



MARCO TÚLIO SANTOS SIQUEIRA

**SUPLEMENTAÇÃO DE GORDURA DE PALMA E
LISOLECITINA INERTES NA DIETA DE CORDEIRAS**

**LAVRAS – MG
2024**

MARCO TÚLIO SANTOS SIQUEIRA

**SUPLEMENTAÇÃO DE GORDURA DE PALMA E LIPOLECITINA INERTES
NADIETA DE CORDEIRAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição de Ruminantes, para obtenção do título de Mestre.

Profa. Dra. Marina de Arruda Camargo

DanésOrientadora

Prof. Dr. Gilberto de Lima Macedo Júnior

Coorientador

**LAVRAS – MG
2024**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Siqueira, Marco Túlio Santos.

Suplementação de gordura de palma e lisolecitina inertes na
dieta de cordeiras / Marco

Túlio Santos Siqueira. - 2024.

88 p. : il.

Orientador(a): Marina de Arruda Camargo Danés.

Coorientador(a): Gilberto de Lima Macedo Júnior.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2024.

Bibliografia.

1. Produção e Nutrição de Ruminantes. 2. Lipídeos. 3.
Ovinocultura. I. Danés, Marina de Arruda Camargo. II. Macedo
Júnior, Gilberto de Lima. III. Título.

MARCO TÚLIO SANTOS SIQUEIRA

**SUPLEMENTAÇÃO DE GORDURA DE PALMA E LISOLECITINA
INERTES NADIETA DE CORDEIRAS**

**SUPPLEMENTATION OF INERT PALM FAT AND LYSOLECITIN IN
LAMB DIETS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição de Ruminantes, para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 27 de fevereiro de 2024.

Profa. Dr. Marina de Arruda Camargo Danes, UFLA

Prof. Dr. Gilberto de Lima Macedo Júnior

Prof. Dr. Erick Darlison Batista, UFLA

Profa. Dra. Camila Raineri, UFU

Dra. Marina de Arruda Camargo Danes

Orientadora

Dr. Gilberto de Lima Macedo Júnior

Coorientador

LAVRAS – MG

2024

DEDICATÓRIA

*À minha mãe Maria José dos Santos pelo esforço incansável para que eu pudesse realizar meus sonhos e atingir objetivos.
Dedico.*

AGRADECIMENTOS

À minha família, por todo o amor, apoio e confiança. À minha mãe Maria José por entender e apoiar as minhas escolhas. À minha irmã Mayara por ser grande exemplo na minha vida e porto seguro. À minha sobrinha Mayla, por ser um incentivo diário de sempre ser uma pessoa melhor. Aos familiares que me apoiaram e incentivaram durante a jornada. Por me ajudarem em momentos importantes e torcerem pela realização dos meus sonhos. À Mel e à Arya que fazem parte da nossa família e me doam sempre amor incondicional.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pela concessão da bolsa de estudos que possibilitou o meu comprometimento com o curso de pós-graduação.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), ao Departamento de Zootecnia (DZO) e ao Programa de Pós Graduação em Zootecnia pela oportunidade concedida para realização do mestrado e a possibilidade de aprendizado.

À Universidade Federal de Uberlândia (UFU) por disponibilizar o biotério experimental e os laboratórios para realização desse estudo, possibilitando o desenvolvimento do meu trabalho final.

Aos professores do Departamento de Zootecnia da UFLA, pelos ensinamentos transmitidos e harmoniosa convivência ao longo das disciplinas.

À professora Dra. Marina de Arruda Camargo Danés, por aceitar o desafio da orientação, confiança em mim depositada, oportunidades, aprendizados, paciência e amizade. Por impactar positivamente meu crescimento profissional e pessoal e incentivo para novos voos e desafios. Sou grato pelo trabalho que construímos.

Ao professor Dr. Gilberto de Lima Macedo Júnior, pela coorientação, pela paciência, pela amizade, dedicação e ensinamentos, que foram de grande valia para a realização deste trabalho. E principalmente por ser um pai não somente durante a realização do Mestrado, mas ao longo de toda Graduação. Sou extremamente grato pelo trabalho, oportunidades, conversas e conselhos.

Aos professores Dr. Erick Darlison Batista e Dra. Camila Raineri, pelos conhecimentos repassados e se disporem a participar como membro na banca examinadora. Agradeço pelas valiosas sugestões ao desenvolvimento do projeto e contribuição ao material construído.

Aos integrantes do Grupo de Estudos em Inovação Pesquisa e Pessoas para

Alimentação de Ruminantes (INPPAR) da UFLA: Caio, Gleiciele, João Pedro, Lázaro e Victor, pelo acolhimento, pela parceria, conversas e ensinamentos durante minha estadia em Lavras.

Aos integrantes do Grupo de Estudos em Nutrição de Ruminantes (GEPNUTRI) da UFU, pelo trabalho desenvolvido em equipe, pela parceria, conversas e ensinamentos durante todo o desenvolvimento experimental.

À professora Dra. Simone Pedro da Silva pela disponibilidade do Laboratório de Bromatologia e Nutrição Animal (LABAN) da UFU. Ao professor Dr. João Paulo Elsen Saut pela disponibilidade do Laboratório de Saúde em Grandes Animais (LASGRAN), que permitiu as análises bioquímicas.

Aos colegas do programa de pós-graduação em Zootecnia da UFLA, pela ajuda e conhecimento compartilhado durante aulas e conversas. Em especial a Karine Daenquele e Laryssa Bernardes com quem compartilhei as angústias de aulas e trabalhos acadêmicos e com quem desenvolvi uma amizade que levarei pra vida.

À Anna Olímpio, Rasan Miranda e Pedro Massahiro pela recepção e acolhimento em Lavras/MG, pela preocupação e por me ajudarem no processo de adaptação e desenvolvimento pessoal. Vocês foram minha família durante os dias em Lavras.

Ao Pedro, Luana, Karla, Débora e Bárbara pela companhia diária durante os diferentes meses do mestrado. Sou grato pela nossa convivência, por serem suporte e vivermos coisas incríveis durante nossos momentos juntos. Foi importante contar com vocês para dividir os contratempos da vida profissional e pessoal.

Aos meus amigos de longa data, obrigado por sempre se fazerem presente mesmo com a distância física. Obrigado pela lembrança quase que diária, pelas conversas longas e alegres, por ouvir os lamentos da vida adulta e pelos conselhos que sempre me salvam. Que a distância continue sendo um detalhe ínfimo perto da nossa conexão.

Aos novos amigos, os quais conquistei no Sul de Minas, pelo convívio constante e intenso, pelas conversas e momentos que passamos juntos. Espero reencontrá-los em outras ocasiões. A todos, sou imensamente grato!

RESUMO

Objetivou-se avaliar o perfil bioquímico e desempenho de cordeiras alimentadas com gordura inerte de óleo de palma associada à lisolecitina, bem como a digestibilidade das dietas. Para o experimento 1 foram utilizadas 28 cordeiras mestiças com $43,77 \pm 5,45$ kg de peso corporal (PC) e 8 ± 1 meses de idade, alocadas em quatro baias coletivas por 41 dias e submetidas a um delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 2x2. Os fatores e níveis considerados foram: 1) tipo de gordura (TG; pura e com lisolecitina) e; 2) quantidade de gordura (QG; 100 vs 150g), totalizando assim quatro tratamentos. Para o experimento 2, foram utilizadas 24 cordeiras contemporâneas de mesmo padrão racial com $37,33 \pm 8,05$ kg PC e 8 ± 1 meses de idade, alocadas em gaiolas de metabolismo durante 20 dias, conforme delineamento experimental descrito para o experimento 1. Os animais foram alimentados com silagem de milho e concentrado mais suplementação às 08h00 e 16h00. A análise de variância dos efeitos fixos e seus níveis (TG e QG) foi realizada pela versão 9.4 SAS e inicialmente os dados foram submetidos ao teste de normalidade e homogeneidade das variâncias a 5% de probabilidade. A significância foi determinada pelos testes F e Tukey, quando $P \leq 0,05$. Os metabólitos sanguíneos e desempenho corporal foram avaliados como medidas repetidas ao longo do tempo, enquanto a curva glicêmica foi analisada estatisticamente em função da hora de avaliação via regressão linear. Os dados de escore de condição corporal (ECC) e escore fecal (EF) foram analisados pelo teste de Kruskal e Wallis. Houve interação entre os fatores (TG x QG) para quantidade de fezes na matéria natural (FMN) e triglicédeos (TRIG; $P < 0,05$). A inclusão de lisolecitina afetou o EF quando comparada à gordura pura ($P = 0,04$). A adição de lisolecitina aumentou o ECC, bem como os níveis de colesterol (COL), TRIG e lipoproteínas de alta (HDL) e de muito baixa densidade (VLDL) quando comparada à gordura pura ($P < 0,02$). A QG reduziu a quantidade de FMN em relação a 100 g de gordura ($P = 0,04$). PC e circunferência de barril (CB) aumentaram linearmente em relação ao dia da avaliação ($P < 0,01$). Ganho médio diário (GMD), ganho de peso (GP) e ECC apresentaram efeito quadrático para o dia de avaliação. As variáveis creatinina (CREA), proteínas totais (PT) e ureia e as relações colesterol total e HDL (CT/HDL) e LDL/HDL apresentaram efeito quadrático para o dia da avaliação. Em contrapartida, a albumina (ALB) apresentou efeito linear positivo ($P < 0,01$) ao longo do dia de avaliação. TRIG, COL, HDL, VLDL e lipoproteína de baixa densidade (LDL) aumentaram ($P < 0,01$) enquanto a frutamina (FRUT) diminuiu linearmente em relação ao dia da avaliação. Fosfatase alcalina (ALP) e aspartato amino transferase (AST) aumentaram, enquanto a gama glutamiltransferase (GGT) diminuiu linearmente em relação ao dia da avaliação ($P < 0,01$). As suplementações não causaram efeitos benéficos nos animais dentro das condições experimentais testadas. A inclusão da lisolecitina associada à gordura de palma aumentou a concentração sérica de metabólitos sanguíneos resultando em níveis acima do recomendado, sem efeitos adversos aos animais.

