



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

GLICERINA BRUTA EM SUBSTITUIÇÃO AO MILHO NA ALIMENTAÇÃO DE  
CAPRINOS E OVINOS

GIORGIO OLIVEIRA MENDES

RECIFE-PE  
MARÇO/2019

GIORGIO OLIVEIRA MENDES

GLICERINA BRUTA EM SUBSTITUIÇÃO AO MILHO NA ALIMENTAÇÃO DE  
CAPRINOS E OVINOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Área de Concentração: Nutrição Animal

**Comitê de orientação:**

Prof. Dr. Francisco Fernando Ramos de Carvalho

Prof. Dr. Roberto Germano Costa

Prof. Dr. João Paulo Ismério dos Santos Monnerat

RECIFE-PE  
MARÇO/2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE  
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

M538g Mendes, Giorgio Oliveira  
Glicerina bruta em substituição ao milho na alimentação de  
caprinos e ovinos / Giorgio Oliveira Mendes. – 2019.  
48 f.: il.

Orientador(a): Francisco Fernando Ramos de Carvalho.  
Coorientadores: Roberto Germano Costa, João Paulo Ismério  
dos Santos Monnerat.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de  
Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Recife,  
BR-PE, 2019.

Inclui referências e apêndice(s).

1. Glicerina 2. Caprinos 3. Digestão 4. Nitrogênio na nutrição  
animal I. Carvalho, Francisco Fernando Ramos de, orient. II. Costa,  
Roberto Germano, coorient. III. Monnerat, João Paulo Ismério dos  
Santos, coorient. IV. Título

CDD 636

GLICERINA BRUTA EM SUBSTITUIÇÃO AO MILHO NA ALIMENTAÇÃO DE  
CAPRINOS E OVINOS

GIORGIO OLIVEIRA MENDES

Orientador:

---

Prof. Dr. Francisco Fernando Ramos de Carvalho - UFRPE

Examinadores:

---

Prof. Dr. Ricardo Alexandre Silva Pessoa – UFRPE

---

Dr<sup>a</sup>. Érica Carla Lopes da Silva PNPD - UFRPE

RECIFE-PE  
MARÇO/2019

## **BIOGRAFIA**

Giorgio Oliveira Mendes, filho de Jorge Marcelo Mendes da Silva e Josenilda Pontes de Oliveira Mendes, nasceu em Bananeiras, Paraíba, em 15 de Dezembro de 1987. Ingressou no curso de Licenciatura em Ciências Agrárias no ano de 2011, na Universidade Federal da Paraíba, Campus III UFPB. De 2011 a 2013 foi bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) na Universidade Federal da Paraíba – UFPB. Em Fevereiro de 2015 concluiu o curso de Licenciatura em Ciências Agrárias pela Universidade Federal da Paraíba obtendo o título de Licenciado em Ciências Agrárias em Fevereiro de 2015. Em Outubro de 2016 ingressou no curso de Mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal da Paraíba e em Outubro de 2017 ingressou, por transferência externa, na Universidade Federal Rural de Pernambuco no Mestrado, concentrando seus estudos na área de Produção/Nutrição Animal Ruminantes, finalizando as atividades em março de 2019.

## DEDICO

A Deus, por iluminar meu caminho e me dar forças nos momentos de dificuldades.

"A vida não dá e nem empresta, não se comove e nem se apieda. Tudo quanto ela faz é retribuir e transferir aquilo que nós lhe oferecemos".

**Albert Einstein**

*"E guardemos a certeza pelas próprias dificuldades já superadas que não há mal que dure para sempre".*

*"Agradeço todas as dificuldades que enfrentei. Não fosse por elas, eu não teria saído do lugar. As facilidades nos impedem de caminhar. Mesmo as críticas nos auxiliam muito".*

*"Tudo que é seu encontrará uma maneira de chegar até você".*

**CHICO XAVIER**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por sua presença constante em minha vida, sempre me guiando pelos melhores caminhos com base em um versículo bíblico “SALMOS 125:1 Os que confiam no senhor serão como os montes de Sião, que não se abalam, mais permanecem para sempre”. Agradeço a minha esposa querida, Rayane Nunes Gomes, por toda paciência e amor desprendido a mim, aos meus pais, Jorge Marcelo Mendes da Silva e Josenilda Pontes de Oliveira Mendes, que sempre me apoiaram para que eu fosse adiante em meus projetos, além de toda paciência e apoio irrestritos. Obrigado por todo AMOR!

À Universidade Federal da Paraíba (UFPB), junto ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia (PPGZ), que me acolheu na seleção a qual fui selecionado para o mestrado e por motivos do destino fui transferido para a Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), a qual me acolheu como verdadeiro membro da família, sendo um alicerce importante em minha vida profissional e em minhas realizações pessoais.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pela oportunidade de realização do curso de Mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo financiamento do projeto.

Ao meu estimado orientador, Prof. Dr. Francisco Fernando Ramos de Carvalho, pela orientação, confiança, paciência, incentivo, pelos ensinamentos e por sempre me receber em sua sala. Um grande referencial de pesquisador, educador e ser humano, sempre demonstrando muita competência, organização e honestidade. Minha admiração profissional pelo senhor é enorme.

Ao meu co-orientador, Prof. Dr. Roberto Germano Costa, exemplo de pesquisador competente.

Ao meu co-orientador, Prof. Dr. João Paulo Ismério dos Santos Monnerat pela disponibilidade.

Aos professores da UFRPE, pelos ensinamentos e dedicação, em especial a Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Antônia Sherlânea Veras, por ser um exemplo de profissional e ser humano, a quem só tenho a agradecer por me mostrar o lado bom do ser humano e ter estação profissional.

Ao Agrônomo e Prof. Dr. George Rodrigo Beltrão da Cruz, meu primeiro orientador e “pai” na Zootecnia, por ser um exemplo de profissional e ser humano, a quem só tenho a agradecer por me mostrar que menos é mais, ensinando-me assim a ser mais coerente e focado.

Aos meus amigos e colegas do Departamento de Zootecnia da UFRPE: Caio, Gustavo, Carone, e muitos outros colegas que contribuíram, o meu muito obrigado por toda ajuda cedida ao experimento.

A Cynthia Alves Marino, secretária do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, por toda paciência e solicitude imediata.

Aos meus amigos da Pós-Graduação: Cíntia Costa, João Vitor, Lucíola Vilarim, Manoel Sousa, Michelle Siqueira, Amanda Gallindo, Edwilka Cavalcante, Gaby Melo, Jonas Inácio, Núbia Epifânio, Daniel Barros, Joana Munhame, Levi Lopes, Bruno Araújo, Júlia Barros, Ariclézio Cruz, Jasiel Moraes, Juliana Ferreira, Almir Ferreira, e muitos outros, agradeço a todos e todas pela amizade, incentivo, ensinamentos e grandes contribuições para a minha formação.

À PNPd Dr<sup>a</sup>. Erica, ser humano iluminado e grande profissional. Obrigado por todo apoio, pelas considerações e por todo carinho.

À PNPd Dr<sup>a</sup>. Luciana, ser humano iluminado e grande profissional. Obrigado por todo apoio, pelas considerações e por todo carinho.

Ao PNPd Dr. Michel do Vale Maciel ser humano iluminado e grande profissional. Obrigado por todo apoio, pelas considerações e por todo carinho.

Aos Técnicos do Laboratório de Nutrição Animal (DZ/UFRPE), Carlos Henrique e Vanessa Fitipaldi, pela amizade, paciência e ajuda na realização das análises.

Aos funcionários do DZ/UFRPE, pelos serviços prestados e pela atenção recebida, especialmente Cristina, Pedro e Lebre (SOLL).

À banca examinadora, pelas correções e sugestões repletas de preocupações que objetivam melhorar o trabalho.

Enfim, meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que contribuíram de alguma forma para a conclusão de mais esta etapa da minha vida.

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELA .....	1
LISTA DE FIGURAS .....	1
RESUMO .....	2
INTRODUÇÃO .....	4
REVISÃO DA LITERATURA.....	5
Caprinovinocultura no semiárido brasileiro .....	5
Panorama do biodiesel e glicerina bruta no Brasil e Nordeste .....	6
Glicerina .....	8
Glicerina na alimentação de ruminantes .....	10
MATERIAL E MÉTODOS .....	11
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	16
Consumo .....	16
Digestibilidade .....	18
Comportamento.....	20
Parâmetros séricos.....	21
Potencial Hidrogeniônico (pH) .....	23
Nitrogênio Amoniacal (N-NH <sup>3</sup> ) .....	25
Ácidos graxos de cadeia curta.....	27
CONCLUSÃO .....	30
REFERÊNCIAS .....	33

## LISTA DE TABELA

<b>Tabela 01.</b> Composição química dos ingredientes da dieta.....	11
<b>Tabela 02.</b> Proporção dos ingredientes e composição química das dietas.....	12
<b>Tabela 3.</b> Efeito da glicerina bruta em substituição ao milho sobre o consumo de nutrientes em caprinos e ovinos.....	16
<b>Tabela 4.</b> Efeito da glicerina bruta em substituição ao milho sobre a digestibilidade de nutrientes em caprinos e ovinos.....	18
<b>Tabela 5.</b> Efeito da glicerina bruta em substituição ao milho sobre o comportamento ingestivo em caprinos e ovinos.....	20
<b>Tabela 06.</b> Efeito da glicerina bruta em substituição ao milho sobre o perfil metabólico de caprinos e ovinos.....	31
<b>Tabela 07.</b> Parâmetros ruminais em caprinos e ovinos recebendo dietas com diferentes níveis de glicerina bruta em substituição ao farelo de milho.....	32

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Valores de pH ruminal em função das horas de avaliação.....	24
<b>Figura 2.</b> Valores de N-NH <sub>3</sub> em função das horas de avaliação.....	26
<b>Figura 3.</b> Valores de Ácido acético em função do nível x horas de avaliação.....	28
<b>Figura 4.</b> Valores de Ácido Propiônico em função do nível x horas de avaliação.....	29
<b>Figura 5.</b> Valores de Ácido Butírico em função do nível x horas de avaliação.....	30

## RESUMO

Objetivou-se avaliar os efeitos da inclusão de glicerina bruta de caprinos e ovinos em confinamento sobre o consumo e a digestibilidade aparente de matéria seca (MS) e seus componentes; comportamento ingestivo; perfil metabólico; potencial hidrogeniônico (pH); nitrogênio amoniacal (NNH<sup>3</sup>); ácidos graxos voláteis (AGVs). Foram utilizados 04 caprinos e 04 ovinos sem padrão racial definido, castrados, idade e peso corporal inicial de (57 kg ± 6,34 Kg), fistulados e canulados no rumen, vermifugados, confinados em baias individuais e distribuídos em quatro tratamentos em um delineamento quadrado latino duplo 4 x 4, com quatro períodos experimentais, cada um deles com duração de 21 dias, sendo ele com 14 dias de adaptação aos tratamentos e 07 dias de coletas. As dietas experimentais foram formuladas para serem isonitrogenadas e isoenergéticas e denominadas de: Nível G0 - controle sem adição de glicerina bruta na matéria seca da dieta, Nível G5 - 5% de glicerina bruta na matéria seca da dieta, Nível G10 - 10% de glicerina bruta na matéria seca da dieta e Nível G15 - 15% de glicerina bruta na matéria seca da dieta. As dietas foram constituídas adicionalmente por farelo de soja, milho, ureia e sulfato de amônio (relação 9:1), sal comum e mistura mineral, feno de capim Tifton 85 com uma relação volumoso:concentrado de 50:50, fornecida duas vezes ao dia (8:00 e 16:00). Houve efeito linear (P<0,05) para os consumos de MS, PB, MO, EE, FDN, CHT, CNF e NDT. Houve efeito linear (P<0,05) sobre as digestibilidades da MS, MO, FDN, CHT e NDT. O comportamento ingestivo de tempo em ruminação (TRUM) Houve efeito linear (P<0,05), já as eficiências em horas foi influenciado pela inclusão da glicerina bruta na dieta (P<0,05) na eficiência de alimentação (g MS/h) (EAL), eficiência de alimentação (g FDN/h), eficiência de ruminação (g MS/h) (ERU), eficiência de ruminação (g FDN/h). Quanto aos metabólitos sanguíneos houve efeito linear crescente (P<0,05) sobre a concentração sérica de ureia, fósforo, aspartato amino transferase, colesterol, triglicerídeos e houve efeito linear decrescente (P<0,05) sobre a concentração sérica ácido úrico, magnésio (mg/dL), e efeito quadrático sobre a concentração sérica de albumina. Para os parâmetros ruminais houve efeito linear decrescente e quadrático (P>0,05) para tempo no potencial hidrogeniônico (pH) e tempo no tratamento. Já as concentrações de N-NH<sup>3</sup> houve efeito linear decrescente (P<0,05) no tempo e tratamento. As concentrações de ácidos graxos de cadeia curta onde, o ácido acético houve efeito linear decrescente no tratamento e quadrático no tempo (P>0,05). O ácido propiônico houve efeito linear crescente no tratamento e no tempo e efeito quadrático no tempo e tratamento (P<0,05) com ponto de máxima no nível 14,94 e hora 5,04. Houve influência pra o ácido butírico no tempo, tratamento\*tempo e influencia quadrática de tempo com ponto de sela no nível 5,4e hora 3,75. A glicerina bruta pode ser incluída em até 10% da dieta de caprinos e ovinos por não comprometer o funcionamento do metabolismo animal em níveis satisfatórios.

