferentes dietas, podem ser fundamentadas nas mudanças digestivas nos diferentes compartimentos do trato (ROTTA et al., 2014), sendo importante avaliar mais detalhadamente o processo de digestão para que possamos inferir sobre determinada dieta. Entretanto, a escolha do melhor compartimento para a realização das coletas deve ser cuidadosamente avaliada, pois cada compartimento apresenta restrições na utilização.

A maioria dos trabalhos utilizam o método de coleta abomasal (BETTERO et al., 2017; FREITAS JÚNIOR et al., 2018) ou duodenal (PACHECO et al., 2012; PATTON et al., 2015), entretanto animais canulados nessas regiões necessitam de cuidado especial e a permanência desses animais em experimentos são menores (HRISTOV, 2007), se comparados aos animais canulados no rúmen, além disso o abomaso é um compartimento que há secreções metabólicas o que pode subestimar o fluxo da digesta pela amostragem não representativa. Neste sentido, foram propostas coletas reticulares (HRISTOV, 2007) ou omasais (HUHTANEN et al., 1997) como método de substituir as coletas no abomaso e duodeno, pois as coletas nesses compartimentos necessitam de menor intervenção cirúrgica e possuiu menor contaminação por secreções (HUHTANEN et al., 2010).

Entretanto, se faz necessário a avaliação de coleta no omaso e retículo utilizando diferentes volumosos ou dietas, para verificar se há a influência da dieta sobre a dinâmica ruminal. Portanto, o objetivo primário deste estudo foi avaliar os efeitos de diferentes sítios (retículo e omaso) no fluxo ruminal de búfalos alimentados com dietas com coprodutos do biodiesel em substituição aos alimentos concentrados tradicionais. Em segundo lugar, avaliamos os efeitos da substituição do milho por glicerina bruta e do farelo de soja por torta de algodão, associadas ou não, em dieta para búfalos, sobre a digestão de nutrientes no rúmen, cinética ruminal e fluxo pós-ruminal.

MATERIAL E MÉTODOS

Local, animal e instalações

Todos os procedimentos e protocolos utilizados no presente experimento foram aprovados pelo Comitê de Ética em Uso Animal da Universidade Federal da Bahia (CEUA-UFBA), registrada com o nº 71/2018.

O experimento foi realizado na fazenda experimental de Entre Rios - BA pertencente à Universidade Federal da Bahia (UFBA). Foram utilizados quatro búfalos da raça Murrah, machos, canulados no rúmen, com peso médio inicial de $637 \pm 66,37$ kg, distribuídos em delineamento em quadrado latino 4X4, em esquema fatorial 2x2, composta por duas fontes de energia (milho moído e glicerina bruta) e duas fontes de proteína (farelo de soja e torta de algodão). Cada período experimental teve duração de 21 dias, sendo 12 dias de adaptação as dietas experimentais e 9 dias de período de coleta, totalizando 84 dias experimentais. Os animais foram alojados em baias individuais de 10 m², providas de bebedouros e comedouros individuais com acesso irrestrito a água e as dietas experimentais.

Dietas experimentais

As seguintes dietas foram testadas: Dieta 1 (Milho + Farelo de soja) – 70% de feno de capim Transvala + 30% de concentrado, composto por milho moído, farelo de soja, ureia, sal comum e mineral; Dieta 2 (Milho + Torta de algodão) - 70% de feno de capim Transvala + 30% de concentrado composto por milho moído, torta de algodão, ureia, sal comum e mineral; Dieta 3 (Glicerina + Farelo de soja) – 70% de feno de capim Transvala + 30% de concentrado composto por glicerina bruta, farelo de soja, ureia, sal comum e mineral; Dieta 4 (Glicerina bruta + Torta de algodão) – 70% de feno de capim Transvala + 30% de concentrado composto por glicerina bruta, torta de algodão, ureia, sal comum e mineral.

As dietas foram fornecidas em duas refeições diárias, 50% às 8h e 50% às 13h, de forma a permitir de 5 a 10% de sobras. A tabela 1 e 2 apresenta a composição químico-bromatológica dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais.

Tabela 1- Composição química obtida para os ingredientes utilizados nas dietas experimentais

Item (%)	Feno de Transvala	Farelo de Soja	Milho moído	Torta de algodão
Matéria seca	91,5	89,6	88,2	92,5
Matéria Orgânica	90,7	92,7	98,6	95,1
Matéria mineral	9,31	7,27	1,45	4,90

(Continua)

Tabela 1- Composição química obtida para os ingredientes utilizados nas dietas experimentais