Palavras-chave: desempenho; digestibilidade; lecitina; metabólitos; *Ovis aries*; surfactante.

ABSTRACT

The objective was to evaluate the biochemical profile and performance of ropes fed with inert palm oil fat associated with lysolecithin, as well as the digestibility of the diets. For experiment 1, 28 crossbred lambs with 43.77 ± 5.45 kg of body weight (BW) and 8 ± 1 months of age were used, allocated in four collective pens for 41 days and subjected to a completely randomized design in a 2x2 factorial arrangement. The factors and levels considered were: 1) type of fat (TF; pure and with lysolecithin) and; 2) amount of fat (AF; 100 vs 150g), thus totaling four treatments. For experiment 2, 24 contemporary lambs of the same breed standard were used, weighing 37.33 ± 8.05 kg BW and 8 ± 1 months old, allocated in metabolism cages for 20 days, according to the experimental design described for experiment 1. The animals were fed corn silage and concentrates plus supplementation at 08:00 and 16:00. The analysis of variance of fixed effects and their levels (TF and AF) was carried out using SAS version 9.4 and initially the data were subjected to the normality and homogeneity test of variances at 5% probability. Significance was determined by the F and Tukey tests, when $P \leq 0.05$. Blood metabolites and body performance were assessed as repeated measurements over time, while the glycemic curve was statistically proven as a function of the time of assessment via linear regression. Body condition score (BCS) and fecal score (FE) data were analyzed using the Kruskal and Wallis test. There was an interaction between the factors (TF x AF) for the amount of feces in natural matter (FNM) and triglycerides (TRIG; $P < 0.05$). The inclusion of lysolecithin affected FE when compared to pure fat ($P = 0.04$). The addition of lysolecithin increased the BCS, as well as the levels of cholesterol (CHOL), TRIG and high-density lipoproteins (HDL) and very low-density lipoproteins (VLDL) when compared to pure fat ($P < 0.02$). AF prevented the amount of FNM in relation to 100 g of fat ($P = 0.04$). BW and barrel circumference (BC) increased linearly in relation to the day of evaluation ($P < 0.01$). Average daily gain (ADG), weight gain (WG) and BCS had a quadratic effect for the day of evaluation. The variables creatinine (CREA), total proteins (TP) and urea and the ratios of total cholesterol and HDL (TC/HDL) and LDL/HDL showed a quadratic effect for the day of assessment. On the other hand, albumin (ALB) showed a positive linear effect ($P < 0.01$) throughout the evaluation day. TRIG, CHOL, HDL, VLDL and low-density lipoprotein (LDL) increased ($P < 0.01$) while fructosamine (FRUCT) decreased linearly in relation to the day of evaluation. Alkaline phosphatase (ALP) and aspartate amino transferase (AST) increased, while gamma glutamyltransferase (GGT) decreased linearly in relation to the day of evaluation ($P < 0.01$). The supplements did not cause beneficial effects in the animals under the experimental conditions tested. The inclusion of lysolecithin associated with palm fat increased the serum concentration of blood metabolites, resulting in levels above the recommended level, without adverse effects on the animals.

Keywords: digestibility; lecithin; metabolites; *Ovis aries*; performance; surfactant.

INDICADORES DE IMPACTO

O estudo “Suplementação de gordura de palma e lisolecitina inertes na dieta de cordeiras” tem como foco melhorar a eficiência produtiva na ovinocultura. Os resultados indicaram que a suplementação contribui para a melhoria do ganho de peso e da saúde geral dos animais, potencializando a produção de carne de qualidade superior, o que pode influenciar positivamente o mercado de carne ovina. Socialmente, este avanço tem o potencial de beneficiar pequenos e médios produtores rurais, gerando emprego e renda em comunidades rurais e contribuindo para a fixação da população no campo, reduzindo o êxodo rural. Do ponto de vista tecnológico, o uso de lisolecitina e gordura de palma como suplementos alimentares representa uma inovação na nutrição animal, promovendo o desenvolvimento de novas técnicas de manejo e alimentação mais eficientes e sustentáveis. Economicamente, a adoção dessa suplementação pode resultar em redução de custos operacionais para os criadores, aumentando a rentabilidade da atividade ovina. Culturalmente, ao valorizar a produção de carne ovina de alta qualidade, o trabalho promove a preservação de práticas tradicionais e a identidade cultural das regiões onde a ovinocultura é uma atividade tradicional. A pesquisa envolveu diretamente técnicos e estudantes das Universidades Federais de Lavras (UFLA) e Uberlândia (UFU). Este impacto estende-se à área de tecnologia e produção, alinhando-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, especialmente ao ODS 2 (Fome Zero e Agricultura Sustentável), ODS 8 (Trabalho Decente e Crescimento Econômico) e ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis). A iniciativa promove uma agricultura mais sustentável, incentivando práticas que aumentam a produtividade sem degradar o meio ambiente, evidenciando um compromisso com a Agenda 2030 da ONU e a melhoria das condições de vida nas áreas rurais.

IMPACT INDICATORS

The study “Supplementation of inert palm fat and lysolecithin in the diet of lambs” focuses on improving production efficiency in sheep farming. The results indicated that supplementation contributes to improving weight gain and the general health of animals, enhancing the production of superior quality meat, which can positively influence the sheep meat market. Socially, this advance has the potential to benefit small and medium-sized rural producers, generating employment and income in rural communities and contributing to the settlement of the population in the countryside, reducing the rural exodus. From a technological point of view, the use of lysolecithin and palm fat as food supplements represents an innovation in