**Palavras-chave:** Glicerina bruta, Caprino, Ovino, Digestibilidade, Consumo, pH, NNH<sup>3</sup>.

## ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effects of inclusion of goat and sheep crude glycerin in feedlot on intake and apparent digestibility of dry matter (DM) and its components; ingestive behavior; metabolic profile; hydrogen potential (pH); ammonia nitrogen ( $\text{NNH}_3$ ); volatile fatty acids (VFAs). Were used 04 goats and 04 sheep without defined racial pattern, castrated, age and initial body weight ( $57 \text{ kg} \pm 6.34 \text{ Kg}$ ), rumen fistulated and cannulated, confined in individual stalls and distributed in four treatments in a design. double Latin square  $4 \times 4$ , with four experimental periods, each lasting 21 days, with 14 days of adaptation to the treatments and 7 days of collection. Experimentais diets were formulated to be isonitrogenous and isoenergetic and named: Level G0 - control without added crude glycerin in the diet dry matter, Level G5 - 5% crude glycerin in the diet dry matter, Level G10 - 10% glycerin dietary dry matter and Level G15 - 15% of crude glycerin in the diet dry matter. The diets were additionally composed of soybean meal, corn, urea and ammonium sulfate (9: 1 ratio), common salt and mineral mixture, Tifton 85 grass hay with a roughage: concentrate ratio of 50:50, fed twice a day. (8:00 e 16:00). There was a linear effect ( $P < 0.05$ ) for the intake of DM, CP, OM, EE, NDF, CHT, CNF and NDT. There was a linear effect ( $P < 0.05$ ) on the digestibilities of DM, OM, NDF, CHT and NDT. The ingestive behavior of rumination time (TRUM) There was a linear effect ( $P < 0.05$ ), while the efficiencies in hours were influenced by the inclusion of crude glycerin in the diet ( $P < 0.05$ ) in feeding efficiency (g MS / h) (EAL), feed efficiency (g NDF / h), rumination efficiency (g MS / h) (ERU), rumination efficiency (g NDF / h). As for blood metabolites there was a linear increasing effect ( $P < 0.05$ ) on serum urea concentration, phosphorus, aspartate amino transferase, cholesterol, triglycerides and a linear decreasing effect ( $P < 0.05$ ) on serum uric acid concentration. magnesium (mg / dL), and quadratic effect on serum albumin concentration. For ruminal parameters there was a linear decreasing and quadratic effect ( $P > 0.05$ ) for time on hydrogen potential (pH) and time on treatment. N- $\text{NH}_3$  concentrations had a linear decreasing effect ( $P < 0.05$ ) on time and treatment. Concentrations of short chain fatty acids where acetic acid had linear decreasing effect on treatment and quadratic effect on time ( $P > 0.05$ ). Propionic acid showed increasing linear effect on treatment and time and quadratic effect on time and treatment ( $P < 0.05$ ) with maximum point at level 14.94 and hour 5.04. There was influence for butyric acid on time, treatment \* time and quadratic time influence with saddle point at level 5.4 and hour 3.75. Crude glycerin can be included in up to 10% of the goat and sheep diet because it does not compromise the functioning of animal metabolism at satisfactory levels.

Keywords: Crude Glycerin, Goat, Sheep, Digestibility, Consumption, pH,  $\text{NNH}_3$ .

## INTRODUÇÃO

A caprinovinocultura, em países em desenvolvimento como o Brasil, possui ainda carácter de subsistência, especialmente na região nordeste do país, mas a crescente procura do mercado consumidor por carnes de pequenos ruminantes é um incentivo aos criadores a manter constantes os níveis de produção em termos qualitativos e quantitativos (CUNHA et al., 2016).

Dentre os alimentos alternativos, a utilização de alimentos não convencionais para ruminantes vem ganhando espaço nos últimos anos, principalmente a atender às dificuldades de pequenos produtores, para os quais o custo de alimentação dos animais muitas vezes é um impedimento para a criação. A avaliação de ingredientes alternativos para a alimentação de ruminantes deve incluir investigações sobre padrões de fermentação ruminal. (FÁVARO, 2010). Uma das formas de se estudar o padrão fermentativo das dietas e ingredientes é avaliar os parâmetros ruminais, como pH, nitrogênio amoniacal e produção de gases, dos ingredientes e das dietas fornecidas aos ruminantes.

O resíduo da produção do biodiesel é a glicerina bruta, tendo como principal componente energético o glicerol que, após vários processos de purificação, desse resíduo, alcança os padrões exigidos pelas indústrias farmacêuticas, de cosméticos e de produtos de limpeza, suas principais consumidoras, sendo considerado um subproduto. Existe uma grande necessidade em encontrar possíveis usos alternativos para o coproduto advindo do processo de produção do biodiesel, visto que para cada 90 m<sup>3</sup> de biodiesel produzido por transesterificação são gerados, aproximadamente, 10 m<sup>3</sup> de glicerina.

Decorrente do aumento da produção de biodiesel, o volume de produção de glicerina também se encontra em expansão. Uma das alternativas para escoamento da glicerina produzida pelas indústrias de biodiesel é sua utilização na alimentação animal. Essa se apresenta como uma das opções para o aproveitamento econômico desse coproduto, principalmente no fornecimento aos ruminantes, já que a glicerina é um produto rico em energia (4.320 kcal de energia bruta por kg para o glicerol puro) e com alta eficiência de utilização pelos animais, (SILVEIRA et al., 2015).

O termo glicerina bruta refere-se ao glicerol misturado aos demais componentes como lipídeos, metanol, água e substâncias alcalinas utilizadas no processo de transesterificação, (BUELNA et al., 2012; ECHEVERRI et al., 2015). Esse coproduto possui baixo valor agregado e é uma fonte de carboidratos não fibrosos com potencial para utilização em dietas de ruminantes, (ALMEIDA et al., 2015; CHANJULA et al., 2015; SOUZA et al., 2015).

Considerando o manejo alimentar como sendo um dos pontos principais na produção de ruminantes, algumas técnicas alimentares podem ser empregadas na tentativa de reduzir o impacto causado pela oscilação na produção de alimentos. No entanto, faz-se necessário manter a sustentabilidade da produção.

Nesse contexto, objetivou-se avaliar a otimização da substituição do milho pela glicerina bruta na alimentação de caprinos e ovinos.

## **REVISÃO DA LITERATURA**

### **Caprinovinocultura no semiárido brasileiro**

A caprinovinocultura é uma atividade adaptável às mais variadas regiões e sistemas de produção, inclusive aos fatores ambientais do semiárido nordestino e, com isso, é um segmento da pecuária que desempenha importante papel no contexto socioeconômico da região Nordeste do Brasil, a característica mais marcante dos rebanhos da região Nordeste é o sistema de criação em regime extensivo. O semiárido caracteriza-se também pela estacionalidade na produção de forragens, com dois períodos distintos: um de abundância de forragem com valor nutritivo elevado e outro período de escassez de alimentos com baixo valor nutritivo, (GARCIA et al., 2004). Assim, a máxima eficiência dessa atividade tem intensificado a pesquisa e adaptação de novas tecnologias, inclusive na nutrição.

A região Nordeste tem uma área predominantemente rural e a ocupação principal de sua força de trabalho é a agropecuária. É justamente da conjugação do meio ambiente adverso com a atividade econômica, basicamente dependente da natureza, que emerge a extrema vulnerabilidade desse sistema produtivo sujeito a virtuais colapsos, nas ocasiões climáticas desfavoráveis para a produção. Nesse contexto, a criação de ovinos e caprinos é uma atividade de grande relevância econômica e social para o Nordeste brasileiro, por suprirem, com fonte de proteína de excelente qualidade, as populações rurais e também aquelas das grandes cidades, porém essa atividade ainda é considerada de baixo rendimento, devido à predominância da exploração extensiva com emprego de baixa tecnologia na maioria dos criatórios, (FERREIRA et al., 2013).

De acordo com dados do IBGE (2018), no Nordeste é aonde se encontra 60,6% de cabeças de ovinos do rebanho do Brasil (17.976,367 milhões) sendo o 18º maior rebanho de ovinos no planeta, o nordeste brasileiro destaca-se também, por ser uma região propícia ao desenvolvimento da Caprinocultura, com o efetivo de caprinos em 2017 correspondendo a 9.592,079 milhões de cabeças, em termos regionais, 92,7% do rebanho nacional está localizado

na Região Nordeste, assim, essa atividade é considerada como primordial no suprimento alimentar e na geração de renda.

No entanto, o baixo potencial genético dos rebanhos, associado à escassez de pastos na estação seca e as práticas de manejo inadequadas, contribuem com os baixos índices de produtividade e de rentabilidade. Os caprinos destacam-se por serem animais fortes, resistentes, com grande rapidez de crescimento, de boa conversão alimentar e adaptáveis a várias condições climáticas. Por isso, dentre os ruminantes domésticos, os caprinos possuem maior capacidade de adaptação a diferentes condições climáticas e alimentares (DECANDIA, 2008).

Os caprinos são ruminantes com características diferenciadas dos demais ruminantes domésticos, isso porque são animais hábeis, selecionadores de alimentos, possuem eficiente atividade de mastigação e de ruminação e toleram baixas ingestões de água, (RAPETTI et al., 2008). Esses fatores fazem com que os caprinos tenham adaptabilidade a áreas tropicais e subtropicais secas com baixo potencial para agricultura (MORAND-FEHR et al., 1999). Entretanto, a caprinovinocultura requer maior investimento de instalações, mão-de-obra e alimentação, sendo que esta última representa o maior custo da atividade pecuária, o que pode significar um entrave para produtividade.

As formulações de rações com milho e a soja ainda são muito utilizados, mas oneram a atividade, uma vez que são produtos também representativos na alimentação de humanos, (FERNANDES et al., 2012). E uma das formas para superar o entrave neste sistema é a utilização de rações formuladas com fontes alternativas de nutrientes, sendo que a utilização de subprodutos da indústria do biodiesel disponíveis na região poderia substituir parcial ou totalmente alimentos concentrados sem comprometer o desempenho animal e barateando os custos para o produtor e incentivando o crescimento da atividade pecuária.

### **Panorama do biodiesel e glicerina bruta no Brasil e Nordeste**

A produção de biodiesel, no Brasil, vem crescendo exponencialmente, assim, a glicerina, que é o principal coproduto desta produção, vem sendo lançada no mercado em abundância, visando o destino adequado desse produto e a diminuição do impacto ambiental e elevando a geração de maiores quantidades de coprodutos, que têm um destino econômico e ecologicamente correto (LAGE et al., 2010).

De acordo com a Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005, a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira, todo óleo diesel comercializado no Brasil deve conter biodiesel ANP (2016). O biodiesel, substituto natural do diesel, é produzido através de produtos naturais, exemplo disso é a gordura animal, óleos vegetais e óleos reciclados e utilizados para frituras

(RAMOS, et al., 2003). O Brasil é um dos países promissores na fabricação de biodiesel, pela disponibilidade de matéria-prima e de indústrias de óleos vegetais e etanol.

No tocante ao biodiesel de óleos vegetais, diversas espécies estão sendo utilizadas para produção do bicomcombustível no Brasil, tais como, mamona, dendê (palma), girassol, babaçu, amendoim, pinhão manso e principalmente a soja. Esse potencial de produção do biodiesel gera fontes de renda importantes para produtores através de coprodutos como a glicerina, e uma série de outros (torta, farelo etc.) que podem agregar valor industrial BIODIESEL (2012). Com a crescente preocupação com o meio ambiente, aliada à busca por fontes alternativas de energia renovável, tornou o biodiesel o centro das atenções e interesses de vários países do mundo, por promover substancial redução na emissão de monóxido de carbono e hidrocarbonetos para o meio ambiente (MOTA et al., 2009).

O biodiesel é o combustível composto de alquilésteres de ácidos carboxílicos de cadeia longa, produzido a partir da transesterificação e/ou esterificação de matérias graxas, de gorduras de origem vegetal ou animal, e que atenda à especificação contida no Regulamento Técnico nº 4/2012, da Resolução ANP nº 14, de 11/5/2012 (ANP, 2016). ABDALLA et al., (2008) diz que o biodiesel é produzido através do processo de transesterificação reversível que consiste na separação dos resíduos do óleo vegetal ou gordura animal na presença de um catalisador básico, hidróxido de sódio ou potássio, e de um álcool de cadeia curta de baixo peso molecular, metanol ou etanol, gerando o biodiesel, resíduos de gorduras e principalmente glicerina bruta.

O Brasil, de acordo com a ANP (2016) apresenta as seis fases da adição de biodiesel ao óleo diesel, na primeira fase, referente ao período de janeiro de 2006 a dezembro de 2007, a mistura de 2% de biodiesel era opcional. A partir da segunda fase, que teve início em janeiro de 2008, a mistura de 2% de biodiesel passou a ser obrigatória, de julho de 2008 a junho de 2009 a mistura obrigatória de biodiesel aumentou para 3% de biodiesel, no período entre julho e dezembro de 2009, a mistura obrigatória passou a ser de 4% de biodiesel, de janeiro de 2010 a junho de 2014, ocorreu o novo aumento da mistura obrigatória, que passou a ser de 5% de biodiesel. Mais uma mudança aconteceu entre julho e outubro de 2014, elevando a mistura obrigatória para 6% de biodiesel. Na fase atual, que começou em novembro de 2014, a mistura obrigatória é de 7% de biodiesel em cumprimento à Lei nº 13.033/2014 estabelecida pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE).

A Lei nº 13.263/2016 alterou a Lei nº 13.033/2014 determinando um cronograma de aumento do teor de biodiesel a partir de 2017, no qual até março de 2017, 8% de biodiesel, até março de 2018, 9% de biodiesel, até março de 2019, 10% de biodiesel. No ano de 2015 a capacidade nominal para produção de biodiesel (B100) no Brasil era de cerca de 7,4 milhões de

m<sup>3</sup> (20,4 mil m<sup>3</sup>/dia). Entretanto, a produção nacional foi de 3,9 milhões de m<sup>3</sup>, o que correspondeu a 53,3% da capacidade total em comparação a 2014, no qual a produção de biodiesel (B100) foi 15,1% maior o que exigiu do país a produção interna de mais de 7,6 bilhões de litros de biodiesel por ano ANP (2016). O país atualmente é o segundo maior produtor de biodiesel, com produção anual de 3,4 bilhões de litros e capacidade instalada de 5,8 bilhões de litros, gerando um faturamento de R\$ 6,4 bilhões de reais/ano, ficando só atrás dos EUA que lideraram a produção mundial com atuais 4,8 bilhões de litro/ano ANP (2016).