Item (%)	(Continuação)			
	Feno de Transvala	Farelo de Soja	Milho moído	Torta de algodão
Proteína bruta	5,81	46,6	9,30	27,6
NIDN ¹	55,9	4,58	13,4	8,52
NIDA ²	10,1	1,00	1,81	4,31
Extrato etéreo	1,70	2,84	3,54	9,84
Carboidratos totais	83,4	43,3	85,7	57,6
FDN ³	74,0	14,0	12,0	43,4
FDNcp ⁴	69,4	11,6	10,7	40,4
CNF ⁵	14,0	31,7	75,0	17,2
FDA ⁶	37,0	6,41	2,10	27,0
FDNi ⁷	18,3	3,30	3,21	16,9
Lignina	4,68	0,27	0,12	6,50
Hemicelulose	32,4	5,19	8,59	13,4
Celulose	32,3	6,14	1,99	20,5

¹ nitrogênio insolúvel em detergente neutro (% do NT); ² nitrogênio insolúvel em detergente ácido (% do NT); ³ fibra em detergente neutro; ⁴ fibra em detergente neutro livre de cinzas e proteína; ⁵ carboidratos não fibrosos; ⁶ fibra em detergente ácido; ⁷ fibra insolúvel em detergente neutro.

Tabela 2 - Composição químico-bromatológica da glicerina bruta utilizado nas dietas experimentais

Item	%
Matéria Seca	73,4
Matéria Orgânica	94,7
Matéria Mineral ¹	5,35
Proteína Bruta	0,05
Glicerol	41,0
Metanol	0,01
Ácidos Graxos Totais	33,0
Ácido Mirístico	0,03
Ácido Palmítico	15,1
Ácido Esteárico	5,25
Ácido Oleico	31,4
Ácido linoleico	47,8
Ácido Araquidônico	0,13
Ácido beênico	0,24

¹Concentrações dos minerais na glicerina utilizada: 24,57 mg /Kg Zinco; 1,00 mg/kg cobre; 37,37 mg/kg de magnésio; 1,963 mg/kg chumbo; 9779 mg/kg sódio; 161,9 mg/kg potássio.

As proporções dos ingredientes utilizados e a composição das dietas experimentais estão apresentadas na tabela 3.

Tabela 3- Porcentagem de inclusão dos ingredientes e química das dietas experimentais

% Ingredientes	Dietas experimentais ¹			
	Milho		Glicerina	
	Farelo de Soja	Torta de Algodão	Farelo de Soja	Torta de Algodão
Feno de transvala	70,0	70,0	70,0	70,0
Milho moído	19,3	12,3	-	-
Farelo de soja	6,01	-	9,00	-
Torta de algodão	-	13,0	-	16,1
Glicerina Bruta	-	-	16,3	9,20
Ureia	1,03	1,03	1,03	1,03
Sal comum	0,64	0,64	0,64	0,64
Mineral ²	3,02	3,02	3,02	3,02
Composição químico-bromatológica (%)				
Matéria seca	91,1	91,6	88,8	90,4
Matéria orgânica	88,2	88,1	87,4	87,6
Proteína bruta	11,6	11,8	11,2	11,5
Extrato etéreo	2,04	2,90	6,82	5,80
FDN ³	51,3	55,1	49,6	55,1
CNF ⁴	29,8	24,9	26,3	21,9

¹Fonte de energia (Milho e Glicerina bruta) e fonte de proteína (Farelo de soja e Torta de algodão);²Níveis de garantia/Kg: 128g Cálcio; 44g Fosforo; 178g Sódio; 12g Enxofre; 5g Magnésio; 107mg Cobalto; 50mg Cobre; 50 mg Iodo; 750mg Manganês; 12mg Selênio; 3,7g Zinco; 1,4g Ferro; 440mg Flúor. ³FDN- Fibra em detergente neutro; ⁴CNF- Carboidratos não fibrosos, calculado de acordo com as equações de hall (2000)

Coleta dos dados

Para a determinação da dinâmica ruminal, todo o conteúdo ruminal foi retirado manualmente através de cânula ruminal 4 horas após a alimentação no 19º dia, e 2,5 horas antes da alimentação no 20º de cada período experimental. O conteúdo ruminal total foi quantificado quanto ao peso e volume e devolvidos ao rúmen. Durante a retirada do conteúdo ruminal, alíquotas de 10% da digesta foram separadas para permitir amostragem acurada. As alíquotas foram filtradas em peneira de nylon (1 mm de porosidade) para separação do conteúdo sólido do líquido, em seguida foram pré secas em estufa de ventilação forçada, moídas em peneiras de crivo de 1 e 2 mm e acondicionadas em potes plásticos devidamente identificados para posterior análises. O tamanho do pool ruminal de nutrientes foi determinado pela multiplicação da concentração de cada componente pelo peso da digesta MS do rúmen (HARVATINE e ALLEN 2006).