animal nutrition, promoting the development of new, more efficient and sustainable management and feeding techniques. Economically, the adoption of this supplementation can result in reduced operational costs for breeders, increasing the profitability of sheep activity. Culturally, by valuing the production of high-quality sheep meat, the work promotes the preservation of traditional practices and the cultural identity of regions where sheep farming is a traditional activity. The research directly involved technicians and students from the Federal Universities of Lavras (UFLA) and Uberlândia (UFU). This impact extends to the area of technology and production, aligning with the ONU Sustainable Development Goals (SDGs), especially SDG 2 (Zero Hunger and Sustainable Agriculture), SDG 8 (Decent Work and Economic Growth) and SDG 12 (Responsible Consumption and Production). The initiative promotes more sustainable agriculture, encouraging practices that increase productivity without degrading the environment, demonstrating a commitment to the ONU 2030 Agenda and improving living conditions in rural areas.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Metabolismo de lipídeos em ruminantes	21
Figura 2 – Vias bioquímicas para a biohidrogenação dos ácidos linoleico e linolênico	23
Figura 3 – Digestão de gordura no intestino delgado de ruminantes	24
Figura 4 – Atuação da lisolecitina no processo de emulsificação	29
Figura 5 – Gráficos dos desdobramentos das interações entre os dois fatores da dieta (tipo e quantidade de gordura) e do tempo para as variáveis de desempenho de borregas alimentadas com diferentes quantidades (100g vs 150g) de gordura protegida pura ou associada à lisolecitina	45
Figura 6 – Gráficos dos desdobramentos das interações entre os dois fatores da dieta (tipo e quantidade de gordura) e do tempo para as variáveis de metabolismo proteico de borregas alimentadas com diferentes quantidades (100g vs 150g) de gordura protegida pura ou associada à lisolecitina.....	48
Figura 7 – Gráficos dos desdobramentos das interações entre os dois fatores da dieta (tipo e quantidade de gordura) e do tempo para as variáveis de metabolismo energético de borregas alimentadas com diferentes quantidades (100g vs 150g) de gordura protegida pura ou associada à lisolecitina.....	51
Figura 8 – Gráficos dos desdobramentos das interações entre os dois fatores da dieta (tipo e quantidade de gordura) e do tempo para as variáveis de metabolismo enzimático de borregas alimentadas com diferentes quantidades (100g vs 150g) de gordura protegida pura ou associada à lisolecitina.....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Níveis de garantia e características físico-químicas dos produtos EnerFAT™ e LYSOFORTE®	31
Tabela 2 – Perfil de ácidos graxos do EnerFAT™.....	32
Tabela 3 – Composição percentual do concentrado e bromatológica da silagem de milho e dietas experimentais.....	32
Tabela 4 – Distribuição do tamanho das partículas da silagem de milho e dietas experimentais para ambos experimentos.....	33
Tabela 5 – Consumo de nutrientes e parâmetros metabólicos de borregas alimentadas com diferentes quantidades (100g vs 150g) de gordura protegida pura ou associada à lisolecitina.....	41
Tabela 6 – Desdobramento das interações entre os dois fatores da dieta (tipo e quantidade de gordura) para a variável Fezes na Matéria Natural (kg dia ⁻¹) de borregas alimentadas com diferentes quantidades (100g vs 150g) de gordura protegida pura ou associada à lisolecitina.....	42
Tabela 7 – Desempenho corporal de borregas alimentadas com diferentes quantidades (100g vs 150g) de gordura protegida pura ou associada à lisolecitina.....	43
Tabela 8 – Metabolismo proteico de borregas alimentadas com diferentes quantidades (100g vs 150g) de gordura protegida pura ou associada à lisolecitina.....	46
Tabela 9 – Desdobramento da interação entre os dois fatores da dieta (tipo e quantidade de gordura) para a variável ureia (mg dL ⁻¹) de borregas alimentadas com diferentes quantidades (100g vs 150g) de gordura protegida pura ou associada à lisolecitina.....	47
Tabela 10 – Metabolismo energético de borregas alimentadas com diferentes quantidades (100g vs 150g) de gordura protegida pura ou associada à lisolecitina.....	50
Tabela 11 – Desdobramento da interação entre os dois fatores da dieta (tipo e quantidade de gordura) para a variável triglicerídeos (mg dL ⁻¹) de borregas alimentadas com diferentes quantidades (100g vs 150g) de gordura protegida pura ou associada à lisolecitina.....	51
Tabela 12 – Glicose (mg dL ⁻¹) de borregas alimentadas com diferentes quantidades (100g vs 150g) de gordura protegida pura ou associada à lisolecitina em função dos	

tratamentos, horário e dias de coletas.....	54
Tabela 13 – Glicose (mg dL^{-1}) de borregas alimentadas com diferentes quantidades (100g vs 150g) de gordura protegida pura ou associada à lisolecitina em função dos dois fatores da dieta (tipo e quantidade de gordura).....	54
Tabela 14 – Metabolismo energético de borregas alimentadas com diferentes quantidades (100g vs 150g) de gordura protegida pura ou associada à lisolecitina.....	55

LISTA DE ABREVIATURAS

AA.	Aminoácido
ACU.	Ácido úrico
AG.	Ácido graxo
AGCC.	Ácido graxo de cadeia curta
AGCL.	Ácido graxo de cadeia longa
AGI.	Ácido graxo insaturado
AGL.	Ácido graxo livre
AGMI.	Ácido graxo monoinsaturado
AGPI.	Ácido graxo poli-insaturado
AGS.	Ácido graxo saturado
AGV.	Ácido graxo volátil
AIC.	Akaike
ALB.	Albumina
ALP.	Fosfatase alcalina
ANOVA.	Análise de variância
AST.	Aspartato aminotransferase
Ca.	Cálcio
CB.	Circunferência de barril
CEE.	Consumo de extrato etéreo
CFDA.	Consumo de fibra em detergente ácido
CFDN.	Consumo de fibra em detergente neutro
CHEM.	Consumo de hemicelulose
CH ₂ O.	Consumo de água
CMS.	Consumo de matéria seca
CN.	Consumo do nutriente
CNDT.	Consumo de nutrientes digestíveis totais
CREA.	Creatinina
COL.	Colesterol

CONS.	Quantidade de alimento consumido
CT.	Colesterol total
DA.	Digestibilidade aparente
DEE.	Digestibilidade extrato etéreo
DFDN.	Digestibilidade fibra em detergente neutro
DMS.	Digestibilidade matéria seca
DU.	Densidade urinária
ECC.	Escore de condição corporal
EDTA.	Ácido etilenodiamino tetra-acético
EE.	Extrato etéreo
EF.	Escore fecal
EPM.	Erro padrão da média
EXP1.	Experimento 1
EXP2.	Experimento 2
FDA.	Fibra em detergente ácido
FDN.	Fibra em detergente neutro
FDNfe.	Fibra em detergente neutro fisicamente efetiva
Fef.	Fator de efetividade física
FEZ.	Quantidade de fezes coletada
FRUT.	Frutosamina
GGT.	Gama glutamil transferase
GL100.	Gordura + lisolecitina 100g
GL150.	Gordura + lisolecitina 150g
GMD.	Ganho médio diário
GPT.	Ganho de peso total
GP100.	Gordura pura 100g
GP150.	Gordura pura 150g
G+Lec.	Gordura + lisolecitina
HDL.	<i>High density lipoproteins</i> (Lipoproteína de alta densidade)

H ₂ SO ₄ .	Ácido sulfúrico
LDL.	<i>Low density lipoproteins</i> (Lipoproteína de baixa densidade)
Máx.	Máximo
Mín.	Mínimo
MM.	Matéria mineral
MO.	Matéria orgânica
MS.	Matéria seca
N.	Nitrogênio
NaOH.	Hidróxido de sódio
NFT.	Nutrientes digestíveis totais
P.	Período
PC.	Peso corporal
PSPS.	<i>Penn State Particle Separator</i> (Separador de partículas Penn State)
PT.	Proteínas totais
P valor	Valor de significância
QG.	Quantidade de gordura
RPM.	Rotações por minuto
SOB.	Quantidade de sobra retirada
TG.	Tipo de gordura
TMR.	<i>Total mixed ration</i> (Ração mista total)
TRIG.	Triglicerídeos
UREIA.	Ureia
VR.	Valor de referência
VU.	Volume urinário
V:C.	Volumoso:Concentrado
VLDL.	Lipoproteína de muito baixa densidade (Very low density lipoprotein)
%CONS.	Teor do nutriente no alimento fornecido
%FEZ.	Teor do nutriente nas fezes (%).
%SOB.	Teor do nutriente nas sobras

LISTA DE SIGLAS

AOAC.	<i>Association of Analytical Communities</i>
CEUA.	Comitê de Ética e Utilização de Animais
CLIMA.	Laboratório de Climatologia e Meteorologia Ambiental
CQBAL.	Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Ruminantes
FAMEV.	Faculdade de Medicina Veterinária
IBGE.	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICIAG.	Instituto de Ciências Agrárias
INCT.	Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia
LABAN.	Laboratório de Bromatologia Animal
NRC.	<i>National Research Council</i>
SAS.	<i>Statistical Analyses System</i>
SEPER.	Setor de pequenos ruminantes
UFU.	Universidade Federal de Uberlândia

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	20
2 REVISÃO DE LITERATURA	22
2.1 Ovinocultura de corte no Brasil	22
2.2 Lipídeos para ruminantes.....	23
2.2.1 Metabolismo de lipídeos em ruminantes	24
2.2.1.1 Metabolismo lipídico do rúmen	24
2.2.1.2 Absorção de ácidos graxos.....	26
2.2.2 Lipídeos inertes.....	27
2.2.3 Digestibilidade de Lipídeos	29
2.2.3.1 Lisolecitina	31
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	34
3.1 Desenho e tratamentos experimentais.....	34
3.2 Manejo alimentar experimental	36
3.3 Caracterização de tamanho de partícula	37
3.4 Análise de desempenho	38
3.5 Parâmetros sanguíneos.....	38
3.6 Consumo de nutrientes, ensaio de digestibilidade e escore fecal	39
3.7 Consumo de água.....	40
3.8 Análises químicas	41
3.9 Análise estatística	41
4 RESULTADOS	44
4.1 Consumo e digestibilidade de nutrientes	44
4.2 Desempenho animal.....	46
4.3 Perfil bioquímico sérico.....	50
4.3.1 Perfil proteico.....	50
4.3.2 Perfil energético	52
4.3.3 Perfil enzimático	58
5 DISCUSSÃO.....	61
6 CONCLUSÃO.....	73
REFERÊNCIAS	74

1 INTRODUÇÃO

A busca por estratégias alimentares otimizadas na pecuária tem levado os pesquisadores a explorarem diversas fontes de nutrientes e aditivos alimentares para maximizar o desempenho e a saúde dos animais. Nesse contexto, a utilização de ingredientes alternativos, como a gordura inerte de palma e a lisolecitina, desponta como potencial abordagem na formulação de dietas para ovinos (Alvarenga *et al.*, 2015; Brant *et al.*, 2021; Gallo *et al.*, 2019; Junqueira *et al.*, 2019).