Neste cenário, com o aumento na produção do biodiesel, também era esperado que a produção nacional de glicerina bruta fosse elevada nas usinas de refinamento. Em 2015, foram gerados 346,8 mil m<sup>3</sup> de glicerina bruta como subproduto na produção de biodiesel (B100), 11,2% a mais que no ano de 2014 ANP (2016). A geração de glicerina bruta dentro da produção de biodiesel é que para cada 90 m<sup>3</sup> de biodiesel produzido após reações de esterificação e hidrólise, são gerados aproximadamente 10 m<sup>3</sup> de glicerina bruta (DASARI et al., 2005). Estima-se que, com a adição inicial de 2% de biodiesel ao diesel comum, entre o ano de 2008 e 2014, foram gerados em torno de 464 milhões de litros/ano de glicerina bruta a partir do biodiesel, e com a adição dos atuais 7% a produção chegará a 857 milhões de litros/ano oriundo das usinas de biodiesel ANP (2014).

Desse modo, a elevação na produção do biodiesel trouxe como consequência grande oferta de glicerina bruta para o Nordeste, visto que a região é a terceira maior potência produtora do país, onde as principais usinas de biodiesel estão concentradas nos estados da Bahia, Maranhão, Ceará e Pernambuco APROBIO (2014). De acordo com a ANP (2014), nas usinas nordestinas nos últimos cinco anos foram gerados em torno de 36,2 milhões de litros de glicerina bruta como subproduto na produção de biodiesel, sendo que a perspectiva de crescimento na produção é de 33% até 2030, o que poderia gerar divisas a partir da comercialização. Contudo, as usinas da região utilizam apenas 50% da sua capacidade para refinar glicerina bruta à indústria farmacêutica e cosmética, seus principais mercados, não sendo estas suficientes para absorver toda a produção e a legislação ambiental brasileira não permite simplesmente depositar a glicerina residual em aterros, sugerindo outras formas de utilização deste subproduto, (FARIAS et al., 2012).

### **Glicerina bruta na alimentação de ruminantes**

Para a obtenção do biodiesel a partir do óleo vegetal, inicialmente é realizada uma reação envolvendo óleo com um álcool de cadeia curta, metanol ou etanol, e um catalizador, podendo ser hidróxido de sódio, hidróxido de potássio ou cloreto de potássio, ao final dessa reação são obtidos o biodiesel e a glicerina bruta, sendo a separação feita por gravimetria ou centrifugação

(DONKIN; DOANE, 2007). A glicerina bruta, advinda da produção do biodiesel, tem entre 75 e 85% de glicerol e, para alcançar maior grau de pureza, deve ser refinada até atingir 95 a 99% de glicerol, principalmente quando utilizada para o consumo humano (TOOHEY et al., 2003) citado por POLIZEL (2014), e indústria de cosméticos e farmacêutica (DONKIN; DOANE, 2007). O processo de purificação consiste na retirada das impurezas, como água, catalizadores, ácidos graxos e metanol. Como esse processo de purificação é de elevado custo, existe boa oferta de glicerina bruta a ser utilizada na nutrição animal.

O grande interesse na utilização da glicerina bruta em dietas de ruminantes é devido ao elevado teor de glicerol. O glicerol apresenta-se como um líquido, oleoso, viscoso, incolor, inodoro, solúvel em água e álcool e de sabor adocicado. De acordo com (KREHBIEL, 2008), foi estimado que aproximadamente 13% do glicerol cheguem ao intestino delgado, 43% seja absorvido pela parede ruminal, metabolizado no fígado, tendo como destino final a gliconeogênese, pela ação da enzima glicerol quinase, convertendo-a a glicose, e 44% seja fermentado no rúmen, tendo como principal produto o propionato. Em estudos mais recentes (ZAWADSKI et al., 2010), verificaram que o glicerol também pode ser convertido a ácido acético e butírico.

O glicerol fermentado no rúmen é convertido a propionato e ao ser absorvido pela corrente sanguínea será metabolizado no fígado, sendo a principal via metabólica do ciclo do ácido carboxílico, onde o succinil-CoA, após reações bioquímicas, origina o oxaloacetato e este é convertido a fosfoenolpiruvato, que será utilizado para a formação de glicose na via gliconeogênica (ZAWADSKI et al., 2010).

O glicerol absorvido pelo epitélio ruminal, será convertido à glicose no fígado e a enzima glicerol quinase converte glicerol e ATP em glicerol-3-fosfato e ADP à triose fosfato, direcionando o glicerol para a gliconeogênese KREHBIEL (2008). O glicerol também poderá ser utilizado para a síntese de gordura, através da ação da enzima glicerol-quinase, sendo o glicerol livre fosforilado no fígado a glicerol-3-fosfato e destinado à formação de gordura.

O direcionamento do glicerol para a formação de gordura só ocorrerá em função das concentrações adequadas de glicose circulante, resultando em aumento da deposição de gordura (ZAWADSKI et al., 2010). Com relação ao tempo de colonização e fermentação do glicerol, LEE et al., (2011) em estudo in vitro, concluíram que a fermentação do glicerol é relativamente lenta, porém, o rápido aumento na produção de gás, após o “lag time” (tempo de colonização), que teve duração de 7,9 horas, indica que a cinética de fermentação do glicerol pode ser alterada pela adaptação da microbiota ruminal ao glicerol.

## **Glicerina bruta na alimentação de ruminantes sobre o metabolismo**

Para o atendimento das exigências nutricionais do animal, o principal meio é a ingestão de matéria seca, assim, como o correto funcionamento do metabolismo, possibilitando a digestão e absorção apropriada. Nesse sentido, é fundamental testar os alimentos novos de forma a verificar os índices de ingestão e digestão. A nutrição possui um peso significativo nos custos de produção dos animais, representando cerca de 70 a 75% dos custos totais de produção e, por isso, é intensa e constante a busca por novos ingredientes que possibilitem bons índices de desempenho com baixo custo SILVA (2010).

Nesse contexto, excesso do coproduto gerado pelas indústrias de biodiesel pode ser absorvido por outros segmentos do mercado. Dentre os coprodutos, a glicerina bruta aparece como uma alternativa na formulação de dietas para ruminantes, podendo substituir em parte, os concentrados energéticos da ração, principalmente o milho (LAGE et al., 2014). Para utilizar um coproduto na alimentação animal, esse ingrediente deve trazer benefícios à produção, mantendo ou melhorando os índices zootécnicos e não interferindo na qualidade dos produtos de origem animal (DIAS et al., 2016). Quando utilizado em níveis seguros, nenhuma restrição ao uso da glicerina na nutrição animal foi relatada. Sendo assim, pode se tornar um ingrediente comum em rações, com preço e qualidade competitivos, quando comparado ao milho e farelo de trigo, principalmente em regiões produtoras de biodiesel, (PEREIRA et al., 2008).

Com relação ao consumo, digestibilidade e o desempenho, (SANTOS et al., 2015) concluíram que glicerina bruta pode ser incluída em até 12% da matéria seca da dieta de cabritos em terminação, sem afetar negativamente o consumo de alimentos e a digestibilidade dos componentes da dieta. (PELLEGRIN et al., 2012), avaliaram a suplementação em cordeiros lactentes com 0, 10, 20 e 30% de glicerina (84,8 de glicerol) no *creep feeding* e concluíram que níveis de glicerina de até 30% não alteraram o teor de colesterol no sangue e na carne. Estudos realizados com utilização de glicerina apontam que na proporção de até 20% (88% de glicerol) na matéria seca da dieta, esse coproduto pode ser empregado sem afetar negativamente o desempenho de cordeiros Suffolk-cross (GUNN et al., 2010).

Segundo SCHRÖDER (2008), a glicerina pode ser incluída nas dietas de ruminantes em até 10% da matéria seca, mesmo em diferentes purezas. Até esse nível não se observa quedas no consumo de sólidos e água ou efeito negativo na digestibilidade nos ingredientes da dieta, na degradação ruminal e no desenvolvimento dos microrganismos.

Diante do exposto, a substituição de alimentos energéticos como o milho pela glicerina bruta pode contribuir para a otimização da produção e nutrição animal dos rebanhos e, conseqüentemente, redução dos custos de produção, principalmente os relacionados à

alimentação.

## MATERIAL E METÓDOS

O experimento foi executado no setor de caprinovinocultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), localizado no município de Recife – PE, situado sob as coordenadas geográficas de 8°04'03''S e 34°55'00''W. Todos os procedimentos experimentais foram aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal Rural de Pernambuco (Licença nº059/2016). As análises laboratoriais foram executadas no Laboratório de Nutrição Animal de Pequenos Ruminantes da UFRPE. Apenas a análise de ácidos graxos de cadeia curta foi realizada no Laboratório de Química Industrial do Departamento de Química da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Foram utilizados quatro caprinos e quatro ovinos, machos, adultos, castrados, dotados de fistula permanente no rúmen, sem padrão racial definido, com peso corporal médio de  $57 \pm 6,34$  kg, confinados em um galpão constituído de baias individuais com dimensões de 1,0 m x 1,8 m, providos de comedouros e bebedouros. Antes do início do período experimental, os animais foram pesados, identificados e tratados contra ecto e endoparasitas.

As dietas foram compostas por quatro tratamentos, consistiram da inclusão de glicerina bruta, extraída do caroço de algodão em avaliação a vários níveis de glicerina bruta (GB) definido em quatro níveis, (GB0%) controle sem adição de glicerina bruta; (GB5%) de glicerina bruta na matéria seca da dieta; (GB10%) de glicerina bruta na matéria seca da dieta; (GB15%) de glicerina bruta na matéria seca da dieta conforme a (Tabela 1).

**Tabela 01.** Composição química dos ingredientes da dieta.

Itens	MS	MO	PB	EE	FDN	FDA	CHOT	CNF
Ingredientes, g/kg MS <sup>1</sup>								
Feno de tifton 85	900,90	935,00	89,40	12,90	716,60	387,90	832,70	116,10
Milho moído	872,90	985,20	108,20	46,70	201,20	102,30	830,30	830,30
Glicerina bruta	790,90	938,80	0,3	290,70	0,00	0,00	645,10	645,10
Farelo de soja	866,30	916,70	487,10	9,70	329,70	67,60	419,90	90,20
Ureia/S <sup>2</sup>	971,00	998,30	265,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suplemento mineral	990,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Calcário calcítico	1000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo, FDN<sub>cp</sub> = fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína; FDA = fibra em detergente ácido; CHOT = carboidrato total; CNF = carboidrato não fibroso. <sup>2</sup> Ureia corrigida com sulfato na proporção 9:1.

Os animais receberam dietas, contendo em base da matéria seca (MS) 50% de volumoso (feno de tifton-85) e 50% de concentrado composto de milho moído, farelo de soja, glicerina bruta, ureia, suplemento mineral e calcário calcítico. E foram formuladas para serem isonitrogenadas e isoenergéticas, de forma a atenderem as exigências nutricionais dos animais NRC (2007). Ingredientes e nutrientes estão descritos na (Tabela1).

A glicerina bruta utilizada obtida da produção de biodiesel a partir do óleo do caroço de algodão e óleo residual de cozinha na usina da empresa CETENE, município de Caetés-PE, em sua composição físico-química possui aproximadamente, 42,64% de glicerol, 79% de matéria seca, 0,02% de Na e 3,82% de metanol.

**Tabela 02.** Proporção dos ingredientes e composição química das dietas.

Itens	Glicerina bruta, %			
	0	5	10	15
Ingredientes, g/kg MS				
Feno de tifton 85	499,00	499,00	499,00	499,00
Milho moído	419,30	369,60	318,00	266,10
Glicerina bruta	0,00	50,00	100,00	150,00
Farelo de soja	60,00	60,00	60,00	60,00
Ureia/S <sup>1</sup>	4,20	3,90	5,5	7,4
Suplemento mineral <sup>2</sup>	15,00	15,00	15,00	15,00
Calcário calcítico	2,50	2,50	2,50	2,50
Composição química				
Matéria seca, g/kg MS	888,40	883,89	879,46	875,15
Matéria orgânica, g/kg MS	936,29	933,25	928,69	924,97
Proteína Bruta, g/kg MS	125,67	127,15	126,56	125,91
Extrato etéreo, g/kg MS	26,65	38,80	50,91	63,03
FDNcp <sup>3</sup> , g/kg MS	462,59	452,32	441,86	431,46
FDA <sup>4</sup> , g/kg MS	240,97	235,75	230,44	225,15
CHT <sup>5</sup> , g/kg MS	790,27	780,18	769,26	758,59
CNF <sup>6</sup> , g/kg MS	412,19	402,10	391,18	380,51

<sup>1</sup>Ureia corrigida com sulfato na proporção 9:1. <sup>2</sup>Níveis de garantia (nutrientes/kg): Cálcio-240g; Sulfato de amonio-20g; Fósforo-71g; Potássio-28,20g; Magnésio-20g; Cobre- 400mg; Cobalto-30mg; Cromo-10mg; Ferro-2500mg; Flúor máximo-710mg; Iodo-40mg; Manganês-1350mg; Selênio-15mg e Zinco-1700mg. <sup>3</sup>FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína. <sup>4</sup>FDA = fibra em detergente ácido. <sup>5</sup>CHOT = carboidrato total. <sup>6</sup>CNF = carboidrato não fibroso.

O feno picado em partículas com tamanho aproximado de corte de 0,5 cm fornecendo um volumoso em quantidade calculada para permitir 15% de sobras, para estimativa do consumo voluntário. Os animais receberam, duas vezes ao dia (8h e 16h), o alimento diretamente no cocho.

Cada período experimental com duração de 21 dias, sendo 14 de adaptação e 07 de coletas

de dados, totalizando 84 dias. No primeiro dia de coleta de dados, foi realizada a avaliação do comportamento ingestivo, de forma visual, pelo método de varredura instantânea (“Scan Sampling”), proposto por MARTIN et al., (1993), intervalos de 10 minutos, durante 24 horas. Durante o período noturno o galpão foi mantido sob iluminação artificial. As variáveis analisadas durante o comportamento ingestivo foram relacionadas ao tempo despendido para alimentação, ruminação, ócio e as eficiências de alimentação e ruminação.

No segundo, terceiro e quarto dia, foram coletadas amostras para determinação de consumo, digestibilidade e parâmetros fisiológicos. Foram coletadas amostras de sobras da dieta ofertada, dos alimentos que compõem a dieta e das fezes, para determinação do coeficiente de digestibilidade. As amostras de sobra e de alimentos foram coletadas no horário da manhã, antes do fornecimento, identificadas e homogeneizadas em uma amostra composta por período e por animal. Após esse processo, as mesmas foram pré-secas em estufa de ventilação forçada a  $55\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  e moídas em moinhos tipo Willey com peneiras de crivos 1 e 2 mm de diâmetro, para posteriores análises.