A taxa de renovação ruminal cada componente foi calculada de acordo com Oba e Allen (2003), em que:

$$\text{Taxa de renovação ruminal (\%/h)} = \frac{\text{Consumo do componente (kg/d)}}{\text{Pool ruminal do componente (kg)}} \times \frac{100\%}{24 \text{ h/d}}$$

Para a determinação do fluxo pós ruminal foi utilizado o método de marcador duplo, utilizando o FDNi como marcador da fase sólida e Co-EDTA de fase líquida. O Co-EDTA utilizado foi produzido conforme procedimentos de Udén et al. (1980). A administração, via fistula ruminal, foi realizada cinco dias antes do início da coleta da digesta omasal e reticular até o seu término, a cada 6 horas. As concentrações de Co-EDTA nas digestas foram realizadas através da metodologia de Reynal e Broderick (2005) e FDNi foi determinado na digesta utilizando sacos de tecido não tecido (TNT) incubados em búfalos fistulados por um período de 288 horas, segundo metodologia de Valente et al. (2015).

As concentrações dos marcadores de diferentes fases da digesta foram usadas para o cálculo dos fatores de reconstituição de acordo com as equações de France e Siddons (1986).

As amostras de digesta reticular e omasal foram coletadas entre os dias 14 e 16º do período experimental a cada 9 horas, perfazendo um total de 8 amostras representativa (KRIZSAN et al., 2010), onde foram coletadas 750 ml da digesta, através de bombas á vácuo. As digestas coletadas foram armazenadas a -20° C para posterior análise. Ao final do experimento, as amostras nos diferentes tempos foram descongeladas, misturadas, homogeneizadas e pesadas. Em seguida, as amostras compostas foram filtradas, através de um tecido com malha de 1 mm de porosidade, separando a fase líquida da fase sólida. Foram pré secas em estufas de ventilação forçada e moídas em peneiras de crivo de 1 e 2 mm.

A Taxa de passagem, taxa de digestão e digestibilidade ruminal foram calculados usando as análises de digesta de cada local de amostragem de acordo com as seguintes equações (OBA e ALLEN 2003):

$$\text{Taxa de passagem (\%/h)} = \frac{\text{Fluxo omasal ou reticular do componente (kg/d)}}{\text{Pool ruminal do componente (kg)}} \times \frac{100\%}{24 \text{ h/d}}$$

$$\text{Taxa de digestão (\%/h)} = \text{Taxa de renovação ruminal (\%/h)} - \text{Taxa de passagem (\%/h)}$$

$$\text{Digestibilidade ruminal (\%)} = \frac{\text{Consumido (Kg/dia)} - \text{Fluxo omasal ou reticular (Kg/dia)}}{\text{Consumido (Kg/dia)}}$$

Análise laboratorial

As amostras 1 mm foram analisadas quanto aos teores de matéria seca (MS; método 934.01), matéria mineral (MM; método 942.05), proteína bruta (PB; método 968.06) e extrato etéreo (EE; método 920.39), conforme metodologia descrita pela AOAC (2005). A matéria orgânica (MO) foi obtida mediante a equação: $MO = MS - MM$. Foram determinados os teores de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas (MERTENS, 2002) e proteína (LICITRA et al., 1996) (FDNcp) (utilizando alfa-amilase termoestável sem adição sódio sulfito). Fibra em detergente ácido (FDA) foram determinados de acordo com Van Soest (1991), a lignina foi realizada no resíduo da fibra em detergente ácido com uso de ácido sulfúrico a 72% (método 973.18 da AOAC, 2002). As outras frações da parede celular foram estimadas de acordo com as equações descritas por Van Soest et al. (1991): hemicelulose = $FDN - FDA$, e celulose = $FDA - Lignina$.

Os teores de carboidratos não fibrosos foram calculados conforme descrito por Hall (2000), onde $CNF = 100 - (PB + MM + EE + FDN)$, a equação utilizada para determinação de CNF das dietas experimentais foram realizadas levando em consideração a utilização de ureia, como a seguir: $CNF = 100 - MM - EE - FDNcp - (PB - PBu + U)$.

As amostras de dois mm foram analisados quanto ao teor de FDNi, utilizando sacos de tecido não tecido (TNT) incubados em búfalos fistulados por um período de 288 horas, segundo metodologia de Valente et al. (2015).

A determinação de FDNpd foi realizada através da diferença entre FDN e FDNi. A análise do teor de glicerol, metanol e ácidos graxos da glicerina bruta utilizada foi realizada no Laboratório de Química Instrumental, pertencente ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), através do uso do cromatografo gasosos da marca Agilent Technologies (GC 7890A) equipado com detector de ionização por impacto de elétrons (MS 5975C) e coluna capilar DB-5MS (Agilent Technologies, 30 m comprimento x 0,25 mm diâmetro interno x 0,25 µm espessura do filme).