A gordura inerte de palma, derivada do óleo de palma (*Opuntia cochenillifera*), consiste em uma fonte lipídica rica em ácidos graxos (AG), especialmente os ácidos palmítico (C16:0) e oleico (C18:1n9). Sua característica de inércia implica na não participação em reações metabólicas como a lipólise e biohidrogenação durante a digestão ruminal, o que pode resultar em uma maior disponibilidade energética para os animais, além de melhor digestibilidade da fibra pela menor interação entre microrganismos e alimentos fibrosos (Christie, 2014). Por outro lado, a lisolecitina, um surfactante derivado da lecitina, é reconhecida por suas propriedades emulsificantes e antioxidantes, que podem influenciar positivamente a absorção de lipídios e a estabilidade oxidativa dos alimentos (Gallo *et al.*, 2019).

Tradicionalmente, a produção ovina enfrenta desafios relacionados à eficiência na digestibilidade de ingredientes, utilização de nutrientes e desempenho animal (Silva *et al.*, 2022). A introdução de aditivos como a gordura inerte de palma e a lisolecitina na dieta de ovinos busca preencher essa lacuna, oferecendo uma fonte lipídica rica em AG com maior disponibilidade energética, além de propriedades emulsificantes e antioxidantes que podem melhorar a absorção de nutrientes e a estabilidade dos alimentos no trato digestivo.

Gallo *et al.* (2019) testaram a inclusão de biosurfactante associado à fonte de gordura na dieta de ovinos em crescimento e não obtiveram resultados satisfatórios para consumo de matéria seca (CMS), conversão alimentar, hematologia sanguínea, população de protozoários, produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e morfometria do duodeno. Da mesma forma, Farahmandpour *et al.* (2022), avaliaram a inclusão de lisofosfolípídeos na dieta de ovinos e encontram maiores valores para consumo de ração, peso corporal (PC), digestibilidade do extrato etéreo (DEE) e fibra em detergente neutro (DFDN). Além disso, os autores não encontraram efeitos da suplementação para perfil enzimático.

Apesar da falta de trabalhos com dados concisos sobre a junção de gordura de palma e lisoleticinas inertes, esta suplementação na dieta de ovinos pode promover melhorias no desempenho produtivo e digestivo, com aumento na taxa de ganho de peso e digestibilidade da fibra e extrato etéreo. Além disso, postula-se que tais aditivos podem influenciar positivamente o perfil bioquímico de ovinos. Sendo assim a relevância desse estudo reside no aspecto de que há poucos estudos que avaliaram a utilização de gordura e lisolectinas protegidas, bem como perfil bioquímico completo de ovinos. Portanto, objetivou-se avaliar os efeitos da suplementação de gordura de palma e lisolectina protegidas na dieta de cordeiras mestiças Dorper x Santa Inês sobre os parâmetros produtivos, metabólicos e digestivos; além do efeito do período de suplementação sobre as mesmas variáveis.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Ovinocultura de corte no Brasil

O Brasil possui um rebanho ovino estimado em cerca de 19.715.587 milhões de cabeças, conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017), na qual a ovinocultura de corte no país desempenha um papel crucial na geração de renda para pequenas e médias propriedades rurais. Assim, observa-se uma tendência de consolidação e crescimento nesse setor, tornando-o uma das atividades pecuárias com maior potencial de expansão no Brasil, como destacado por Geron *et al.* (2012). O impulso desse crescimento está, em parte, associado ao aumento do consumo de carne ovina, embora que ainda considerado modesto, este crescimento é impulsionado pelo abate de animais jovens e precoces, resultando em carnes mais macias e com menor teor de gordura (Pethick *et al.*, 2010).

Porém, para que esse progresso seja economicamente sustentável, é crucial adotar raças de rápido crescimento, implementar estratégias de manejo alimentar e sanitário eficientes, permitindo a produção de cordeiros precoces. No entanto, apesar do aumento no número de animais e do crescimento precoce dos cordeiros, ainda há a necessidade de importação de mais de 7.000 toneladas de carne ovina no ano para atender à demanda interna brasileira (Santos *et al.*, 2020).

O desafio enfrentado pela ovinocultura, reside na capacidade de oferecer produtos cárneos ovinos para diferentes mercados, desde nichos altamente especializados até mercados de consumo em massa. Nesse contexto, destaca-se a importância do sistema de terminação de cordeiros confinados. Considerando o elevado custo da terra, principalmente na região Sudeste, e a demanda do mercado por carcaças de animais jovens, o sistema de terminação de cordeiros sem confinamento emerge como uma estratégia viável. Este método não apenas reduz o ciclo de produção, agilizando o retorno do capital investido, mas também de fornecer carcaças para atender os diferentes nichos de mercado (Viana; Revillion; Silveira, 2013).

Por meio do abate precoce dos animais, é possível permitir ao produtor preços diferenciados na comercialização, retorno mais rápido do capital investido e a capacidade de manipular o peso de abate e o grau de acabamento das carcaças (Almadani; Weeks; Deblitz, 2021). No entanto, para garantir a viabilidade econômica do confinamento de ovinos, é essencial considerar fatores relevantes, como ganho de peso, tempo de confinamento e vendas estratégicas de animais. Uma avaliação estratégica, levando em

consideração a variação no tempo de venda e peso de abate, pode ser fundamental na busca pelos melhores resultados de investimento econômico (Gazzarin; El Benni, 2020).

Em suma, a ovinocultura de corte no Brasil tem experimentado avanços significativos, e a busca por métodos que otimizem a produção e a precocidade dos animais tem sido uma constante. Nesse contexto, a utilização de aditivos alimentares surge como uma ferramenta promissora para atender a esses objetivos. A incorporação estratégica de aditivos tal como lipídeos na dieta contribui para a redução do tempo de produção (Prathap *et al.*, 2021). Essa abordagem reflete o compromisso crescente dos produtores em adotar práticas sustentáveis e eficientes, promovendo o desenvolvimento contínuo da ovinocultura de corte no país. Ao explorar e implementar tecnologias que impulsionam a eficiência produtiva, os criadores estão não só atendendo às demandas do mercado, mas também contribuindo para a evolução sustentável do setor (Gazzarin; El Benni, 2020).

2.2 Lipídeos para ruminantes

A escolha de fontes lipídicas nas dietas de ruminantes é impulsionada, em grande parte, pelo significativo aporte energético que esses compostos oferecem, totalizando 9,3 kcal de energia bruta por grama. Esse valor representa 2,25 vezes a energia proveniente de carboidratos e proteínas, conforme destacado por Enjalbert *et al.* (2017). O lipídeo tem efeito positivo na eficiência energética, pois não promove perdas de energia, tanto pela produção de metano ou energia urinária (Martín *et al.*, 2023). Além de representar uma estratégia eficaz de mitigação da emissão de metano e contribuir positivamente para o meio ambiente, essa abordagem oferece benefícios significativos para a nutrição animal (Beauchemin *et al.*, 2020).

Portanto, a inclusão estratégica de gordura na dieta não apenas eleva a densidade energética (Broudiscou *et al.*, 1988), mas também se revela uma ferramenta valiosa para a manipulação do teor e composição dos lipídeos presentes na carne e no leite dos ruminantes (Burnett *et al.*, 2020; Palmquist; Jenkins, 1980). Essa abordagem também busca otimizar o desempenho nutricional dos animais, além de refletir a constante busca por práticas alimentares que beneficiem tanto a produção quanto a qualidade dos produtos finais.

Apesar dos benefícios acerca de sua utilização, a inclusão de fontes de lipídeos na dieta pode, ou não, comprometer o desempenho do animal, principalmente em casos onde as concentrações lipídicas são superiores a 7% da matéria seca (MS) total. O

processo de modificação dos lipídeos no rúmen, é complexo e influenciado por diversos fatores. Entre eles, destacam-se o tipo de dieta, a taxa de fermentação ruminal, a capacidade tamponante da dieta, o sistema de alimentação, a natureza da fonte lipídica, o teor de lipídeos na dieta e o tipo de AG presente (saturados, monoinsaturados e poli-insaturados) (Vahmani *et al.*, 2020). Os AG poli- insaturados de cadeia longa, livres, são potencialmente tóxicos aos microrganismos ruminais, acarretando em alterações no ambiente ruminal, resultando em redução na ingestão de alimentos e da taxa de passagem, além de afetar negativamente a digestibilidade de carboidratos fibrosos (Gibb *et al.*, 2005; Palmquist; Jenkins, 1980; Santos *et al.*, 2022).