Para as determinações das concentrações de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp) e fibra em detergente ácido (FDA), foram analisadas de acordo com a metodologia descrita por (DETMANN et al., 2012). Os carboidratos totais (CHOT) foram obtidos segundo a equação:  $\text{CHOT} = 100 - (\% \text{PB} + \% \text{EE} + \% \text{MM})$ , conforme (RUSSELL et al., 1992), enquanto que os teores de carboidratos não fibrosos (CNF) foram obtidos segundo, (DETMANN., VALADARES FILHO., 2010). Para as dietas contendo ureia o CNF, foi estimado empregando-se a fórmula descrita por (DETMANN et al., 2012).  $\text{CNF} = 100 - \text{MM} - \text{EE} - \text{FDN} - (\text{PB} - \text{PBu} + \text{U})$ , em que PBu = teor de proteína oriunda da ureia; U = teor de ureia na dieta.

Para estimativa dos nutrientes digestíveis totais (NDT), foi utilizada a equação descrita por (WEISS, 1999), onde,  $\text{NDT} = \text{PBD} + \text{EED} * 2,25 + \text{CNFD} + \text{FDNcpD}$ , sendo  $\text{PBD} = (\text{PB ingerida} - \text{PB fezes})$ ,  $\text{EED} = (\text{EE ingerido} - \text{EE fezes})$ ,  $\text{CNFD} = (\text{CNF ingeridos} - \text{CNF fezes})$  e  $\text{FDNcpD} = (\text{FDNcp ingerido} - \text{FDNcp fezes})$ .

As amostras de fezes foram adquiridas por coleta spot, em diversos horários (0,2,4,6,8), após a alimentação das 8h, diretamente da ampola retal. As fezes foram armazenadas em sacos plásticos, pesadas e identificadas. Posteriormente, as mesmas foram distribuídas em bandejas de alumínio e encaminhadas à estufa de ventilação forçada a  $55\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , para pré-secagem e, na sequência, foram moídas em moinhos tipo Willey com peneiras de crivos 1mm e 2 mm para análises bromatológicas e incubação para determinação da produção de matéria seca fecal

(PMSF), respectivamente. A PMSF foi estimada através da fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), de acordo com (DETMANN et al., 2012). As amostras de alimentos, sobras e fezes foram acondicionadas em sacos de tecido não tecido e incubadas no rúmen de um bovino por 288 horas e, após esse período, foi realizada a análise de FDN nas amostras. A digestibilidade aparente dos nutrientes foi calculado pela fórmula:  $DA (\%) = [(nutriente\ consumido - nutriente\ excretado) / nutriente\ consumido] \times 100$ .

Ainda no quinto dia de coleta, foram obtidas amostras de sangue, para avaliação dos parâmetros sanguíneos, as amostras de cada animal foram obtidas por punção da veia jugular, utilizando tubos de “vacutainer”, aproximadamente quatro horas após a alimentação (12:00h). O sangue contendo heparina como anticoagulante, foi imediatamente centrifugado a 3000 rpm durante 15 minutos e o plasma foi acondicionado em ependorf de 1,5 mL e armazenadas em freezer a -20° C. Posteriormente, o plasma foi descongelado à temperatura ambiente e analisado para determinação de ureia, creatinina, ácido úrico e proteínas totais, através de kits comerciais em equipamento Doles D-250.

No segundo, terceiro e quarto dia de coleta, foram coletadas amostras de líquido ruminal para análise de pH, nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>), ácidos graxos voláteis (AGV).

As amostras de líquido ruminal foram colhidas manualmente de quatro pontos distintos, na região ventral do rúmen, posteriormente à homogeneização do conteúdo ruminal. A primeira amostra foi colhida antes da oferta de alimento (oito horas), sendo considerada a hora zero e as amostras subsequentes obedeceram aos seguintes horários: 0; 2; 4; 6; 8 horas após alimentação, realizados em um dia a cada duas horas entre as coletas garantindo, dessa forma, uma melhor precisão de coleta e menor impacto sobre o bem estar dos animais.

Para aquisição do líquido, a digesta ruminal foi filtrada em quatro camadas de tecido de algodão, sendo adquirido uma quantidade de  $\pm 200$  mL. Após a filtragem, a parte sólida foi devolvida ao rúmen, e imediatamente o líquido foi homogeneizado e o pH mensurado através de leitura direta com potenciômetro digital. Após mensuração do pH, três alíquotas de fluido foram coletadas. Foram acondicionadas em recipientes de 20 mL, contendo 1 mL de ácido clorídrico (HCl) a 6N cada e armazenados a -20°C, para posterior avaliação de nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>), ácidos graxos voláteis (AGV).

Considerando a determinação de N-NH<sub>3</sub>, seguiu-se a metodologia de (DETMANN et al., 2012) pelo método da destilação de Kjeldahl, onde as amostras foram descongeladas e, em um tubo de centrífuga, foram adicionados 10 mL de fluido ruminal e 1 mL de ácido tricloroacético (100 g/L) e deixados descansar por 30 minutos. Após esse tempo, o material foi centrifugado a

3000 rpm por 10 minutos, separado o sobrenadante e mantido sob refrigeração até o momento da análise. Para destilação, foram pipetados 2 mL de líquido ruminal nos tubos de ensaio e acoplados ao destilador. Prosseguiu-se a destilação adicionando aos tubos de ensaio 10 mL de hidróxido de potássio (KOH) e nos erlenmeyer acoplados ao conjunto de destilação, foi adicionado 10 mL de ácido bórico para captação da amônia. O processo final da destilação resultou em 50 mL de amostra que foi titulado com HCl 0,005N e posteriormente, calculado a quantidade de N-NH<sub>3</sub> em cada amostra.

Para determinação dos AGV's, foi utilizado a técnica de cromatografia gasosa, utilizando cromatógrafo a gás, modelo CG – Master. As amostras, apenas das horas 0 e 4, foram descongeladas em temperatura ambiente, sendo as mesmas deixadas em repouso para facilitar a separação do sobrenadante. Feito isso, foram centrifugadas a 4000 rpm durante 30 minutos e armazenados em ependorfs. No momento da análise, foram preparados padrões individuais na concentração de 0,5% para os ácidos acético, propiônico e butírico, sendo esses, posteriormente, injetados no equipamento. Após a leitura, foram geradas as curvas padrões dos AGV's e, a partir daí, foram injetadas as amostras, uma por vez, sempre acompanhando o resultado obtido com a curva padrão. O tempo de leitura de cada amostra foi em torno de 5 minutos.

O cromatógrafo foi utilizado com a seguinte programação:

Temperatura: 120°C Coluna;

Carbowax 30m;

Temperatura do forno 120°C;

Temperatura do vaporizador: 250°C;

Temperatura do detetor: 260°C;

1mL/min H<sub>2</sub>;

splitles.

Após a leitura das amostras, os gráficos foram interpretados através do software Peaksimple e geradas as proporções, em porcentagem, dos principais AGV's presentes no ambiente ruminal e a relação acetato: propionato.

No sexto e sétimo dia de coleta, para o cálculo do conteúdo ruminal total e da densidade do líquido ruminal, foi utilizada a técnica do esvaziamento total do rúmen antes (8:00 horas) e, após alimentação (12:00), em dias alternados. Após o esvaziamento completo do rúmen, todo o conteúdo foi pesado.

As análises estatísticas foram realizadas via SAS (9.3, SAS Institute Inc., Cary, NC),

usando o procedimento MIXED. As variáveis dependentes foram analisadas como um delineamento quadrado latino  $4 \times 4$ , em esquema de parcela subdividida, com a espécie animal (ovino e caprino) alocada na parcela e os tratamentos nas subparcelas. Os animais foram considerados unidades experimentais porque eram alimentados individualmente e a ingestão de alimentos eram conhecidas. Todos os graus de liberdade do denominador para testes F foram calculados de acordo com ROGER (1997). O modelo utilizado foi:

$$Y_{ijkl} = \mu + E_i + T_j + A_k(i) + ET(ij) + P_l + e_{ijkl}$$

$Y_{ijkl}$  é uma variável de resposta dependente contínua;  $\mu$  é a média geral;

$E_i$  é o efeito fixo do tratamento com Espécie ( $i = 1, 2$ );

$T_j$  é o efeito fixo do Tratamento ( $j = 1, 2, 3, 4$ );

$A_k(i)$  é o efeito aleatório do animal dentro do Tratamento;

$ET(ij)$  é a interação da Espécie e Tratamento;

$P_l$  é o efeito do período;  $e_{ijkl}$  é o erro residual;

Medidas repetidas foram utilizadas para analisar os parâmetros ruminais usando SP (POW).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Consumo**

Os níveis crescentes de glicerina bruta (42,64% de glicerol) na dieta em substituição ao milho influenciaram o consumo de matéria seca (CMS, g/dia) e promoveu efeito linear decrescente ( $P < 0,05$ ); com isso, os consumos de MS, MO, PB, FDN, CCHT, CNF e NDT decresceram linearmente ( $P < 0,05$ ). O consumo de EE aumentou linearmente ( $P < 0,05$ ) com a inclusão de GB (Tabela 3).

**Tabela 3.** Efeito da glicerina bruta em substituição ao milho sobre o consumo de nutrientes, em caprinos e ovinos em confinamento.

Fonte de variação	Espécies (E)		EPM	Tratamentos (T)				EPM	Valor de P				
	Caprino	Ovino		0%GB	5%GB	10%GB	15%GB		E	T	L	Q	E X T
CMS (g/dia)	969,35	1126,52	108,93	1118,88	1149,37	1013,96	909,54	87,97	0,3470	0,0185	0,0046	0,1944	0,6376
CMO (g/dia)	917,77	1064,86	103,24	1065,19	1088,23	957,27	854,57	83,40	0,3526	0,0145	0,0033	0,2020	0,6399
CPB (g/dia)	142,34	166,67	16,11	170,32	172,33	146,65	128,72	13,31	0,3269	0,0062	0,0012	0,2337	0,7840
CEE (g/dia)	48,25	56,10	5,56	36,35	51,36	57,64	63,35	4,53	0,3571	≤.0001	≤.0001	0,1001	0,9470
CFDN (g/dia)	432,21	488,79	51,75	518,15	507,02	433,35	383,47	40,93	0,4689	0,0021	0,0003	0,3783	0,5364
CCHT (g/dia)	810,26	945,45	92,93	962,81	971,58	839,39	737,65	75,33	0,3433	0,0061	0,0011	0,2185	0,6600
CCNF (g/dia)	370,79	439,65	42,21	442,40	450,92	392,30	335,26	34,59	0,2926	0,0057	0,0012	0,1305	0,6823
CNDT (g/dia)	713,68	862,56	82,76	860,12	861,15	775,33	655,89	64,20	0,2504	0,0013	0,0003	0,0717	0,4568

CMS= Consumo matéria seca; CMO= Consumo matéria orgânica; CPB = Consumo proteína bruta; CEE = Consumo extrato etéreo; CFDN = Consumo fibra em detergente neutro; CCNF = Consumo carboidrato não fibroso; CNDT = Consumo nutriente digestível total.

Esses valores de consumo de matéria seca podem ser explicados pelo teor de extrato etéreo que apresentou, na medida em que aumentava o nível de glicerina bruta na dieta, o consumo de MS, MO, PB, FDN, CHT, CNF, NDT, apresentou comportamento linear decrescente. De acordo com (PALMQUIST; JENKINS, 1980), citados por VILELA et al. (2002), o que pode ter contribuído para a diminuição do CMS é a intolerância dos microrganismos ruminais a elevados níveis de material graxo. O consumo de alimentos comumente decresce, quando os níveis de gordura excedem 6% MS na dieta.

Resultados semelhantes foram obtidos por LAGE et al., 2010, que trabalharam com níveis de inclusão de glicerina nas proporções de (0, 3, 6, 9 e 12%) em substituição ao milho. PIMENTEL et al. (2014), por outro lado, trabalharam com dietas contendo quatro proporções de substituições do milho grão pela glicerina bruta (GB) corrigida em proteína com coproduto do beneficiamento do milho em 0; 33,3; 66,6 e 100% na base da matéria seca total, correspondendo, respectivamente, a 0; 40; 80 e 120g de GB/kg de matéria seca total e relataram que não houve efeito da glicerina sobre o consumo de matéria seca em vacas em lactação.

Os consumos de MO, PB e NDT reduziram com os níveis de inclusão de GB na dieta (Tabela 3), o que pode ser explicado pela diminuição no consumo de MS pelos animais. Da mesma forma, os consumos de FDN e CNF decresceram linearmente ( $P < 0,05$ ) com o aumento dos níveis de GB na dieta, provavelmente, devido à redução na ingestão de MS, como também pela diminuição dos respectivos teores desses nutrientes nas dietas.

Considerando o consumo de MS como o componente principal, o mesmo pode ser influenciado por uma série de fatores, entre eles os inerentes ao animal, como a idade, o sexo e a espécie, bem como os inerentes ao alimento, como o nível de FDN, entre outros (ALVES et al.,

2010).

Segundo (MERTENS, 1987), o consumo de MS está inversamente relacionado com o teor de FDN e, dietas com elevada concentração de fibra limitam a capacidade ingestiva do animal, em virtude da repleção do retículo-rúmen. A semelhança no consumo de MS e FDN pode ter ocorrido em função das dietas apresentarem a mesma proporção volumosa: concentrado e teores de MS, FDN e PB, que provavelmente não alterou a digestibilidade.

Contrariamente, o consumo de extrato etéreo (CEE) apresentou efeito linear crescente ( $P < 0,05$ ). Este fato pode ser explicado pelo alto teor de extrato etéreo (29,07%) presente na glicerina bruta (Tabela 1), o que resultou em dietas com teores elevados de EE (Tabela 2).