Análises estatísticas

Os resultados foram submetidos à análise estatística segundo delineamento em quadrado latino (4 x 4) em esquema fatorial 2 x 2 utilizando-se o PROC MIXED do SAS 9.4 de acordo com o modelo abaixo:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + P_j + FE_k + FP_l + FE \times FP_{kl} + \varepsilon_{ijkl}$$

Onde Y_{ijkl} = variável dependente; μ = média geral; A_i = efeito aleatório do animal ($i = 1$ a 4); P_j = efeito aleatório do período ($j = 1$ a 4); FE_k = efeito fixo da fonte de energia ($k =$ milho, glicerol), FP_l = efeito fixo da fonte de proteína ($l =$ soja, algodão), $FE \times FP_{kl}$ = efeito fixo da interação entre fonte de energia e de proteína; ε_{ijkl} = erro aleatório pressuposto $NID \sim (0, \sigma^2)$.

As variáveis obtidas em diferentes sítios de digestão foram analisadas de acordo com o delineamento anterior considerando o local de coleta como medida repetida, usando o PROC MIXED do SAS, segundo o seguinte modelo:

$$Y_{ijklm} = \mu + A_i + P_j + FE_k + FP_l + FE \times FP_{kl} + \varepsilon_{ijkl} + LC_m + FE \times LC_{km} + FP \times LC_{lm} + FE \times FP \times LC_{klm} + \omega_{ijklm}$$

Onde Y_{ijklm} é o valor variável dependente, μ é a média geral, A_i , P_j , FE_k , FP_l , $FE \times FP_{kl}$, ε_{ijkl} foram descritos anteriormente e ω_{ijklm} é o erro aleatório associado ao efeito de local de coleta pressuposto $NID \sim (0, \sigma^2)$; LC_m = é o efeito fixo do local de coleta ($m =$ Retículo e Omaso); $FE \times LC_{km}$ = efeito fixo da interação entre fonte de energia e local de coleta; $FP \times LC_{lm}$ = efeito fixo da interação entre fonte de proteína e local de coleta; $FE \times FP \times LC_{klm}$ = efeito fixo da interação tripla entre proteína, energia e local de coleta.

RESULTADO

Houve efeito de fontes de energia sobre o conteúdo ruminal MN (kg), teor de FDN (%), FDNi(%), FDNpd (%), pool ruminal de MS, MO, FDN e FDNpd (Kg). Apresentando maiores valores de todas as variáveis descritas quando os animais foram alimentados com glicerina, como fonte de energia. Em relação às fontes de proteína, animais alimentados com torta de algodão tiveram maior teor de FDN e FDNpd no ambiente ruminal do que os animais alimentados com farelo de soja ($P < 0,05$).

Foi verificado efeito de sítio de amostragem para o teor de MS (%) na fase fluida, MO (%) e FDNpd (%) nas grandes partículas. O maior teor de MO foi verificado quando a coleta foi realizada no omaso, entretanto, o maior teor de FDNpd foi verificado na digesta quando coletada no retículo.

Animais alimentados com milho, como fonte energética tiveram maior teor de MS (%) na fase fluida e menor teor de FDNpd (%) da digesta, quando comparado aos animais alimentados com glicerina.

Houve efeito do sitio de amostragem para taxa de digestão da FDNpd (%), taxa de passagem da FDNi e FDNpd (%/h), digestibilidade ruminal da FDNpd (%) e fluxo de FDNi (kg/dia) e FDNpd (kg). Verificando maior taxa de digestão da FDNpd, maior taxa de passagem de FDNi (%/h) e maior digestibilidade ruminal (%) quando a amostragem foi realizada no omaso, em relação a taxa de passagem da FDNpd (%/h) e fluxo de FDNpd (kg) houve maior porcentagem para coletas realizadas no reticulo. Já o oposto foi verificado para taxa de passagem da FDNi (%/h) e fluxo de FDNi (kg), com maiores valores observados para coletas omasais.

Houve efeito de fonte de energia para digestibilidade ruminal da FDN e FDNpd, com menores digestão quando os animais foram alimentados glicerina ($P < 0,05$).

Tabela 4 – Caracterização da digesta ruminal em búfalos alimentados com dietas contendo diferentes fontes de energia e proteína

Item	Fonte de energia		Fonte de proteína		EPM ¹	Valor de P		
	Milho	Glicerina	Farelo de soja	Torta de algodão		Energia	Proteína	EXP ²
Conteúdo ruminal MN (kg)	73,9	77,6	76,8	74,7	5,86	0,023	0,109	0,431
Conteúdo ruminal (L)	98,9	104	104	99,0	9,73	0,089	0,105	0,787
	Conteúdo ruminal (%)							
Matéria seca	12,46	12,7	12,5	12,7	0,50	0,234	0,300	0,851
Matéria orgânica	78,0	77,3	77,3	78,0	0,61	0,080	0,051	0,052
FDN ³	44,5	46,3	45,0	45,9	0,79	0,001	0,019	0,130
FDNi ⁴	22,6	23,9	23,4	23,0	0,97	0,020	0,287	0,497
FDNpd ⁵	21,8	22,9	21,9	22,8	0,63	0,005	0,013	0,105
	Pool ruminal (kg)							
Matéria seca	9,10	9,89	9,58	9,42	0,97	0,028	0,550	0,922
Matéria orgânica	7,10	7,65	7,42	7,45	0,70	0,042	0,740	0,963
FDN ³	4,04	4,62	4,36	4,30	0,44	0,010	0,721	0,621
FDNi ⁴	2,20	2,37	2,26	2,30	0,25	0,299	0,776	0,416
FDNpd ⁵	1,95	2,25	2,09	2,10	0,21	0,003	0,761	0,150

¹ EPM-erro padrão da média; ²Interação fonte de energia e fonte de proteína; ³ FDN- Fibra em detergente neutro; ⁴ FDNi- Fibra indigestível em detergente neutro; ⁵FDNpd- Fibra em detergente neutro potencialmente digestível.