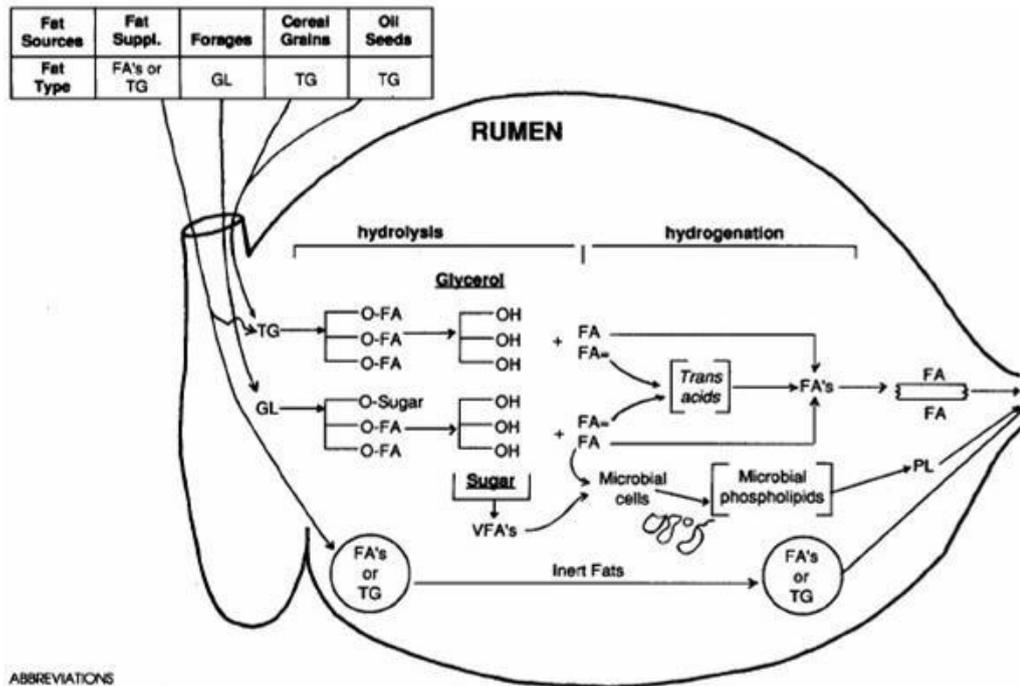
Considerando o impacto potencial dos AG insaturados (AGI) na fermentação ruminal, uma estratégia para mitigar esse efeito é a utilização de "lipídeos protegidos". Esses compostos não são completamente metabolizados pelos microrganismos do rúmen, permitindo que alcancem o intestino delgado. Essa abordagem visa reduzir o impacto adverso da gordura, evitando assim efeitos significativos sobre a degradabilidade da fibra, conforme destacado por Alba *et al.* (2021).

2.2.1 Metabolismo de lipídeos em ruminantes

2.2.1.1 Metabolismo lipídico do rúmen

Um extenso metabolismo lipídico ocorre no rúmen e isso tem um grande impacto no perfil de AG disponíveis para absorção e utilização tecidual. No que diz respeito ao metabolismo lipídico, os dois principais processos que ocorrem no rúmen são a hidrólise das ligações éster nos lipídeos e a biohidrogenação de AGI (Lock *et al.*, 2006; Figura 1).

Figura 1 – Metabolismo de lipídeos em ruminantes



ABBREVIATIONS

Fonte: Davis (1990).

A hidrólise de lipídeos da dieta ocorre predominantemente devido à bactérias ruminais, com pouca evidência de um papel significativo de protozoários e fungos ruminais, ou lipases salivares e vegetais. Embora a extensão da hidrólise seja geralmente elevada (>85%), vários fatores que afetam a taxa e a extensão da hidrólise são identificados. Por exemplo, a extensão da hidrólise é reduzida à medida que o nível de gordura na dieta aumenta ou quando fatores como baixo pH ruminal e ionóforos inibem a atividade e o crescimento de bactérias (Doreau; Demeyer; Van Nevel, 1997 e Harfoot e Hazlewood, 1997).

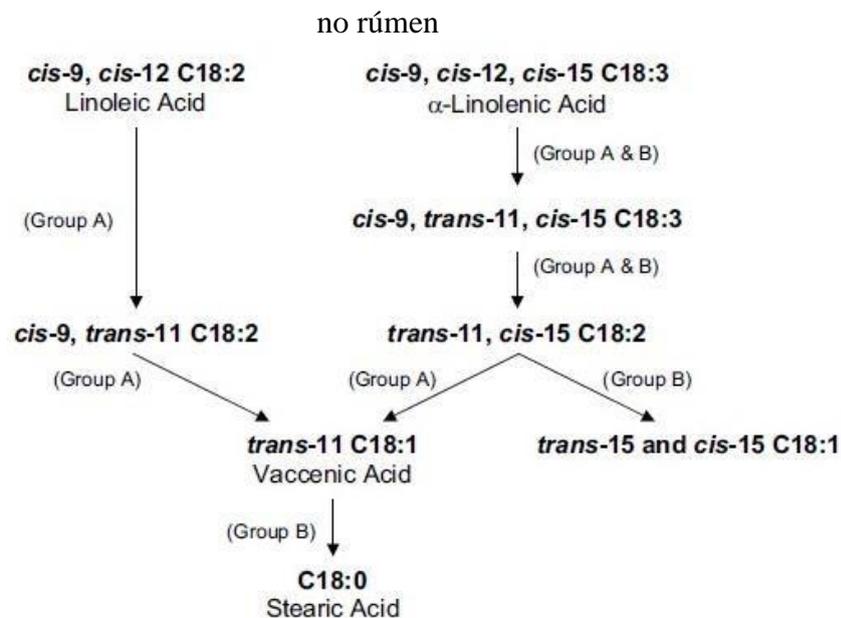
Devido à natureza tóxica dos AGI para muitas bactérias ruminais, a biohidrogenação desses AG é a segunda maior transformação que os lipídeos da dieta podem sofrer no rúmen. Para tanto, é necessário um ácido graxo livre (AGL) para prosseguir e, como consequência, as taxas são sempre menores que as da hidrólise, e os fatores que afetam a hidrólise também impactam a biohidrogenação (Perfield e Lock, 2003).

A maior parte da biohidrogenação (> 80%) ocorre em associação com as partículas finas do alimento e isso tem sido atribuído a enzimas extracelulares de bactérias associadas ao alimento ou livres em suspensão (Harfoot e Hazlewood, 1997). Alguns estudos *in vitro* e *in vivo* elucidaram as principais vias de biohidrogenação ruminal; as vias clássicas foram estabelecidas utilizando culturas puras de organismos ruminais e as bactérias envolvidas na

biohidrogenação foram classificadas em dois grupos, A e B, com base em suas vias metabólicas (Kemp e Lander, 1984).

Para obter a biohidrogenação completa de AG poli-insaturados (*polyunsaturated fatty acids* – PUFA), geralmente são necessárias bactérias de ambos os grupos. Embora o Grupo A contenha muitas bactérias que podem hidrogenar PUFA em AG trans 18:1, apenas algumas espécies caracterizadas como Grupo B podem hidrogenar um ácido graxo trans 18:1 em ácido esteárico (C18:0) (Harfoot e Hazlewood, 1997). Esta característica da biohidrogenação explica por que o aumento da alimentação de PUFA causa simultaneamente um aumento na concentração ruminal de AG monoinsaturado (AGMI) e uma diminuição na concentração de AG saturados (AGS; Figura 2).

Figura 2 – Vias bioquímicas para a biohidrogenação dos ácidos linoleico e linolênico



Fonte: Do autor, (2024), adaptado de Harfoot *et al.* (1997).