Corroborando com LAGE et al., (2010), a glicerina bruta, que contém 40% de glicerol, possui como principal impureza os ácidos graxos que não foram convertidos em biodiesel. Dessa forma, o processamento da matéria prima determina o grau de pureza da glicerina neste trabalho, o CMS variou de 909,54 g/dia (dieta com 15% de glicerina) a 1118,88 g/dia (dieta controle), essa variação ocorreu, provavelmente, pelo fato de os animais rejeitarem as dietas com níveis crescentes de glicerina resultados semelhantes também foram constatados por (LAGE et al., 2010).

Teores de glicerol (42,64%; respectivamente), da glicerina utilizada no presente trabalho, foram muito próximos aos utilizados por (LAGE et al., 2010), (46,48% de glicerol), indicando que a glicerina bruta, com teores baixo de glicerol, podem causar rejeição do alimento e, conseqüentemente, redução no CMS em pequenos ruminantes.

Segundo (TYSON et al., 2004), o sal e as impurezas nos óleos reciclados e os reagentes usados na transesterificação são os principais problemas da glicerina de biodiesel, pois podem limitar o consumo e corrobora com essa pesquisa que contém impurezas com extrato etéreo 29%, glicerol 42,63%.

### **Digestibilidade**

Não foi observada influência ( $P < 0,05$ ) para os coeficientes de digestibilidade aparente de PB, EE, CNF, com médias  $73,93 \pm 1,49$ ;  $76,10 \pm 4,60$ ;  $79,45 \pm 2,65$ , respectivamente na (Tabela 04). O coeficiente de digestibilidade de MS, MO, FDN, CHT, NDT, por sua vez, apresentaram efeito linear decrescente ( $P < 0,05$ ).

**Tabela 4.** Efeito da glicerina bruta em substituição ao milho sobre a digestibilidade de nutrientes, em caprinos e ovinos em confinamento.

Variável	Espécie (E)		EPM1	Tratamento (T)				EPM	Valor de P				
	Caprino	Ovino		0%GB	5%GB	10%GB	15%GB		E	T	L	Q	EXT
CDMS (%)	64,53	67,31	2,69	68,18	65,40	66,94	63,16	2,13	0,4931	0,0419	0,0193	0,6644	0,8752
CDMO (%)	65,10	67,66	2,60	68,69	65,95	67,30	63,58	2,09	0,5123	0,0481	0,0193	0,6778	0,8877
CDPB (%)	74,10	73,76	1,43	75,52	72,15	74,65	73,39	1,49	0,8723	0,3061	0,5070	0,4221	0,6962
CDEE (%)	74,85	77,34	4,48	79,35	72,84	78,06	74,13	4,60	0,7080	0,6014	0,5573	0,7440	0,7090
CDFDN (%)	55,12	59,23	2,57	60,73	58,89	58,40	50,67	2,19	0,3019	0,0016	0,0004	0,0611	0,5173
CDCHT (%)	66,38	69,79	2,86	70,45	68,21	68,84	64,83	2,21	0,4326	0,0153	0,0043	0,4079	0,8312
CDCNF (%)	78,66	80,24	3,14	81,55	77,84	79,02	79,39	2,65	0,7344	0,4934	0,4945	0,2472	0,3649
CDNDT (%)	74,05	76,54	2,29	77,80	74,58	76,37	72,43	1,96	0,4730	0,0554	0,0265	0,7807	0,7411

CDMS = Coeficiente digestibilidade matéria seca; CDMO = Coeficiente digestibilidade matéria orgânica; CDPB = Coeficiente digestibilidade proteína bruta; CDEE = Coeficiente digestibilidade extrato etéreo; CDFDN = Coeficiente digestibilidade fibra detergente neutro; CDCNF = Coeficiente digestibilidade carboidrato não fibroso; CDCHT = Coeficiente digestibilidade carboidrato Total; CDNDT = Coeficiente digestibilidade nutriente digestível total.

A digestibilidade é influenciada diretamente pelo consumo de alimentos e composição do alimento na dieta (VAN SOEST, 1994). Corroborando com os resultados obtidos nesse trabalho, onde CDMS, CDMO, CDCHT e CDNDT foram reduzidos com a inclusão da glicerina, ou seja, o menor consumo de matéria seca observado na (Tabela 3) influenciou diretamente na digestibilidade dos nutrientes. Para (TAMMINGA e DOREAU 1991) e (JENKINS e McGUIRE 2006), teores de EE na dieta acima de 6% podem comprometer a digestibilidade da FDN decorrente da inibição do crescimento de bactérias, especialmente as celulolíticas, e de protozoários e do recobrimento físico da fibra por lipídios, dificultando a ação dos microrganismos. E esse comportamento foi observado nesta pesquisa principalmente (Tabela 3), no qual o CEE foi influenciado, interferindo, assim, na digestibilidade destes nutrientes.

NEIVA et al. (2012) também relataram que o consumo de matéria seca e nutrientes e, conseqüentemente, a digestibilidade, também podem ser influenciados pelo teor de fibra da dieta, ou seja, quanto maior o teor de fibra, menor o consumo, devido ao enchimento físico do rúmen, afetando negativamente a digestibilidade.

A forragem da dieta era composta por volumoso: concentrado 50x50, ainda nesse contexto, quando considerado a taxa de passagem, quanto maior o tempo de permanência do alimento no rumem, melhor a fermentação e o coeficiente de digestibilidade de alguns nutrientes (MIZUBUTI et al., 2002).

Haja vista que os teores de fibra, à medida que aumentou a glicerina, reduziu o consumo, ou seja, não foi o teor de FDN da dieta mais o efeito do teor de extrato etéreo sobre a

digestibilidade da fibra e conseqüentemente mais tempo de permanência desta no rúmen causando, assim, repleção.

### Comportamento

O tempo despendido pelos animais com alimentação (comendo), em h/d, não foi influenciado pela inclusão de GB na dieta ( $P>0,05$ ), com média de  $2,26 \pm 0,13$  (Tabela 4). Com relação ao tempo de ruminação, expresso em h/d, houve efeito linear crescente ( $P<0,05$ ).

Ainda na (Tabela 4), observa-se que o tempo de ruminação do tratamento 10% e 15% de GB foi cerca de 17%, maior do que o obtido para o tratamento controle 0% de GB. O tempo despendido com ócio não foi influenciado pela inclusão de GB na dieta. Entretanto, as eficiências de alimentação em g MS/h e g FDN/h sofreram influência das dietas com glicerina bruta linear decrescente ( $P<0,05$ ).

As eficiências de ruminação (g MS/h e g FDN/h) apresentaram influência linear decrescente ( $P<0,05$ ), influência das dietas com glicerina bruta, respectivamente (Tabela 4).

**Tabela 5.** Efeito da glicerina bruta em substituição ao milho sobre o comportamento ingestivo em caprinos e ovinos em confinamento.

Variável	Espécie (E)		EPM	Tratamento (T)				EPM	Valor de P				
	Caprino	Ovino		0%GB	5%GB	10%GB	15%GB		E	T	L	Q	E X T
TCOM (h/dia)	2,68	2,06	0,27	2,25	2,37	2,37	2,50	0,28	0,1619	0,9120	0,5062	1,0000	0,9658
TRUM (h/dia)	5,70	6,37	0,59	5,62	5,41	6,56	6,56	0,53	0,4607	0,1031	0,0377	0,7900	0,4304
TTO (h/dia)	15,76	15,63	0,80	16,16	16,33	15,20	15,08	0,70	0,9165	0,2050	0,0656	0,9165	0,6454
EAL (g MS/h)	376,12	577,02	77,22	535,86	508,32	473,51	388,72	69,00	0,1154	0,2158	0,0494	0,5678	0,7575
EAL (g FDN/h)	189,14	282,39	39,18	268,35	248,62	236,41	189,70	34,56	0,1434	0,1739	0,0384	0,5823	0,7803
ERU (g MS/h)	176,62	167,58	21,77	193,96	204,27	157,03	133,06	19,85	0,7789	0,0159	0,0040	0,2605	0,6492
ERU (g FDN/h)	88,89	81,71	11,57	97,54	100,75	77,91	65,01	10,11	0,6765	0,0094	0,0020	0,2632	0,6025

TTA = Tempo comendo; TTR = Tempo de ruminação; TTO = tempo total de ócio; EAMS = eficiência de alimentação da matéria seca; EAFDN = eficiência de alimentação da fibra em detergente neutro; ERMS = eficiência de ruminação da matéria seca; ERFDN = eficiência de ruminação da fibra em detergente neutro.

O tempo despendido com alimentação (Comendo h/dia) não se reduziu com os níveis de inclusão da GB, diferindo do comportamento apresentado pelo CMS (Tabela 3). A resposta pode ser justificada pela alteração no comportamento ingestivo dos animais alimentados com GB, que necessitam de maior tempo para consumir alimentos em relação a dietas sem glicerina (TRABUE et al., 2007).

Esses resultados também podem ser explicados pelo poder de seletividade dos alimentos inerente às espécies caprinas e ovinas (VAN SOEST, 1994). O tempo de ruminação (h/d)

aumentou com os níveis de GB. Esse fato pode ser explicado pelo tempo de retenção mais longo no rúmen das dietas com níveis mais altos de GB (BENEDETI et al., 2016).

Altos níveis de glicerol reduzem a população de microrganismos ruminais, principalmente as bactérias fibrolíticas, podendo estar relacionado a três fatores principais: a formação de um ambiente pouco favorável à multiplicação dessas bactérias, como osmolaridade e pH; o encapsulamento das partículas fibrosas, evitando a aderência das bactérias; e a competição ou preferência por outro substrato (D'AUREA et al., 2017), o que pode justificar o aumento observado no tempo de ruminação.

A inclusão da GB não influenciou o tempo despendido em ócio, à medida que se intensificou o tempo de ruminação. As eficiências de alimentação (kg MS/h e kg FDN/h), seguiram a mesma tendência do consumo de MS. A eficiência de ruminação, expressa em kg MS/h e kg FDN/h, teve efeito quadrático o que explica a diminuição em função da redução no consumo de FDN, uma vez que GB não apresenta fibra em sua composição.

### **Parâmetros séricos**

No presente estudo com a inclusão de glicerina bruta em substituição ao milho, o colesterol variou entre 59,55 a 106,26 mg/dL, os tratamentos e esses valores estão dentro do intervalo de referência que são considerados como normal para caprinos e ovinos em produção, que está entre os valores de 80 a 130 mg/dL recomendados por (KANEKO et al., 2008).

Tal comportamento se dá porque o colesterol presente no sangue de ruminantes ocorre principalmente em função da síntese nas gônadas, intestino e no fígado em pequenas frações, mas sua concentração pode elevar-se quando há mobilização de reservas lipídicas ocasionados em situação de déficit energético, fato que não ocorreu neste estudo, (FERNANDES et al., 2012).

Elevadas concentrações de ácidos graxos não esterificados (AGNE) na circulação sanguínea são usadas para indicar a mobilização de gordura durante período de insuficiente consumo de energia, resultando em lipólise do tecido adiposo (ERICKSON et al., 1992), fato não observado no presente estudo.

As concentrações séricas de ureia e creatinina mantiveram-se dentro dos valores de referência (21,4 a 42,8mg/dL e 1,0 a 2,0mg/dL, respectivamente; (KANEKO et al., 2008), com isso, possivelmente a inclusão da GB não afetou a função renal dos animais (BRAUN et al., 2010).

As concentrações séricas de proteína total ficaram ligeiramente acima dos valores de referência para as espécies caprina e ovina de acordo com valores de referência (6,4 a 7,0 g/dL) descrito por (KANEKO et al., 2008).

Foi possível observar que o nível sérico de albumina ( $2,15 \pm 0,06$  g/dL) ficou sutilmente abaixo dos valores de referência de ( $2,70-3,90$  g/dL) (KANEKO et al., 2008). Esse fato pode ter sido influenciado pela redução no consumo de proteína.

Os valores médios observados para as enzimas aspartato aminotransferase (AST) foram de  $63,39 \pm 7,87$ , respectivamente. Esses valores se encontram abaixo dos valores máximos críticos para caprinos, sugeridos por (KANEKO et al., 2008), que são de 167 a 513U/L, respectivamente.

De acordo com (THRALL, 2007), danos hepáticos, musculares, eritrocitários e renais podem elevar a AST, e danos no fígado podem elevar os valores séricos de GGT, comportamento que não foi evidenciado neste estudo, mesmo para os tratamentos com níveis mais altos de glicerina bruta.

Os valores médios observados para as enzimas fosfatase alcalina foram de  $182,48 \pm 35,17$ , respectivamente. Esses valores se encontram dentro dos valores recomendados para caprinos e ovinos que são de 68 a 387U/L, respectivamente, sugeridos por (KANEKO et al., 2008).

Os valores médios observados para as concentrações plasmáticas de glicose foram de  $53,64 \pm 1,27$ , respectivamente. Esses valores se encontram dentro dos valores recomendados para caprinos e ovinos, sugeridos por (KANEKO et al., 2008), que são de 50 a 75mg/dL, respectivamente.

Mediante esses resultados, pode-se afirmar que alguns animais não apresentaram hipoglicemia, embora a glicose plasmática não seja um bom indicador do estado nutricional energético decorrente da insensibilidade da glicemia, às mudanças nutricionais e à sua sensibilidade ao estresse no qual a regulação desse elemento ocorre por meio de mecanismos homeostáticos que são bastante eficientes no organismo, os quais envolvem o controle endócrino por parte da insulina e do glucagon (GONZÁLEZ, 2000).

Os valores de triglicerídeos, encontrados neste estudo, apresentaram influência linear crescente e estão abaixo do intervalo de referência reportados por (CONTRERAS et al., 2000), que está entre 20 e 45 mg/dL. Os triglicerídeos circulantes no sangue são resultados da síntese endógena principalmente no fígado, que são secretados para serem armazenados no tecido adiposo, onde a produção é maior, mas pode ser alterada pela ingestão de lipídeos dos alimentos.

Nesse sentido, pode-se inferir que a influência encontrada para os triglicerídeos, observada neste trabalho, pode ser reflexo da ingestão de lipídeos que diferiu entre os tratamentos com níveis de glicerina em substituição ao milho, de acordo com que ia aumentando o nível de glicerina, o efeito foi aumentando, mas ficando dentro do intervalo de referência citada por (CONTRERAS et al., 2000), e ainda apenas dos 15% da capacidade que o fígado possui em

sintetizar estes compostos e que a maior produção de triglicérides estaria ocorrendo no tecido adiposo, o que explicaria os valores de triglicérides circulantes abaixo da referência citada (Tabela 6).