Tabela 5 – Composição bromatológica das fases da digesta de acordo com os locais de amostragem e dietas experimentais em búfalos

Item	Sítio de amostragem		Fonte de energia		Fonte de proteína		EPM ¹	Valor de p						
	Reticulo	Omaso	Milho	Glicerina	F.de Soja	Torta de algodão		Energia	Prot ²	ExP ³	Sitio	SxE ⁴	SxP ⁵	SxExP ⁶
Materia seca (%)														
Grandes	22,8	22,0	22,1	22,6	22,1	22,1	1,15	0,258	0,139	0,613	0,068	0,456	0,234	0,608
Fase fluida	2,02	1,97	2,04	1,95	1,97	2,02	0,07	0,001	0,080	0,057	0,054	0,781	0,979	0,669
Matéria orgânica (%)														
Grandes	89,2	90,1	89,5	89,9	89,8	89,6	0,88	0,198	0,279	0,320	0,005	0,483	0,322	0,627
Fase fluida	53,6	53,8	55,4	52,0	54,2	53,2	5,75	0,145	0,648	0,530	0,943	0,486	0,380	0,351
Fibra insolúvel em detergente neutro (%)														
Grandes	66,6	64,6	65,1	66,2	66,3	65,0	2,66	0,066	0,054	0,130	0,081	0,708	0,568	0,837
Fase fluida	8,31	8,17	8,56	7,92	8,47	8,01	2,65	0,501	0,632	0,115	0,883	0,595	0,797	0,478
Fibra indigestível em detergente neutro (%)														
Grandes	39,4	39,1	39,9	38,6	39,1	39,4	2,21	0,117	0,799	0,472	0,777	0,646	0,568	0,421
Fase fluida	2,73	2,94	3,05	2,63	2,60	3,07	0,65	0,139	0,107	0,706	0,342	0,368	0,815	0,927
Fibra potencialmente digestível em detergente neutro (%)														
Grandes	27,3	25,1	25,2	27,6	27,1	25,7	2,47	0,028	0,134	0,251	0,036	0,316	0,170	0,255
Fase fluida	5,58	5,23	5,51	5,29	5,87	4,94	2,40	0,795	0,285	0,100	0,707	0,451	0,835	0,479

¹EPM-Erro padrão da média; ²Prot-Proteína ³ExP- Interação energia proteína; ⁴SxE- Interação energia sitio de digestão; ⁵SxP- Interação proteína sitio de digestão; ⁶SxExP- Interação energia, proteína e sitio de digestão.

Tabela 6 – Cinética ruminal de acordo com os locais de amostragem e dietas experimentais em búfalos

(Continua)

Item	Sítio de amostragem		Fonte de energia		Fonte de proteína		EPM ¹	Valor de p						
	Reticulo	Omaso	Milho	Glicerina	F.de Soja	Torta de algodão		Energia	Prot ²	ExP ³	Sítio	SxE ⁴	SxP ⁵	SxExP ⁶
Taxa de digestão (%/h)														
MS	2,78	2,82	2,93	2,66	2,76	2,85	0,46	0,300	0,725	0,272	0,633	0,988	0,253	0,300
FDN ⁷	3,58	3,58	3,36	3,80	3,90	3,26	0,79	0,330	0,168	0,057	0,999	0,918	0,253	0,991
FDN _{pd} ⁹	5,14	7,45	6,83	5,76	5,95	6,64	1,74	0,171	0,214	0,622	<0,001	0,393	0,857	0,955
Taxa de renovação ruminal (%/h)														
MS	-	-	5,32	5,07	5,21	5,17	0,67	0,447	0,901	0,160	-	-	-	-
MO	-	-	6,15	6,30	6,55	5,91	0,72	0,364	0,080	0,111	-	-	-	-
FDN ⁷	-	-	6,58	6,59	6,72	6,44	0,69	0,970	0,170	0,570	-	-	-	-
FDNi ⁸	-	-	3,37	3,37	3,39	3,35	0,47	0,990	0,842	0,166	-	-	-	-
FDN _{pd} ⁹	-	-	10,30	9,33	9,90	9,72	1,21	0,110	0,768	0,550	-	-	-	-
Taxa de passagem (%/h)														
MS	2,42	2,38	2,45	2,36	2,38	2,43	0,57	0,537	0,747	0,350	0,619	0,983	0,251	0,305
FDN ⁷	2,90	2,84	2,96	2,78	2,83	2,91	0,51	0,364	0,680	0,560	0,757	0,846	0,358	0,766
FDNi ⁸	1,26	3,28	2,37	2,17	2,21	2,33	1,32	0,142	0,360	0,554	<0,001	0,539	0,507	0,563
FDN _{pd} ⁹	4,67	2,35	3,57	3,45	3,78	3,24	1,58	0,715	0,154	0,782	<0,001	0,376	0,858	0,945
Digestibilidade ruminal (%)														
MS	52,1	52,9	54,0	51,0	50,4	54,5	5,06	0,353	0,220	0,431	0,303	0,964	0,194	0,362
MO	57,6	58,1	59,4	56,3	56,0	59,8	5,40	0,353	0,203	0,706	0,387	0,880	0,089	0,219
FDN ⁷	53,4	54,2	55,7	51,9	51,5	55,1	5,73	0,026	0,074	0,633	0,357	0,408	0,162	0,395
FDN _{pd} ⁹	81,1	82,8	83,0	80,9	80,8	82,1	2,42	0,045	0,380	0,906	0,046	0,289	0,711	0,243