Em geral, as taxas de biohidrogenação ruminal de AG são tipicamente mais rápidas como aumento da insaturação e, para a maioria das dietas, o ácido linoleico (C18:2n6) e o ácido linolênico (C18:3) são hidrogenados na proporção de 70-95% e 85-100%, respectivamente. Portanto, o extenso metabolismo dos AGI da dieta no rúmen faz com que o C18:0 seja o principal AG que entra no duodeno. O C18:2n6 é normalmente o AG mais comum presente nas dietas de ruminantes e a ingestão varia amplamente; entretanto, apenas uma fração de C18:2n6 consumido está realmente disponível para absorção. Por outro lado, normalmente é consumido muito pouco 18:0, mas há um aumento no fluxo

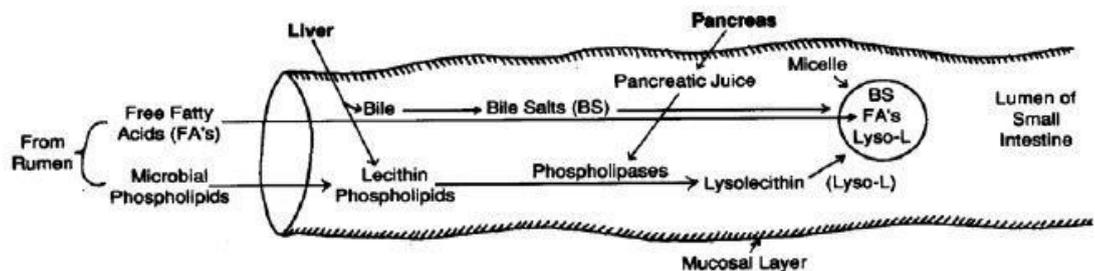
deste AG para o duodeno (Lock *et al.*, 2006).

2.2.1.2 Absorção de ácidos graxos

A absorção de AG ocorre predominantemente na região do jejuno do intestino delgado. Antes de chegar a este órgão duas secreções, bile e suco pancreático, são adicionadas à digestão no duodeno. Antes que a absorção de AG possa ocorrer, é necessário que o material lipídico absorvido pelas partículas de alimentação seja solubilizado no ambiente aquoso. Nos ruminantes, como em todas as espécies, a formação de micelas é a chave para este processo e, portanto, para a absorção eficiente de AG (Davis, 1990).

A característica mais importante das soluções micelares é a sua capacidade de solubilizar AG insolúveis em água, incorporando moléculas apropriadamente moldadas e carregadas no núcleo ou na bainha externa do complexo que compreende a matriz micelar (Freeman, 1984). Nos ruminantes, tanto a bile quanto as secreções pancreáticas são necessárias para esse processo; a bile fornece sais biliares e lecitina, e o suco pancreático fornece a enzima para converter a lecitina em lisolecitina e o bicarbonato para aumentar o pH. A lisolecitina, juntamente com os sais biliares, dissolve os AG das partículas alimentares e das bactérias, permitindo a formação da micela (Perfield e Lock, 2003; Figura 3).

Figura 3 – Digestão de gordura no intestino delgado de ruminantes



Fonte: Davis (1990).

O papel crítico da lisolecitina e dos sais biliares neste processo é ilustrado em estudos com ovelhas onde a absorção de AG foi virtualmente abolida quando a secreção biliar no duodeno foi bloqueada (Moore e Christie, 1984). Uma vez formadas as micelas, elas facilitam a transferência de lipídeos insolúveis em água através da camada de água não agitada das células epiteliais intestinais do jejuno, onde os AG e a lisolecitina são absorvidos. Dentro das células epiteliais intestinais, os AG são reesterificados em

triglicerídeos e depois embalados em quilomícrons para serem transportados pela linfa até o sangue (Lock *et al.*, 2006).

Como não há absorção ou modificação significativa de AGCL e média no omaso ou abomaso, o material lipídico disponível para absorção no intestino delgado é semelhante ao que sai do rúmen (Moore e Christie, 1984). Este material lipídico consiste em aproximadamente 80-90% de AGL ligados às partículas de ração; os componentes lipídicos restantes são fosfolipídios microbianos mais pequenas quantidades de triglicerídeos e glicolipídeos da matéria prima residual, que são hidrolisados pelas lipases intestinais e pancreáticas (Doreau e Ferlay, 1994).

2.2.2 Lipídeos inertes

Suplementos lipídicos como as gorduras são utilizados para aumentar a densidade energética da dieta, e muitos desses lipídios são classificados como inertes. A inertividade, neste contexto, implica que o suplemento de gordura ou ácido graxo (AG) cause efeitos mínimos na fermentação ruminal, sendo posteriormente digerido e absorvido no intestino delgado. Mesmo sendo considerados inertes, esses suplementos podem passar por processos de hidrólise ou hidrogenação (Jenkins e Palmquist, 1984).

Os sais de cálcio de AG consistem em sua associação a um íon de cálcio em vez da molécula de glicerol, com função de reduzir a toxicidade dos AGI e poli-insaturados (AGPI) na microbiota ruminal, e permitir a manipulação do perfil de AG que chega ao intestino do ruminante. As propriedades nutricionais dos sais de cálcio variam, incluindo a capacidade de serem inertes ao metabolismo do rúmen e a resistência à biohidrogenação (Sukhija; Palmquist, 1990).

Teoricamente, o processamento na forma de sais de cálcio visa criar um produto cuja dissociação seja pH-dependente, permanecendo inerte no pH alcalino do rúmen e se dissociando (separação dos AG do íon Ca) no pH ácido do abomaso, permitindo a absorção subsequente no intestino delgado. No entanto, fatores como baixo pH ruminal e aumento da insaturação dos AG podem levar à dissociação do complexo, possibilitando a biohidrogenação (Demeyer; Doreau, 1999).

Van Nevel e Demeyer (1996) observaram maior dissociação dos sais de cálcio de óleo de soja quando incubados em pH 6,0 em comparação com pH 6,9. Sukhija e Palmquist (1990) indicaram que AGPI são mais facilmente dissociados dos sais de cálcio do que AGMI. No entanto, o grau de saturação dos AG não é o único parâmetro para garantir a estabilidade dos sais de cálcio no ambiente ruminal; fatores como comprimento

da cadeia e taxa de passagem também afetam a dissociação. Cadeias de carbono mais curtas e moléculas mais insaturadas tornam a dissociação mais fácil (Van Soest, 1994; NRC, 2001).

Sukhija e Palmquist (1990) analisaram a estabilidade ruminal de sais de cálcio de óleo de soja, óleo de palma, sebo e ácido esteárico, e destacaram que a dissociação aumentou com adiminuição do pH e o aumento da instauração dos AG. Os sais de cálcio de óleo de palma demonstraram estabilidade satisfatória a pH 5,5, enquanto a dissociação foi alta no sabão de cálcio de óleo de soja.

A suplementação com fontes inertes de lipídeos tem consistentemente demonstrado efeitos positivos no desempenho de ovinos de corte, tanto em confinamento (Behan *et al.*, 2019; Lima *et al.*, 2023; Sun *et al.*, 2021) quanto em pastagens (Angeles-Hernandez *et al.*, 2020;). Além disso, sua superioridade em relação às fontes não inertes foi evidenciada (Souza; Batistel; Santos, 2017). Alba *et al.* (2021) estudaram a suplementação de sais de cálcio de AG, óleo de soja e gérmen de milho, bem como o efeito da ausência de suplementação nas dietas de ovinosconfinados com soja integral. Os animais submetidos a dieta contendo sais de cálcio de AG apresentaram maior CMS e consumo fibra em detergente neutro (CFDN), maior produção e carcaças de melhor qualidade quando comparados aos demais.

2.2.3 Digestibilidade de Lipídeos

O processo de digestão e absorção lipídica no duodeno é semelhante para ruminantes e não ruminantes, com as principais distinções relacionadas à natureza dos lipídios que deixam o rúmen. Em ruminantes, as fontes lipídicas que entram no intestino delgado podem apresentar-se como AG ou triacilgliceróis (Doreau; Chilliard, 1997). A saída de lipídios do rúmen é notavelmente semelhante à entrada no intestino delgado, visto que ocorre modificação mínima no omaso e abomaso (Christie, 2014). Entretanto, é importante destacar que o lipídio que atinge o intestino delgado é mais saturado para ruminantes em comparação com não ruminantes, consistindo principalmente de ácidos palmítico e esteárico (Bauman *et al.*, 2003).

A digestibilidade intestinal e a absorção de AG em ruminantes estão sujeitas a fatores como a quantidade de AG que atinge o intestino (Lock *et al.*, 2006). Boerman *et al.* (2015) indicaram que o aumento do fluxo duodenal total de AG reduz a digestibilidade aparente dos AG intestinais, sendo que o comprimento da cadeia também parece influenciar essa resposta, com a digestibilidade de ácido palmítico (C16:0) não sendo

afetada pelo aumento do fluxo. Em ruminantes, há um fluxo contínuo de AG no duodeno, com a maioria dos lipídios alcançando esse órgão na forma de AG livres, diferindo de não ruminantes, onde a maioria é esterificada (Lock *et al.*, 2006). Devido à insolubilidade em água dos AG, é necessário emulsioná-los durante o processo de digestão para uma absorção adequada.