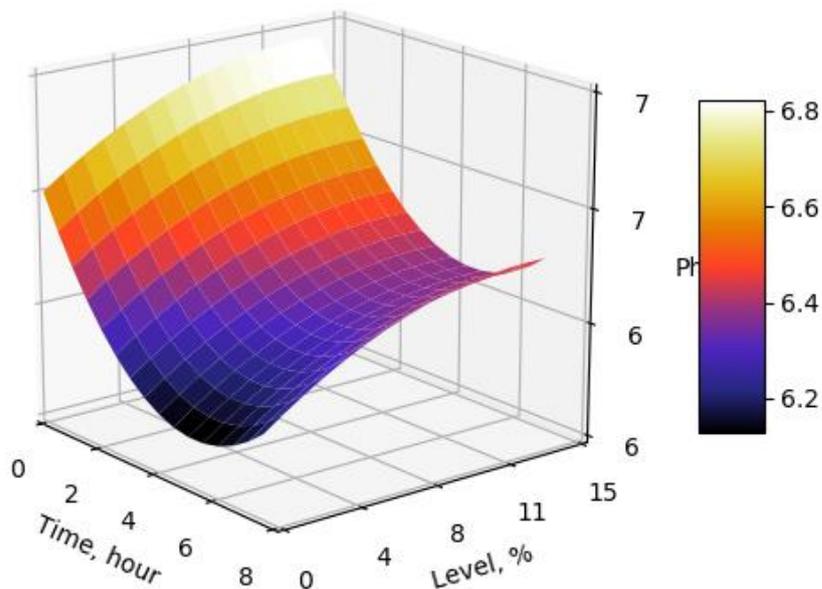
O valor de cálcio (Ca) ( $8,97 \pm 0,25$  mg/dL) ficou dentro dos valores de referência (8,9 a 11,7 mg/dL), enquanto que o magnésio sofreu influência linear decrescente (Mg) ( $2,46 \pm 0,07$  mg/dL), ficando abaixo dos valores de referência apresentados por (KANEKO et al., 2008), de 2,8 a 3,6 mg/dL, respectivamente, mas provavelmente não foram suficientes para desencadear síndromes metabólicas graves, uma vez que o consumo de MS diminuiu, linearmente, sem comprometer o desempenho animal.

O fósforo obteve influência linear crescente entre os tratamentos com valor médio  $5,16 \pm 0,46$  mg/dL, que ficou dentro do intervalo preconizado por (KANEKO et al., 2008), de 4,2 a 9,1 mg/dL. Em ruminantes, grandes quantidades de fósforo são recicladas pela saliva e há absorção no rúmen e no intestino, levando a variações nos níveis deste mineral. Sua presença no rúmen faz-se necessária para a manutenção da atividade da microflora e, por consequência, uma digestão adequada dos alimentos (GONZÁLEZ, 2000).

Os valores médios observados para o ácido úrico sofreram influência linear decrescente com médias  $0,05 \pm 0,008$ , respectivamente. Esses valores se encontram dentro dos valores recomendados para caprinos e ovinos, sugeridos por (KANEKO et al., 2008), que são de 0 a 1,9 md/dL, respectivamente.

### **Potencial Hidrogeniônico (pH)**

Considerando a influência das horas de observação sobre o pH, podemos observar que ocorreram oscilações entre os períodos de alimentação e as horas subsequentes com o ponto de sela no nível 14,12 e hora 4,73. Com o aumento do teor de glicerol na ração, causou decréscimo linear no pH ruminal. A hora 0 representa as 8:00 horas da manhã, momento este em que os animais recebiam a primeira refeição do dia após a hora 2, observa-se a queda mais acentuada do pH, fenômeno este decorrente da degradação da dieta ingerida ao longo das horas anteriores, conhecido como pico de degradação.



### Potencial Hidrogênico (pH)

$$y = 6,601782 + 0,049710 * 0^2 - 0,001570 - 0,189632 + 0,018482 + 0,000857$$

$$y = 6,601782 + 0,049710 * 5^2 - 0,001570 - 0,189632 + 0,018482 + 0,000857$$

$$y = 6,601782 + 0,049710 * 10^2 - 0,001570 - 0,189632 + 0,018482 + 0,000857$$

$$y = 6,601782 + 0,049710 * 15^2 - 0,001570 - 0,189632 + 0,018482 + 0,000857$$

Esta resposta deve-se ao maior acúmulo de ácidos orgânicos no rúmen, como AGCC, CO<sub>2</sub> e lactato, produzidos principalmente durante o processo de fermentação ruminal, fazendo com que o pH ruminal caia (NUSSIO et al., 2011; OWENS, F. N.; GOETSCH, 1993) citado por (TONISSI et al., 2019). O menor valor de pH ruminal foi de 6,12, indicando que a queda de pH não foi muito acentuada, possivelmente devido às características da dieta, que continha 50% do volume de forragem, feno de tifton e 50% de concentrado.

O pH do rúmen pode oscilar de 5,5 a 7,2, com valores inferiores de pH detectados em intervalos de tempo curtos, em condições normais, e o menor valor ocorre duas a seis horas após a alimentação, após os animais receberem um dieta rica em concentrado, segundo esses autores (DEHORITY, 2004; OWENS, F. N.; GOETSCH, 1993; VALADARES; FILHO; S. DE C.; PINA, 2006) citados por SANTANA NETO et al. (2012).

SANTANA NETO et al. (2012) relataram que o pH é considerado um dos fatores mais importantes no ambiente ruminal, pois, a partir dele, pode-se analisar a saúde do ambiente ruminal e o comportamento da degradação dos alimentos e da atividade dos microrganismos. O

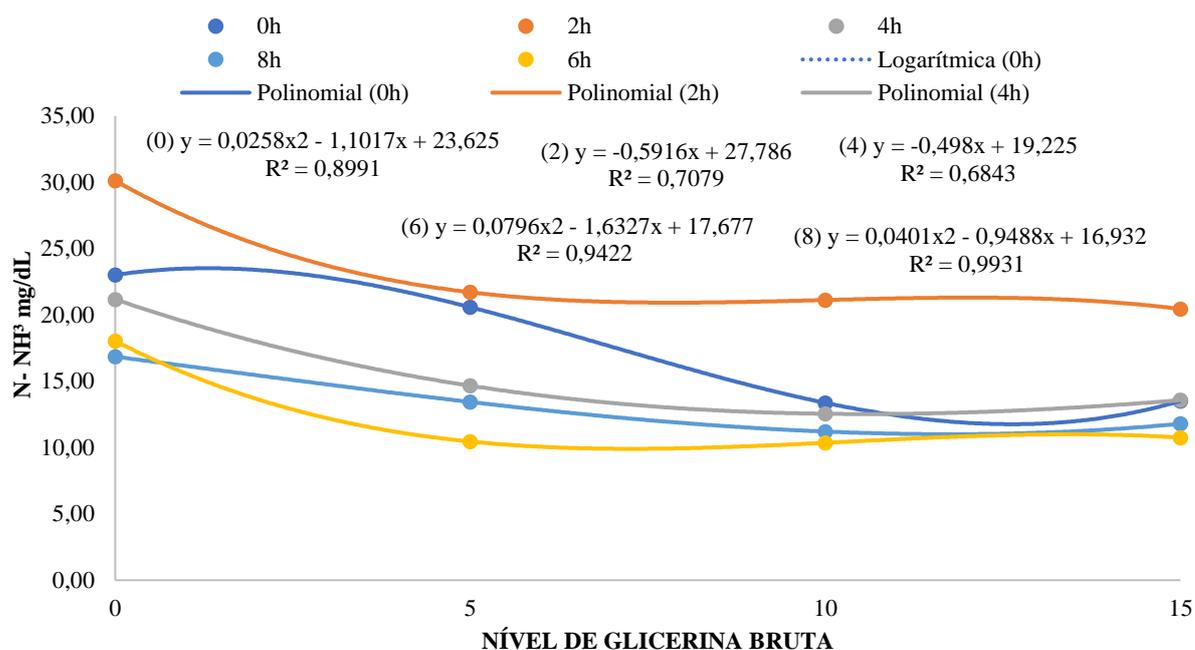
pH é uma função que depende do tipo de alimentação e seus efeitos sobre a produção de saliva, relacionado à quantidade de fibra na dieta e a ruminação, produção e absorção de AGCC, nível de consumo de ração e de troca de bicarbonato através do epitélio ruminal (MERTENS, 1994).

O pH e taxa de crescimento dos micro-organismos ruminais dependem diretamente dos produtos finais da fermentação. Isto pode ser demonstrado pelo uso de dietas ricas em volumosos, quando, geralmente, o pH ruminal é mais elevado, o qual permite o crescimento de bactérias celulolíticas (CHURCH, 1979; VAN SOEST, 1994). O pH ruminal influencia diretamente a taxa de crescimento dos micro-organismos ruminais. Com redução moderada do pH ruminal, até aproximadamente 6, a digestão da fibra decresce sem influenciar o número de organismos fibrolíticos. Porém, com redução para a faixa de 5,5 a 5,0, ocorre diminuição do número e da taxa de crescimento dos micro-organismos fibrolíticos, podendo causar inibição na digestão da fibra, (HOOVER, 1986).

Mesmo havendo efeito da glicerina no pH, os valores encontrados se mantiveram dentro do nível ideal para a atividade das bactérias celulolíticas (WANG et al., 2009) como sendo o limite mínimo para que não ocorra redução da síntese microbiana e inibição da degradação da FDN, valores inferiores a este acarretam redução significativa do processo de degradação do alimento. E sugerem que a queda no pH com o aumento do teor de glicerol na ração se deve, provavelmente, à maior taxa de degradação do glicerol em comparação com o amido.

### **Nitrogênio Amoniacal (N-NH<sup>3</sup>)**

A concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH<sup>3</sup>) sofreu influência linear decrescente no tempo, ou seja, de acordo com que ia aumentando o nível de glicerina, as concentrações de nitrogênio amoniacal caíam ( $P < 0,05$ ), e uma influência quadrática no tratamento entre os níveis 10 e 15% de glicerina bruta ( $P < 0,05$ ) não apresentou interação entre tratamentos e tempo ( $P < 0,05$ ). Pôde-se constatar as oscilações na concentração de N-NH<sub>3</sub> ao longo das horas, sendo diretamente influenciado pelo momento da alimentação e a posterior degradação desses alimentos.



### Nitrogênio Amoniacal (N-NH<sup>3</sup>)

O N-NH<sub>3</sub>, presente no ambiente ruminal, é proveniente do processo de degradação das fontes proteicas, sejam elas de proteína verdadeira ou de nitrogênio não proteico (NNP), os micro-organismos do rúmen degradam as fontes proteicas produzindo o N-NH<sub>3</sub>.

A amônia ruminal proveniente do nitrogênio não protéico da dieta, da degradação da proteína verdadeira dietética e da reciclagem via saliva ou difusão pela parede ruminal, enquanto sua remoção pode ser realizada via incorporação em proteína microbiana, pela passagem ao trato posterior ou absorção ruminal (VAN SOEST, 1994).

Nesse caso, observa-se uma elevação na concentração de N-NH<sub>3</sub> duas horas após o fornecimento da alimentação da manhã 10 horas, respectivamente. Esse aumento na concentração se dá pela rápida degradação da ureia e proteínas, efetuada pelas bactérias ureolítica, que se encontram aderidas à parede do rúmen e atuam através da enzima urease, convertendo a ureia em amônia e CO<sub>2</sub>.

A determinação das concentrações de amônia permite o conhecimento do desbalanceamento na digestão de proteína, pois, quando ocorrem altas concentrações de amônia, pode estar havendo excesso de proteína dietética degradada no rúmen e/ou baixa concentração de carboidratos degradados no rúmen, (PEREIRA et al., 2001).

O nível ótimo de N-NH<sub>3</sub> no líquido ruminal para crescimento microbiano, segundo (VAN SOEST, 1994), é de 10mg/100 mL de líquido ruminal. As dietas a base de forragem são ricas em celulose, com um conteúdo intermediário em açúcares solúveis e pobres em amido. Com dietas

ricas em amido, pelo contrário, a população bacteriana é principalmente amilolítica. Os germes amilolíticos competem pelos carboidratos solúveis e pelos produtos da hidrólise de amido da hemicelulose (OWENS, F. N., et al., 1993), parecido com esse trabalho que continham 50:50 volumoso: concentrado gerando esses resultados de  $N-NH^3$ .

Há também um aumento no crescimento microbiano (proteína microbiana) dentro do rúmen por conta da maior quantidade de Fibra em Detergente Neutro (FDN) contida nos alimentos volumosos. Segundo (RUSSEL et al., 1992), a produção de proteína microbiana depende do conteúdo do FDN dietético, quando o conteúdo de FDN da dieta é menor ou igual a 20% da matéria seca, a produção de proteína microbiana decresce 2,5% para cada 15% de decréscimo do FDN. A maior produção de saliva, característica comum para ovinos alimentados em pastagem, também colabora com um maior crescimento de micro-organismo, já que a saliva atua como tampão e fonte de alimento para os micro-organismos ruminantes. Segundo (OWENS, F. N., et al., 1993), as bactérias celulolíticas necessitam de íon bicarbonato, presente na saliva, para se multiplicar. Outra função da saliva para o micro-organismo é no auxílio à fixação desses nas partículas do alimento, citado por (SANTANA NETO et al., 2012).