Tabela 6 – Cinética ruminal de acordo com os locais de amostragem e dietas experimentais em búfalos

(Continuação)

Item	Sítio de amostragem		Fonte de energia		Fonte de proteína		EPM ¹	Valor de p						
	Reticulo	Omaso	Milho	Glicerina	F.de Soja	Torta de algodão		Energia	Prot ²	ExP ³	Sitio	SxE ⁴	SxP ⁵	SxExP ⁶
	Fluxo de nutrientes (kg/dia)													
MS	5,48	5,48	5,49	5,68	5,41	5,75	0,50	0,428	0,205	0,069	0,131	0,935	0,236	0,791
MO	4,66	4,57	4,59	4,63	4,63	4,60	0,43	0,907	0,940	0,728	0,159	0,779	0,075	0,110
FDN ⁷	3,06	2,98	2,97	3,07	3,04	3,00	0,29	0,575	0,808	0,656	0,095	0,487	0,123	0,266
FDNi ⁸	0,68	1,53	0,61	0,61	0,55	0,67	0,49	0,932	0,117	0,572	0,006	0,607	0,303	0,320
FDNpd ⁹	2,38	1,45	2,36	2,46	2,49	2,33	0,30	0,576	0,401	0,549	0,025	0,358	0,435	0,684

¹EPM-Erro padrão da média; ²Prot-Proteína ³ExP- Intereção energia proteína; ⁴SxE- Interação energia sitio de digestão; ⁵SxP- Interação proteína sitio de digestão; ⁶SxExP- Interação energia, proteína e sitio de digestão; ⁷FDN- Fibra insolúvel em detergente neutro; ⁸FDNi- Fibra indigestível em detergente neutro; ⁹FDNpd- Fibra em detergente neutro potencialmente digestível

DISCUSSÃO

O maior conteúdo da digesta ruminal nos animais alimentados com glicerina possivelmente, se deve pela maior proporção de FDN, FDNpd e FDNi no conteúdo ruminal (%) e no pool ruminal (kg), causados pela menor digestibilidade ruminal da FDN. Têm sido observado, que a glicerina inibe o crescimento e reduz a atividade dos microrganismos, principalmente os fibrolíticos (BENEDETI et al., 2016; SAN VITO et al., 2018), no qual afeta a digestão da fibra, e aumenta a quantidade de digesta e pool de componentes nutricionais no ambiente ruminal.

O teor de MS mais elevado no *pool* ruminal dos búfalos alimentados com glicerina, pode ser justificado pela glicerina se apresentar líquida e ser metabolizada em torno de 4 a 6 horas após a alimentação, através da fermentação ruminal (RÉMOND et al., 1993). Além disso a glicerina pode ser absorvida pelo epitélio ruminal ou removida por fluxo para o omaso (CASTAGNINO et al., 2018), o que reduziria a concentração ruminal de glicerina, que tem um teor de umidade mais alto entre os ingredientes utilizados. Com isso ocorreria o aumento o *pool* de MS no ambiente ruminal, e quando feita a separação de partículas, a glicerina se encontrou na parte líquida, reduzindo o teor de MS nessa fase da digesta. O aumento de MS no *pool* do rúmen dos animais alimentados com glicerina elevou o pool ruminal de MO e FDN. No que se concerne as fontes proteicas, a dieta torta de algodão por apresentar mais fibrosa, favoreceu o maior teor de FDN e FDNpd no conteúdo ruminal dos animais.