Nos ruminantes, os estágios iniciais da digestão de AG são complexos, ocorrendo considerável digestão antes da digesta atingir o intestino delgado (Bauchart, 1993). No intestino delgado, a digestão envolve a ação de sais biliares, suco pancreático e lecitina, que formam micelas lipídicas (Doreau; Chilliard, 1997). As células do epitélio intestinal (enterócitos) possuem uma camada inerte de água, considerada a principal barreira para a absorção de lipídios (Brindley, 1984). A formação de micelas, agregados de moléculas lipídicas solúveis em água, é essencial para permitir que os lipídios ultrapassem essa camada. Os sais biliares são cruciais para a formação de micelas e são produzidos nos hepatócitos, sendo conjugados com os aminoácidos taurina e glicina para aumentar a solubilidade em água e reduzir o efeito tóxico (Christie, 2014).

A estrutura química dos sais biliares facilita a formação de uma molécula plana com um lado polar e hidrofílico e outro apolar e hidrofóbico, servindo como interface entre água e lipídios. Essa característica permite que os sais biliares reajam com ambos sem penetrar profundamente em suas superfícies (Drackley, 2000). Em não ruminantes, os sais biliares emulsificam lipídios na forma de triacilgliceróis e ativam lipases pancreáticas (Doreau; Chilliard, 1997). Em ruminantes, onde os AG se apresentam como não esterificados e aderidos às partículas alimentares, os sais biliares atuam como detergentes, essenciais para dissociar esse complexo e liberar os AG para a formação de micelas (Drackley, 2000).

A transferência gradual de AG para a fase micelar ocorre ao longo do trato intestinal, com 5% dessa transferência ocorrendo no duodeno, 20% no jejuno proximal, 25% no jejuno médio e terminal, e 50% no íleo (Bauchart, 1993). A lecitina, principal fosfolípido no intestino dos ruminantes, contribui para essa transferência, podendo originar-se da bile, suco pancreático e digesta do abomaso (Drackley, 2000). A lecitina é hidrolisada pela fosfolipase A2 pancreática, resultando em lisolecitina e ácido oléico. Esses atuam como agentes anfifílicos para incorporar AG, especialmente os saturados, nas micelas para absorção posterior (Palmquist; Mattos, 2006), melhorando a digestibilidade lipídica (Christophe; De Vriese, 2000).

A quantidade de lisolecitina influencia a digestibilidade dos AG, com sua limitação

causando redução conforme o fluxo de AG aumenta (Boerman *et al.*, 2015). A lisolecitina é eficaz para o ácido esteárico (C18:0), aumentando a absorção à medida que o fluxo de AG em micelas cresce. A digestibilidade de C18:0 pode ser reduzida se seu fluxo exceder a capacidade da lecitina na bile ou fosfolipase pancreática (Boerman *et al.*, 2015). A formação de micelas é crucial para a absorção lipídica no intestino delgado e desempenha um papel fundamental na absorção eficiente de AG (Doreau; Chilliard, 1997).

A lecitina, em comparação com óleos, dispersa mais facilmente em água, retardando a adsorção às partículas alimentares ou microrganismos do rúmen, resultando em menores efeitos adversos na fermentação ruminal (Jenkins, 1993; Nagaraja *et al.*, 1997). Fievez, De Neve, Dewanckele (2000) observaram uma redução na produção de amônia em *in vitro* com a suplementação de lipídios, evidenciando o papel dos lipídios, incluindo a lecitina, na modulação do metabolismo ruminal. Estudos *in vivo* e *in vitro* de Abel-Caines, Grant e Morrison (1998) indicaram que a lecitina de soja melhora parâmetros ruminais sem prejudicar a digestibilidade da fibra detergente neutro (FDN). Jenkins, Gimenez e Cross (1989) observaram um aumento na produção total de AG voláteis (AGV) *in vitro*, sugerindo que a fração lentamente degradada da lecitina pode atingir o intestino, aumentando a absorção de lipídios.

A eficácia notável da lisolecitina na absorção gástrica de macromoléculas, especialmente AG e compostos de alto peso molecular, foi destacada por Gallo *et al.* (2019). Em um estudo envolvendo cordeiros submetidos a dietas suplementadas com óleos de soja e girassol, com e sem adição de lisolecitina de soja, observou-se um aumento significativo no ganho médio diário (GMD) dos cordeiros, mesmo diante da redução na área de papilas ruminais nos índices de células mitóticas.

A absorção efetiva de sais biliares ocorre apenas no final do íleo, através de um sistema de transporte ativo. Até então, quando os AG são absorvidos, eles retornam ao lúmen intestinal para formar outras micelas (Drackley, 2000). Após a absorção, os sais biliares retornam ao fígado para serem reincorporados à bile. Quantidades mínimas de sais biliares não absorvidos são excretadas nas fezes, representando a única rota de excreção de colesterol do corpo do animal.

2.2.3.1 Lisolecitina

Os lisofosfolipídeos desempenham um papel crucial como emulsificantes de gordura, elevando a eficiência na preservação de nutrientes durante a absorção de óleos e gorduras. Sua superioridade em relação aos lipídios neutros decorre de suas características

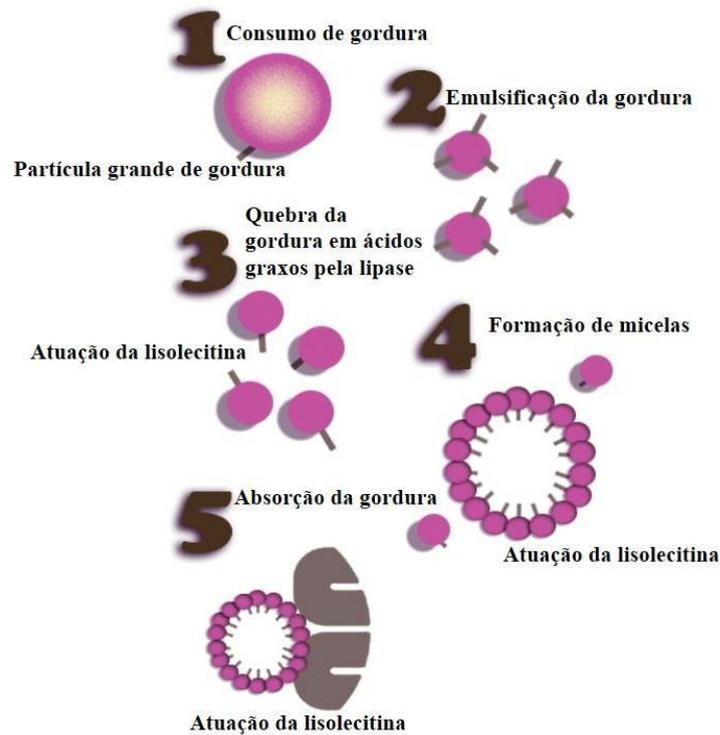
anfipáticas, ou seja, possuem regiões hidrofílicas e hidrofóbicas. A presença dessas propriedades permite a formação de micelas com uma concentração micelar crítica menor, comparada aos surfactantes químicos sintéticos, resultando em uma absorção mais eficiente do C18:2n6 cerca de 17% superior (Gurr *et al.*, 2016).

Nesse contexto, a adição de lisofosfolipídeos com objetivo de estabilizar suspensões de gordura é de grande importância e valia, destacando-se o uso dos monoglicerídeos lisofosfolipídicos como a lecitina (Tomkins; Jaster, 1991). Além disso, a inclusão de lecitina na dieta animal não apenas contribui como uma fonte energética altamente digestível, mas também promove a estabilidade no processamento de suspensões lipídicas (Sun *et al.*, 2024).

A lecitina é uma mistura composta por aproximadamente 50% de fosfolipídios, 35% de triglicerídeos e 10% de glicolipídios, além de conter carboidratos, pigmentos, carotenoides e outros microcompostos (Drackley, 2000). Suas propriedades tensoativas derivam da estrutura molecular dos fosfolipídios, que são os componentes ativos responsáveis pela sua eficácia emulsificante. Esta substância pode ser obtida a partir de fontes variadas, como soja, óleo de palma, óleo de canola, óleo de girassol e até mesmo leite, facilitando a utilização da gordura na dieta (Harrison; Leat, 1975).

Emulsionantes sintéticos, como a liolecitina ou lisofosfatidilcolina, derivados da hidrólise enzimática da lecitina, desempenham igualmente essa função (FEEDAP, 2016). A liolecitina, por exemplo, é naturalmente produzida no intestino delgado de ruminantes pela hidrólise da lecitina através da enzima fosfolipase A2, o que contribui significativamente para absorção de AG (Bangham; Dawson, 1959), como ilustrado na Figura 4.

Figura 4 – Atuação da liolecitina no processo de emulsificação



Fonte: do autor (2024), adaptado de Bittar e Reis (2021).