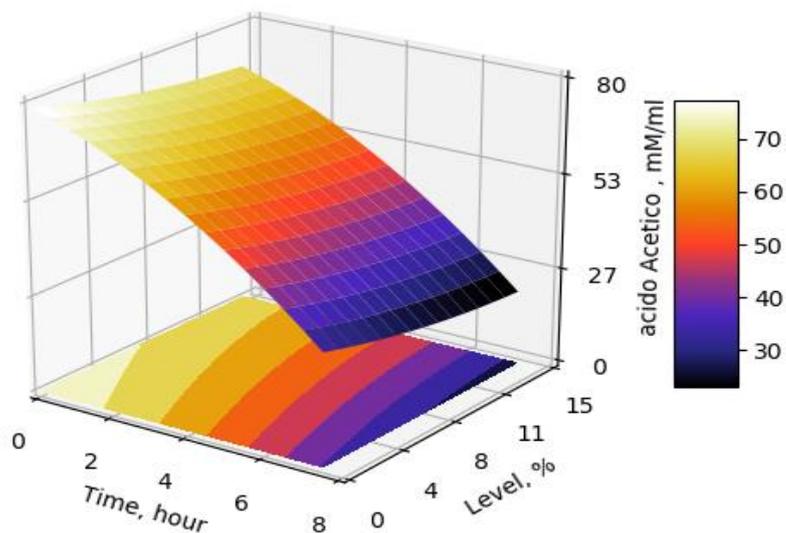
### **Ácidos graxos de cadeia curta**

Em relação aos ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), foram avaliadas as concentrações dos três principais ácidos presentes no ambiente ruminal, são eles o Acetato, Propionato e Butirato. A variável, acetato, sofreu efeito ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos, tempo, tratamento\*tempo, e influência linear decrescente de tratamento e influência quadrática no tempo sofreu efeito ( $P < 0,05$ ) (Tabela 7).

Segundo (NRC, 2007), o perfil de produção de AGV's, resultando de proporções molares encontrados no rúmen, varia em resposta à dieta. Desta forma, o tipo de dieta (forragem vs concentrado) é um dos principais determinantes da população microbiana que será residente e afetará o perfil de AGV's em conformidade. No caso de uma dieta rica em forragem, um pH ruminal relativamente alto favorecerá a digestão da fibra pelas bactérias e a produção de acetato irá predominar e a inibição da produção de acetato se dá pela morte de bactérias celulolíticas e protozoários, ambos os principais produtores de acetato. A morte de micro-organismos produtores de acetato se dá por conta da queda do pH, ocasionada pela rápida fermentação de carboidratos não estruturais.

De acordo com (MANELLA, M. Q., et al. 2003), dietas ricas em forragens resultam em maior atividade de bactérias celulolíticas e sacarolíticas, aumentando a produção de ácido acético. Já as dietas ricas em amido e/ou proteína, aumentam a ação das bactérias amilolíticas e/ou

proteolíticas, que são produtoras de ácido propiônico (CHURCH, 1988).



### Ácido acético

$$y = 78,721966 - 1,257243 * 0^2 + 0,036113 - 3,247272 + 0,4115 - 0,050175$$

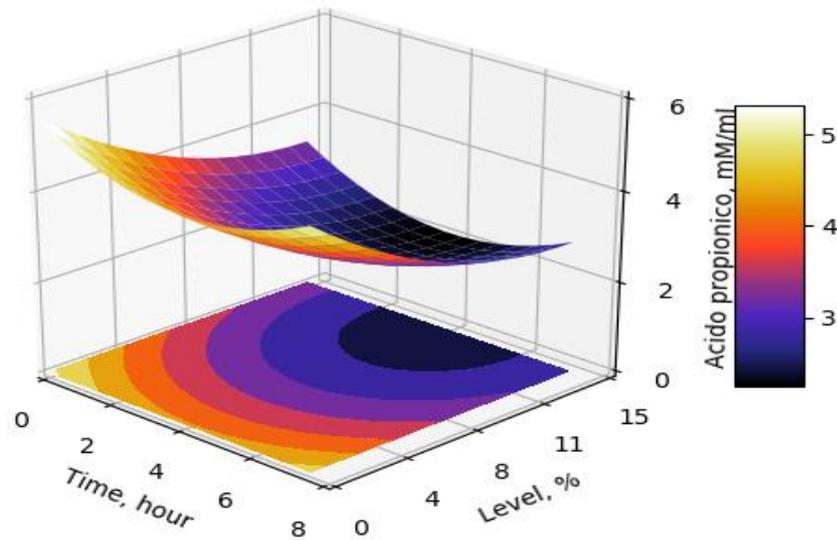
$$y = 78,721966 - 1,257243 * 5^2 + 0,036113 - 3,247272 + 0,4115 - 0,050175$$

$$y = 78,721966 - 1,257243 * 10^2 + 0,036113 - 3,247272 + 0,4115 - 0,050175$$

$$y = 78,721966 - 1,257243 * 15^2 + 0,036113 - 3,247272 + 0,4115 - 0,050175$$

Já o ácido propionato, a variável propionato, sofreu efeito ( $P>0,05$ ) entre os tratamentos, tempo, tratamento\*tempo, e influência linear crescente de tratamento e tempo e influência quadrático de tratamento e influência quadrática de tempo sofreu efeito ( $P>0,05$ ) (Tabela 7) com ponto de máxima no nível 14,94 e hora 5,04.

O glicerol, advindo da glicerina bruta, é fermentado principalmente a ácido propiônico, precursor da deposição muscular, muito interessante na produção de ruminantes, pois reduz consequentemente a produção de metano, uma vez que animais alimentados com dietas que proporcionam maior proporção de propionato no rúmen tendem a diminuir a produção de metano, pois produção de propionato envolve o consumo de H<sub>2</sub> e não o contrário como ocorre na produção de AG acético e butírico, assim economizando energia para produção final como carne e leite (KREHBIEL. 2008).



### Ácido Propionico

$$y = 12,775257 + 1,533143 * 0^2 - 0,057958 + 2,565305 - 0,313119 + 0,039564$$

$$y = 12,775257 + 1,533143 * 5^2 - 0,057958 + 2,565305 - 0,313119 + 0,039564$$

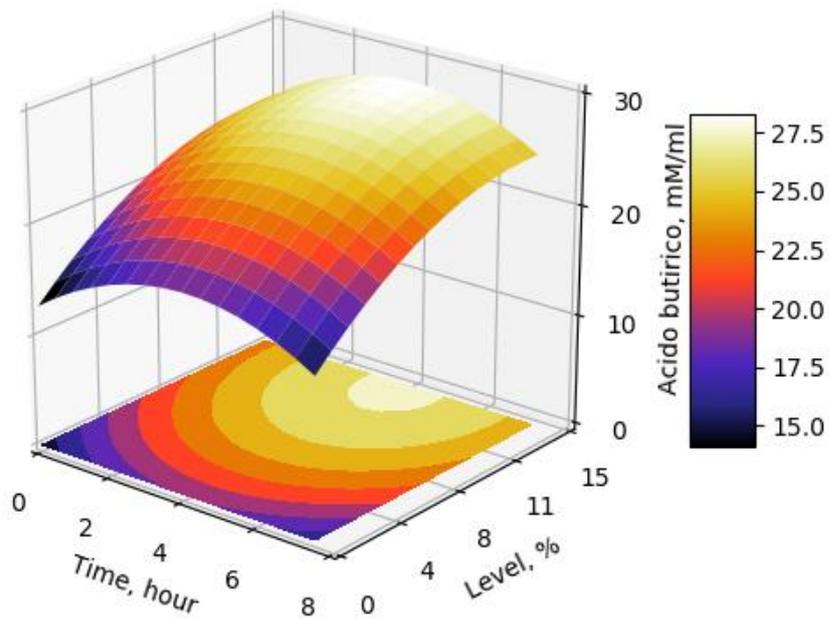
$$y = 12,775257 + 1,533143 * 10^2 - 0,057958 + 2,565305 - 0,313119 + 0,039564$$

$$y = 12,775257 + 1,533143 * 15^2 - 0,057958 + 2,565305 - 0,313119 + 0,039564$$

Já o ácido butírico sofreu efeito ( $P > 0,05$ ) entre tempo, tratamento\*tempo, e influência quadrática de tempo (Tabela 7) com ponto de sela no nível 5,4 e hora 3,75.

Segundo (KOZLOSKI. 2009), muitas espécies bacterianas produzem butirato, mas existem algumas bactérias ruminais que são especialmente produtoras deste AGV, nessas a síntese não é influenciada pela pressão de H<sub>2</sub>.

(ANTUNES & RODRIGUEZ 2006) cita que a síntese do butirato pode ocorrer no rúmen a partir do acetato ou de outros compostos que resultam em acetil-CoA, como o piruvato ou glutamato. Tem sido descritas duas vias de síntese de butirato no rúmen. A via mais importante é o inverso da  $\beta$ - oxidação em que são utilizadas duas moléculas de acetato. A outra via, o malonil-CoA, combina-se com o acetil-CoA que, posteriormente, é reduzido até butirato pela via do crotonil-CoA.



### Ácido Butírico

$$y = 8,503830 - 0,276025 * 0^2 + 0,021850 + 0,681695 - 0,098443 + 0,010624$$

$$y = 8,503830 - 0,276025 * 5^2 + 0,021850 + 0,681695 - 0,098443 + 0,010624$$

$$y = 8,503830 - 0,276025 * 10^2 + 0,021850 + 0,681695 - 0,098443 + 0,010624$$

$$y = 8,503830 - 0,276025 * 15^2 + 0,021850 + 0,681695 - 0,098443 + 0,010624$$

### CONCLUSÃO

Glicerina bruta contendo 42,64% de glicerol pode substituir parcialmente o milho e ser incluída em até 10% na matéria seca da dieta de caprinos e ovinos.

**Tabela 06.** Efeito da glicerina bruta em substituição ao milho sobre o perfil metabólico de caprinos e ovinos em confinamento.

Variáveis	Espécie (E)		EPM1	Tratamento (T)				EPM	Valor de P				
	Caprino	Ovino		0%GB	5%GB	10%GB	15%GB		E	T	L	Q	E X T
Ácido Úrico (mg/dl)	0,05	0,05	0,01	0,07	0,04	0,05	0,03	0,01	0,6161	0,0834	0,0369	0,3723	0,3414
Proteínas totais (g/dl)	7,25	8,67	0,35	7,97	7,93	7,88	8,06	0,27	0,0297	0,7331	0,7010	0,3481	0,6768
Ureia (mg/dl)	38,57	31,83	2,91	31,35	36,40	35,90	37,16	2,42	0,1522	0,0629	0,0242	0,2207	0,0571
Creatinina (mg/dl)	1,56	1,40	0,83	1,50	1,48	1,42	1,52	0,06	0,2257	0,4127	0,9818	0,1790	0,3827
Magnésio (mg/dl)	2,38	2,55	0,08	2,52	2,59	2,41	2,33	0,07	0,2008	0,0110	0,0047	0,1250	0,4230
Glicose (mg/dl)	53,29	54,00	1,10	54,64	54,77	53,21	51,95	1,27	0,6680	0,3160	0,0888	0,5627	0,3005
Fósforo (mg/dl)	5,17	5,17	0,50	4,03	5,09	5,74	5,81	0,46	0,9993	0,0099	0,0018	0,1727	0,3048
Cálcio (mg/dl)	8,44	9,50	0,32	8,94	8,91	9,00	9,04	0,25	0,0590	0,8666	0,4795	0,7694	0,6819
Aspartato (mg/dl)	48,41	78,38	9,94	58,75	55,40	64,57	74,85	7,87	0,0770	0,0269	0,0084	0,1207	0,3666
Fosfatase (mg/dl)	160,04	205,00	45,07	136,15	213,42	168,23	212,15	35,17	0,5077	0,0211	0,0348	0,3510	0,7323
Albumina (mg/dl)	2,10	2,21	0,09	2,16	2,12	2,12	2,21	0,06	0,4315	0,0460	0,1827	0,0124	0,0823
Colesterol (mg/dl)	86,92	81,74	12,20	59,55	77,55	93,96	106,26	9,39	0,7741	≤.0001	≤.0001	0,5191	0,9100
Triglicerídeos (mg/dl)	21,31	33,03	2,79	21,80	26,47	25,20	35,21	2,65	0,0252	0,0036	0,0011	0,2130	0,0841

0%GB = 0% de glicerina bruta; 5%GB = 5% de glicerina bruta; 10%GB = 10% de glicerina bruta; 15%GB = 15% de glicerina bruta.

**Tabela 07.** Parâmetros Ruminais de ruminantes com diferentes níveis de glicerina bruta em substituição ao farelo de milho.

VARIÁVEL	ESPÉCIE		TRATAMENTO				EPM	TEMPO (T)					EPM	VALOR DE P									
	C	O	0%GB	5%GB	10%GB	15%GB		0h	2h	4h	6h	8h		E	E*TR	E*T	TR	T	TR*T	L*T	Q*T	TR*L	TR*Q
pH	6,52	6,57	6,29	6,48	6,68	6,72	0,08	6,84	6,53	6,36	6,46	6,53	0,06	0,7221	0,0348	0,0603	≤,0001	≤,0001	0,6940	≤,0001	≤,0001	≤,0001	0,1906
N-NH <sup>3</sup>	17,29	15,58	21,83	16,13	13,65	14,01	1,44	17,54	23,30	15,49	12,39	13,32	1,06	0,2781	0,9615	0,6707	0,0003	≤,0001	0,6158	≤,0001	0,1331	0,0001	0,0388
ACETICO	68,12	67,55	75,27	70,24	63,62	62,20	1,92	73,71	64,33	64,52	68,06	68,53	1,73	0,8657	0,7576	0,8883	≤,0001	≤,0001	≤,0001	0,0032	≤,0001	≤,0001	0,1343
PROPIONICO	21,8	24,47	15,85	21,51	27,65	27,51	1,46	18,44	25,12	25,80	23,43	22,86	1,24	0,2972	0,6485	0,6055	≤,0001	≤,0001	≤,0001	≤,0001	≤,0001	≤,0001	0,0053
BUTÍRICO	10,07	7,98	8,86	8,24	8,72	10,28	1,18	7,83	10,54	9,66	8,50	8,59	1,02	0,3086	0,0916	0,2443	0,3449	0,0004	0,0374	0,7159	0,0016	0,2063	0,1901

GB = Glicerina bruta; pH = Potencial Hidrogeniônico; N-NH<sup>3</sup> = Nitrogênio Amoniacal; EPM = Erro padrão; TR = Tratamento; T = Tempo; TR\*T = Tratamento\*Tempo; L\*T = Linear\*Tempo; Q\*T = Quadrático\*tempo; TR\*L = Tratamento Linear; TR\*Q = Tratamento quadrático C = caprino; O = Ovino.