A amostragem realizada no retículo apresentou menor teor de MO, em virtude desse compartimento apresentar materiais mais densos na parte ventral (ROTTA et al., 2014), principalmente areia e minerais (HRISTOV, 2007) o que possibilita maior teor de MM na amostragem no retículo, reduzindo o teor de MO na digesta. Segundo Fatehi et al. (2015), amostragem realizada no retículo pode conter partículas recém ingeridas, que ainda não passaram pelo processo de digestão, o que pode justificar o maior teor de FDNpd na fração sólida na digesta reticular, além disso, o omaso é um órgão que apresenta importante papel na digestão total da FDN (HRISTOV, 2007), o que reduziu a proporção de FDNpd no omaso.

Como o omaso apresenta um papel adicional na digestão da FDN (HUHTANEN et al., 2010), podemos verificar, aumento na taxa de digestão da FDNpd, menor taxa de

passagem do FDNpd (%/ h) e fluxo de FDNpd (kg/ dia) e maior taxa de passagem do FDNi (%/ h) e fluxo de FDNi (kg/ dia) quando a amostragem foi realizada no omaso. Kriszan et al. (2010) mencionam que as digestas reticulares são menos digeríveis do que as obtidas no canal omasal. Ahvenjärvi et al. (2001) observaram que a digestão da FDN no omaso chegou a 7% do total de digestão, Smith (1984) indica que da quantidade de FDNpd que chega no omaso, 10% pode ser digerido. Entretanto, Ahvenjärvi et al. (2000) aponta que o método de coleta omasal pode favorecer a taxa de digestão da FDN, em virtude da amostragem ser muito próxima ou no orifício reticulo-omasal podendo aumentar a proporção de partículas leves na amostra, que em condições normais não escapariam do retículo, levando a amostragens não representativas.

Ademais, as coletas da digesta reticular podem retornar ao rúmen, para que o processo de digestão de fibras possa continuar (FATEHI et al., 2015), sendo que a coleta da amostra realizada no retículo poderia ser de compostos que ainda não teria passado pelo processo de digestão, o que aumentaria a taxa de passagem de FDNpd.

CONCLUSÃO

As coletas omasais foram mais representativas, no presente experimento, entretanto, mais pesquisas são necessárias avaliando a cinética ruminal em búfalos alimentados com diferentes dietas experimentais.

A substituição total do milho pela glicerina promoveu menor digestibilidade ruminal da FDN, devendo ter cuidados na utilização dessa fonte energética quando for utilizada.

A torta de algodão não causa diferença na dinâmica ruminal, podendo substituir totalmente o farelo de soja na dieta de búfalos confinados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHVENJÄRVI, S., SKIBA, B., HUHTANEN, P. Effect of heterogeneous digesta chemical composition on the accuracy of measurements of fiber flow in dairy cows. **Journal of animal science**, v. 79, n. 6, p. 1611-1620, 2001.
- AHVENJÄRVI, S., VANHATALO, A., HUHTANEN, P., VARVIKKO, T. Determination of reticulo-rumen and whole-stomach digestion in lactating cows by omasal canal or duodenal sampling. **British Journal of Nutrition**, v. 83, n. 1, p. 67-77, 2000.
- AOAC, 2002. **Official methods of analysis** (17th ed.) Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.
- AOAC, 2005. **Official Methods of Analysis** (18th ed.) Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, USA.
- BENEDETI, P.D.B., PAULINO, P.V.R., MARCONDES, M.I., MACIEL, I.F.S., SILVA, M.C., FACIOLA, A.P. Partial replacement of ground corn with glycerol in beef cattle diets: intake, digestibility, performance, and carcass characteristics. **PloS one**, v. 11, n. 1, p. e0148224, 2016.
- BETTERO, V. P., DEL VALLE, T. A., BARLETTA, R. V., ARAÚJO, C. E., DE JESUS, E. F., ALMEIDA, G. F., TAKIYA, C. S., ZANERARI, F., PAIVA, P. G., FREITAS JÚNIOR, J. E., RENNÓ, F. P. Use of protected fat sources to reduce fatty acid biohydrogenation and improve abomasal flow in dry dairy cows. **Animal feed science and technology**, v. 224, p. 30-38, 2017.
- CASTAGNINO, P. S., FIORENTINI, G., DALLANTONIA, E. E., SAN VITO, E., MESSANA, J. D., TORRECILHAS, J. A., SOBRINHO, A. G. S., BERCHIELLI, T. T. Fatty acid profile and carcass traits of feedlot Nellore cattle fed crude glycerin and virginiamycin. **Meat science**, v. 140, p. 51-58, 2018.
- FATEHI, F., KRIZSAN, S. J., GIDLUND, H., HUHTANEN, P. A comparison of ruminal or reticular digesta sampling as an alternative to sampling from the omasum of lactating dairy cows. **Journal of dairy science**, v. 98, n. 5, p. 3274-3283, 2015.
- FRANCE, J.; SIDDON, R. C. Determination of digesta flow by continuous market infusion. **Journal of Theoretical Biology**, v. 121, n. 1, p. 105-119, 1986.

FREITAS JÚNIOR, J. E., TAKIYA, C. S., DEL VALLE, T. A., BARLETTA, R. V., VENTURELLI, B. C., VENDRAMINI, T. H. A., MINGOTI, R. D., CALOMENI, G. D., GARDINAL, R., GANDRA, J. R., BETTERO, V. P. JESUS, E. F., OLIVEIRA, M.D.S., RENNÓ, F. P. Ruminant biohydrogenation and abomasal flow of fatty acids in lactating cows fed diets supplemented with soybean oil, whole soybeans, or calcium salts of fatty acids. **Journal of dairy science**, v. 101, n. 9, p. 7881-7891, 2018.

HALL, M. B. Calculation of non-structural carbohydrate content of feeds that contain non-protein nitrogen. **Gainesville: University of Florida**, p. A25-A32, 2000.

HARVATINE, K. J.; ALLEN, M. S. Effects of fatty acid supplements on feed intake, and feeding and chewing behavior of lactating dairy cows. **Journal of dairy science**, v. 89, n. 3, p. 1104-1112, 2006.

HRISTOV, A. N. Comparative characterization of reticular and duodenal digesta and possibilities of estimating microbial outflow from the rumen based on reticular sampling in dairy cows. **Journal of animal science**, v. 85, n. 10, p. 2606-2613, 2007.

HUHTANEN, P., AHVENJÄRVI, S., BRODERICK, G. A., REYNAL, S. M., SHINGFIELD, K. J. Quantifying ruminal digestion of organic matter and neutral detergent fiber using the omasal sampling technique in cattle—A meta-analysis. **Journal of dairy science**, v. 93, n. 7, p. 3203-3215, 2010.

HUHTANEN, P., BROTZ, P. G., SATTER, L. D. Omasal sampling technique for assessing fermentative digestion in the forestomach of dairy cows. **Journal of Animal Science**, v. 75, n. 5, p. 1380-1392, 1997.

KRIZSAN, S. J., AHVENJÄRVI, S., VOLDEN, H., BRODERICK, G. A. Estimation of rumen outflow in dairy cows fed grass silage-based diets by use of reticular sampling as an alternative to sampling from the omasal canal. **Journal of dairy science**, v. 93, n. 3, p. 1138-1147, 2010.

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

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

OBA, M., ALLEN, M. S. Effects of corn grain conservation method on ruminal digestion kinetics for lactating dairy cows at two dietary starch concentrations. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n. 1, p. 184-194, 2003.

PACHECO, D., PATTON, RA, PARYS, C. E LAPIERRE, H. Ability of commercially available dairy ration programs to predict duodenal flows of protein and essential amino acids in dairy cows. **Journal of dairy science**, v. 95, n. 2, p. 937-963, 2012.

PATTON, R.A., HRISTOV, A.N., PARYS, C., LAPIERRE, H. Relationships between circulating plasma concentrations and duodenal flows of essential amino acids in lactating dairy cows. **Journal of dairy science**, v. 98, n. 7, p. 4707-4734, 2015.

RÉMOND, B., SOUDAY, E., JOUANY, J. P. In vitro and in vivo fermentation of glycerol by rumen microbes. **Animal Feed Science and Technology**, v. 41, n. 2, p. 121-132, 1993.

REYNAL, S. M., BRODERICK, G. A., BEARZI, C. Comparison of four markers for quantifying microbial protein flow from the rumen of lactating dairy cows. **Journal of dairy science**, v. 88, n. 11, p. 4065-4082, 2005.

ROTTA, P. P., VALADARES FILHO, S. C., DETMANN, E., COSTA E SILVA, L. F., PAULINO, M. F., MARCONDES, M. I., LOBO, A. A. G., VILLADIEGO, F. A. C. Digesta sampling sites and marker methods for estimation of ruminal outflow in bulls fed different proportions of corn silage or sugarcane. **Journal of animal science**, v. 92, n. 7, p. 2996-3006, 2014.

SAN VITO, E., GRANJA-SALCEDO, Y. T., LAGE, J. F., OLIVEIRA, A. S., GIONBELLI, M. P., MESSANA, J. D., DALLANTONIA, E. E., REIS, R.A. BERCHIELLI, T. T. Crude glycerin as an alternative to corn as a supplement for beef cattle grazing in pasture during the dry season. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, n. 5, p. 2215-2232, 2018.

SMITH, R. H. Microbial activity in the omasum. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 43, n. 1, p. 63-68, 1984.

UDÉN, P.; COLUCCI, P.E.; VAN SOEST, P.J. Investigation of chromium, cerium and cobalt as markers in digesta. Rate of passage studies. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 31, n. 7, p. 625-632, 1980.

VALENTE, T. N. P., DETMANN, E., SAMPAIO, C. B. Recent advances in evaluation of bags made from different textiles used in situ ruminal degradation. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 95, n.4, p. 493-498, 2015.

VAN SOEST, P. V., ROBERTSON, J. B., LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.