## REFERÊNCIAS

- ABDALLA, A. L. et al. Biodiesel industry by-products used for ruminant feed. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. spe, p. 260–268, 2008.
- ANTUNES, R. C.; RODRIGUEZ, N. M. Metabolismo dos carboidratos não estruturais. In: BERCHIELLI, T. T., PIRES, A. V., OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, p. 229-253, 2006.
- ALMEIDA, M. T. C. et al. Crude glycerin changes ruminal parameters, in vitro greenhouse gas profile, and bacterial fractions of beef cattle. **Livestock Science**, v. 178, p. 158–164, 2015.
- ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Anuário estatístico do petróleo, gás natural e biocombustíveis 2016. [http://www.anp.gov.br/wwwanp/images/publicacoes/Anuario\\_Estatistico\\_ANP\\_2016](http://www.anp.gov.br/wwwanp/images/publicacoes/Anuario_Estatistico_ANP_2016).
- ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Anuário estatístico do petróleo, gás natural e biocombustíveis 2008-2014. Dezembro, 2014.
- APROBIO – ASSOCIAÇÃO DOS PRODUTORES DE BIODIESEL DO BRASIL. Impactos socioeconômicos da indústria de biodiesel no Brasil. Relatório Anual 2014, dezembro, 2014.
- ALVES et al. Comportamento ingestivo de ovinos alimentados com farelo da vagem de algaroba associado a níveis de ureia. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 32, n. 4, p. 439–445, 2010.
- BENEDETI, P. B. D., 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. 1–14, 2016.
- BIODIESEL, P. DO. **PORTAL DO BIODIESEL**. Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br>> 2012.
- BRAUN et al. Clinical biochemistry in sheep: A selected review. **Small Ruminant Research**, v. 92, n. 1–3, p. 10–18, 2010.
- BUELNA, G. et al. Microbial hydrogen production by bioconversion of crude glycerol: A review. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 37, n. 8, p. 6473–6490, 2012.
- CHANJULA et al. 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.
- CHURCH, D. C. **Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants**. Englewood Cliffs:

Waveland Press, 563p. 1988.

CHURCH, D. C. 1979. Digestive physiology and nutrition of ruminants. Digestive Physiology. 2nd ed., Corvallis, OR. 1979.

CONTRERAS et al. 7. Uso dos perfis metabólicos no monitoramento nutricional dos ovinos. **Doze leituras em bioquímica clínica veterinária**, p. 77, 2000.

CUNHA, C. M. et al. Características da carcaça e qualidade da carne de cordeiros Pantaneiros alimentados com teores crescentes de glicerina bruta. **Revista Brasileira de Saude e Producao Animal**, v. 17, n. 4, p. 729–743, 2016.

D'AUREA, A.P. EZEQUIEL, J.M.B. D'AUREA, E.M.O. FÁVARO, V.R. HOMEM JÚNIOR, A.C. VAN CLEEF, E.H.C.B. PASCHOALOTO, J.R. ALMEIDA, M.T.C. **Glicerina associada à ureia na terminação de bovinos: Parâmetros ruminais, digestibilidade e massa microbiana. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia**, 2017.

DASARI, M. A. et al. Low-pressure hydrogenolysis of glycerol to propylene glycol. **Applied Catalysis A: General**, v. 281, n. 1–2, p. 225–231, 2005.

DECANDIA, M. . ET AL. Dairy Goats Feeding and Nutrition. In: **Dairy Goats Feeding and Nutrition**. First ed. CABI, 2008. p. 308.

DEHORITY, B. A. Rumen microbiology. p. 372 2ed, 2004.

DETMANN, E. et al. Métodos para análise de alimentos-INCT-Ciência Animal Suprema. **Visconde do Rio Branco**, 2012.

DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C. On the estimation of non-fibrous carbohydrates in feeds and diets. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 62, n. 4, p. 980–984, 2010.

DONKIN, S. S.; DOANE, P. Glycerol as a Feed Ingredient in Dairy Rations. **Nutrition**, n. 765, p. 97–103, 2007.

ECHEVERRI et al. Synthesis and copolymerization of thermosetting resins obtained from vegetable oils and biodiesel-derived crude glycerol. **European Polymer Journal**, v. 67, p. 428–438, 2015.

P. S. ERICKSON,<sup>2</sup> M. R. MURPHY,<sup>3</sup> and J. H. CLARK Supplementation of Dairy Cow Diets with Calcium Salts of Long-Chain Fatty Acids and Nicotinic Acid in Early Lactation. **Journal of Dairy Science**, v. 75, n. 4, p. 1078–1089, 1992.

FARIAS, DE S. M. et al. Níveis de glicerina para novilhas suplementadas em pastagens: desempenho, ingestão, eficiência alimentar e digestibilidade. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 3, 2012.

FÁVARO, V. R. **Utilização de glicerina , subproduto do biodiesel , na alimentação de**

**bovinos**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista. São Paulo, p. 48. 2010.

FERNANDES, S. R., MONTEIRO, A. L. G., DITTRICH, R. L., SALGADO, J. A., SILVA, C. J. A., SILVA, M. G. B., BELTRAME, O. C., PINTO, P. H. N. Early weaning and concentrate supplementation on the performance and metabolic profile of grazing lambs1.

**Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 5, p. 1292–1300, 2012.

FERREIRA et al. Novas Tecnologias para Alimentação de Bovinos Leiteiros na Seca. **Rev. Cient. Prod. Anim**, v. v15, n. n1, p. 42–52, 2013.

GARCIA, G. et al. Consumo voluntário e desempenho de ovinos submetidos a dietas contendo diferentes níveis de feno de maniçoba 1 Voluntary intake and performance of lambs fed with different maniçoba hay dietary levels. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 35, p. 123–130, 2004.

GONZÁLEZ, F. H. D. **Uso do perfil metabólico para determinar o status nutricional em gado de corte. Perfil metabólico em ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais**. Editora da ed. 2000.

HOOVER, W. H. Chemical Factors Involved in Ruminant Fiber Digestion. **Journal of Dairy Science**, v. 69, n. 10, p. 2755–2766, 1986.

IBGE. Instituto brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Mathematische Nachrichten**, v. 136, n. 1, p. 81-90, 2015. <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939#resultado> 2018. 29/05/2019.

JENKINS, T. C., MCGUIRE, M. A. **Major Advances in Nutrition: Impact on Milk Composition**. Department of Animal and Veterinary Sciences, Clemson University, Clemson, SC, 29634. Department of Animal and Veterinary Science, University of Idaho, Moscow 83844. *J. Dairy Sci.* 89:1302–1310. *Journal of Dairy Science* Vol. 89 No. 4, 2006.

KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRISS, M. L. **Clinical biochemistry of domestic animals**. 6.ed. ed. San Diego: Academic Press, 2008. 916p p.

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

KOZLOSKI, G.V. **Bioquímica dos ruminantes**. 2 ed. Santa Maria: UFSM. 2009. 214p.

LAGE, J. F. et al. Crude glycerin on finishing lamb diets | Glicerina bruta na dieta de cordeiros terminados em confinamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 9, p. 1012–1020, 2010.

LAGE, J. F. et al. 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.

LEE, S. Y. et al. Glycerol as a feed supplement for ruminants: In vitro fermentation characteristics and methane production. **Animal Feed Science and Technology**, v. 166–167, p. 269–274, 2011.

MARTIN, P.; BATESON, P. **Measuring behaviour: an introductory guide**. 3.ed. New York: Cambridge University Press, 1993. 254p.

MERTENS, D. R. Predicting Intake and Digestibility Using M a T H E M a T I C a L Models of R U M I N a L Function. **J. Anim. Sci.**, v. 64, p. 1548–1558, 1987.

MERTENS, D. R. REGULATION OF FORAGE INTAKE. USDA-Agricultural Research Service, US Dairy Forage Research Center, Madison, WI 53706. CP 11, PG 450, 1994.

MIZUBUTI, I. Y. et al. Consumo e Digestibilidade Aparente das Silagens de Milho ( *Zea mays* L .), Sorgo ( *Sorghum bicolor* ( L .) Moench ) e Girassol ( *Helianthus annuus* L .) Intake and Apparent Digestibility of Corn ( *Zea mays* L .), Sorghum ( *Sorghum bicolor* ( L .) Moench ) and. **R. Bras. Zootec.**, v. 31, n. 1955, p. 267–272, 2002.

MANELLA, M. Q., et al. Recria de bovinos Nelore em pastos de *Brachiaria brizantha* com suplementação protéica ou com acesso a banco de proteína de *Leucaena leucocephala*. Característica de fermentação ruminal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p. 1002-1012, 2003.

MORAND-FEHR., et al. Present state and future outlook of the small ruminant sector. **Small Ruminant Research**, v. 34, n. 3, p. 175–188, 1999.

MOTA et al. Liceroquímica: Novos produtos e processos a partir da glicerina de produção de biodiesel. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 639–648, 2009.

NUSSIO et al. **Metabolismo de carboidratos estruturais**. IN: BERCHIELLE, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. de. **Nutrição de Ruminantes**. (p. 183-228). Jaboticabal, SP: FUNEP, 2011.

NRC (2007). Nutrient Requirements of Small Ruminants, 7th ed. Natl. Acad. 522 Press, Washington, DC, pp. 408.

OWENS, F. N.; GOETSCH, A. L. **Fermentación ruminal. El rumiante fisiología digestiva y nutrición**. Zaragoza: Acribia, p. 159-190, 1993.

PALMQUIST, D. L.; JENKINS, T. C. Fat in Lactation Rations : Review. **Journal of Dairy Science**, v. 63, n. 1, p. 1–14, 1980.

PELLEGRIN, C. A. et al. Teores De Colesterol No Sangue E Na Carne De Cordeiros Lactentes Mantidos a Pasto E Suplementados Com Níveis De Glicerina Bruta No Creep Feeding Levels of Cholesterol in the Blood and Meat of Suckling Lambs Kept on Pasture and Supplemented With Different. v. 07, n. 1, p. 5–7, 2012.

PEREIRA et al. Consumo e digestibilidades aparentes total e parcial, de nutrientes, em bovinos recebendo rações contendo feno de capim-Tifton 85 de diferentes idades de rebrota.

**Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 2, p. 573–580, 2001.

PEREIRA, R. et al. Influência da glicerina bruta na cinética de fermentação ruminal in vitro 1. p. 6–8, 2008.

POLIZEL, D. M. Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Inclusão de glicerina bruta em substituição parcial ao milho na dieta de ovinos Piracicaba Daniel Montanher Polizel. 2014.

RAMOS, L. P., KUCEK, K. T., DOMINGOS, A. K., WILHELM, H. M. Um projeto de sustentabilidade econômica e sócio-ambiental para o Brasil. Biodiesel. Revista Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento - Edição nº 31 - julho/dezembro 2003. p 37.

RAPETTI et al. Feeding management of dairy goats in intensive systems. **Dairy goats feeding and nutrition**, v. 2, p. 221–237, 2008.

ROGER, M. G. K. AND J. H. Small Sample Inference for Fixed Effects from Restricted Maximum Likelihood. v. 53, n. 3, p. 983–997, 1997.

RUSSEL et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. **Journal of Animal Science**, v. v.70, p. p.3551-3561, 1992.

RUSSELL, J. B. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 11, p. 3562–3577, 1992.

SANTANA NETO, J. A. et al. Características Da Fermentação Ruminal De Ovinos Em Pastejo – Revisão De Literatura. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, p. 1–12, 2012.

SANTOS, D. A. DOS et al. Desempenho produtivo de cabritos alimentados com glicerina bruta. **Ciência Rural**, v. 45, n. 4, p. 690–696, 2015.

SCHRÖDER, A. AND K.-H. S. Glycerol as a by-product of biodiesel production in Diets for ruminants. v. 3, n. 1, p. 71–91, 2008.

SILVA, C. L. S. DA. Glicerina proveniente da produção de biodiesel como ingrediente de ração para frangos de corte. p. 81, 2010.

SILVEIRA, H. V. L. et al. Crude glycerin in the production of ruminates. **III Simpósio Mineiro de Produção Animal e X Semana de Zootecnia. Diamantina-MG.**, v. 3, p. 155–157, 2015.

SOUZA, L. L. et al. Crude glycerin for Santa Inês and F1 Dorper × Santa Inês lambs. **Small Ruminant Research**, v. 129, p. 1–5, 2015.

- THRALL, M. A. **Hematologia e bioquímica clínica veterinária**. 1ª ed. São Paulo. Editora Roca, 2007. 582 p. 51.
- TAMMINGA, S.; DOREAU, M. Lipids and rumen digestion. In: JOUANY, J.P. (Ed.). **Rumen microbial metabolism and ruminant digestion**. Paris: Institut National de la Recherche Agronomique, 1991. p.151-164.
- TONISSI, R. H. DE et al. Sunflower cake in diets for beef cattle: digestibility, kinetics and in vitro ruminal fermentation parameters. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 41, n. 1, p. 39492, 2019.
- TOOHEY et al. Pre-feasibility study into bio-diesel opportunity. **PRATT Water Pty Ltd**, 2003.
- TRABUE, S., SCOGGIN, K., TJANDRAKUSUMA, S., RASMUSSEN, M. A., REILLY, P. J. Ruminal fermentation of propylene glycol and glycerol. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 17, p. 7043–7051, 2007.
- TYSON, K. S., BOZELL, J., WALLACE, R., PETERSEN, E., MOENS, LUC. Biomass oil analysis: Research needs and recommendations, NREL Technical Report. TP-510-34796. n. June, 2004.
- VALADARES; FILHO; S. DE C.; PINA, D. D. S. Fermentação Ruminal. IN: BERCHIELLE, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. de. **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2006. 583p.
- VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Ithaca, Cornell University Press, 476p, , 1994.
- WANG, C. et al. Effects of glycerol on rumen fermentation, urinary excretion of purine derivatives and feed digestibility in steers. **Livestock Science**, v. 121, n. 1, p. 15–20, 2009.
- WEISS, W. P. **Energy prediction equations for ruminant feeds**. Proceedings. **Anais**.1999.
- ZAWADSKI et al. Uso de aditivos na dieta de bovinos de corte. **Prado, IN (Organizador). Produção de Bovinos de Corte e Qualidade da Carne**. Eduem, Maringá, 2010.