A incorporação de lisofosfolípidios, como lecitina e lisolecitina, tem demonstrado impactos positivos no desempenho de animais de produção (Pacheco *et al.*, 2023; Rico; Ying; Harvatine, 2017). Segundo Gallo *et al.* (2019), a inclusão de lisolecitina na dieta de bezerros lactentes resultou em melhorias significativas no desempenho e escore fecal. Em cordeiros alimentados com lecitina de soja, observou-se um aumento de 19% no consumo de energia, exercendo influência direta sobre o rendimento e a qualidade da carcaça (Lough *et al.*, 1991).

Além dos benefícios nutricionais, os fosfolípidios apresentam propriedades que se assemelham à ação de antibióticos na microbiota intestinal, desestabilizando o equilíbrio iônico das bactérias (Thormar, 2010). Essa ação é particularmente relevante para jovens ruminantes, uma vez que são suscetíveis a proliferações de microrganismos patogênicos no trato gastrointestinal.

A inclusão de emulsificantes na dieta de ovinos pode ser uma estratégia eficaz para melhorar o desempenho animal, uma vez que contribuem para aumentar a absorção de nutrientes, principalmente nos processos de digestão e absorção de gordura (Gallo *et al.*, 2019). Esses processos mostram-se menos eficientes em recém-nascidos em comparação com animais com o sistema digestório completamente desenvolvido. Órgãos essenciais como o pâncreas e o fígado, fundamentais para o processo de absorção, respondem a um

sistema enzimático ainda em desenvolvimento, resultando na incapacidade da concentração micelar crítica em desempenhar corretamente uma de suas funções primordiais, a emulsificação (Ruckebusch *etal.*, 1983).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O projeto foi aprovado pela Comissão de Ética na Utilização de Animais (CEUA) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), sob protocolo 092/17, e conduzido no Setor de Pequenos Ruminantes (SEPER)/UFU, localizado em Uberlândia, Minas Gerais, Brasil, a 863 m de altitude e situado nas coordenadas geográficas 18°87'79.6" de latitude Sul e 48°34'46.9" de longitude Oeste. O período experimental foi caracterizado com temperatura média equivalente a 23,2° C, 80,73% de umidade do ar e precipitação média de 8,22 mm dia⁻¹ (CLIMAUFU – ICIAG).

O estudo foi dividido em dois experimentos para avaliação do (i) desempenho corporal e metabólitos sanguíneos durante experimento 1 (EXP1), e (ii) ensaio de digestibilidade durante experimento 2 (EXP2).

3.1 Desenho e tratamentos experimentais

Para o EXP1 foram utilizadas 28 cordeiras Dorper x Santa Inês com 43,77 ± 5,45 kg de PC inicial e 8 ± 1 meses de idade alocadas em baias coletivas, distribuídas em delineamento inteiramente casualizado (DIC) em arranjo fatorial 2x2, sendo: (i) tipo de gordura – pura ou associada a lecitina e (ii) quantidade de gordura – 100 ou 150 g animal⁻¹ dia⁻¹. Os animais foram agrupados por PC e escore de condição corporal (ECC) em quatro grupos e então distribuídos aleatoriamente nas baias dentro de cada tratamento. Para o EXP2 foram utilizadas 24 cordeiras contemporâneas aos animais do EXP1, com 37,33 ± 8,05 kg PC e 8 ± 1 meses de idade, alocadas em gaiolas de metabolismo, conforme delineamento experimental descrito para EXP1.

Para início de cada experimento, os animais foram pesados, identificados, desverminados com Zolvix[®] (Novartis Saúde Animal, França) na dose de 2,5 mg de Monepantel por kg de PC e vacinados contra raiva, leptospirose, clostridioses e botulismo. Durante o EXP1, as cordeiras foram alojadas em quatro baias coletivas alocadas em galpão de alvenaria durante 41 dias, sem adaptação prévia às dietas experimentais, objetivando descrever o efeito dietético durante toda a extensão do estudo, incluindo a fase inicial do experimento. Durante o EXP2, os animais foram distribuídos em gaiolas metabólicas individuais providas de bebedouro, cocho e saleiro, conforme padrão do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia (INCT), durante período total de 20 dias, sendo 15 dias destinados à adaptação das cordeiras às dietas e instalações e cinco para coleta de dados e avaliações.

Os animais foram submetidos a quatro tratamentos em um esquema fatorial 2 x 2, sendo eles: 1) adição de gordura inerte pura - EnerFAT™ na quantidade de 100g animal⁻¹ dia⁻¹ (GP100); 2) adição de gordura inerte pura - EnerFAT™ na quantidade de 150g animal⁻¹ dia⁻¹ (GP150); 3) adição de gordura inerte associada à lisolecitina - LYSOFORTE® na quantidade de 100g animal⁻¹ dia⁻¹ (GL100) e; 4) adição de gordura inerte associada à lisolecitina - LYSOFORTE® na quantidade de 150g animal⁻¹ dia⁻¹ (GL150). Os ovinos foram distribuídos aleatoriamente e sorteados entre os quatro grupos experimentais descritos.

O EnerFAT™ constitui-se de sais cálcicos de AG de cadeia longa (AGCL) saturados e insaturados, oriundos de palma forrageira (*Opuntia cochenillifera*) protegidos da degradação ruminal. A inércia desses AG é alcançada por meio de uma tecnologia de encapsulamento. Nesse processo, os AG são envolvidos por uma matriz de proteína, formando uma estrutura queos protege da degradação no ambiente ácido do rúmen através da diminuição da atividade microbiana e consequentemente da biohidrogenação. Além disso, contém adoçantes adicionados para realçar o sabor e aumentar o consumo de ração. Já o LYSOFORTE® compunha-se por lecitinas de soja hidrolisadas enriquecidas em lisofosfolipídeos (Tabelas 1 e 2). Sua inclusão na gordura foi realizada durante a fabricação do produto, de forma que as lecitinas também possuíam proteção contra a ação dos microrganismos ruminais.

Tabela 1 – Níveis de garantia e características físico-químicas das gorduras inertes pura e associada à lisolecitina

Níveis de garantia*	EnerFAT™	LYSOFORTE®
Extrato etéreo (Mín.)	825,00 g Kg ⁻¹	-
Matéria mineral (Máx.)	150,00g Kg ⁻¹	-
Cálcio (Mín.)	80,00g Kg ⁻¹	-
Umidade (Máx.)	50,00g Kg ⁻¹	-
Índice de acidez (Máx.)	0,06 mg NaOH g ⁻¹	-
Índice de peróxido (Máx.)	2,00 meq 1000g ⁻¹ .	-
Lecitina de soja (Mín.)	-	500,00 g kg ⁻¹
Características físico-químicas		
Gordura ¹	82,5	-
pH	-	5,5 – 7,0
Densidade	-	0,450 a 0,750 g mL ⁻¹
Resíduo ²	-	< 15%

Mín= mínimo; máx= máximo; *Informações fornecidas pelo fabricante Kemin do Brasil Ltda.

¹Expressa em perfil de ácidos graxos; ²Peneira de 20 mesh;

Fonte: Do autor, 2024.

Tabela 2. Perfil de ácidos graxos do EnerFAT™

Ácido graxo*	Fórmula química	%
Palmítico	C16:0	40,23
Oleico	C18:1n9	31,08
Linoleico	C18:2n6	6,46
Esteárico	C18:0	3,64
Mirístico	C14:0	0,98
Araquidônico	C20:4n6	0,64
Eicosanóico	C20:0	0,28
Gama linolênico	C18:3n6	0,22
Palmitoléico	C16:1	0,16

*Informações fornecidas pelo fabricante Kemin do Brasil Ltda; Fonte: Do autor, 2024.

3.2 Manejo alimentar experimental

A dieta experimental foi composta por silagem de milho (*Zea mays*) e concentrado, obedecendo a relação volumoso:concentrado (V:C) equivalente a 30:70 (Tabela 3) e balanceada segundo o NRC (2007) para ganhos de 300 g dia⁻¹. As dietas experimentais e manejo alimentar foram iguais nos dois experimentos.

Tabela 3. Composição percentual do concentrado e bromatológica da silagem de milho e dietas experimentais

Composição percentual					
Ingredientes	%MS				
Farelo de milho	65,00				
Farelo de soja	25,00				
Ureia	2,00				
Sal mineral	8,00				
Adsorvente (g)	200				
Composição bromatológica					
Atributos Nutricionais ¹	Silagem de milho	GP100	GP150	GL100	GL150
Matéria seca (%MS)	31,20	60,50	60,59	58,47	57,81
Matéria mineral (%MS)	10,30	6,02	6,09	5,83	6,38
Matéria orgânica (%MS)	20,90	54,48	54,50	52,64	51,43
Extrato etéreo (%MS)	2,46 ²	5,39	7,81	4,08	6,84
Fibra em detergente neutro (%MS)	57,10	47,97	52,37	54,94	51,20
Fibra em detergente ácido (%MS)	36,20	9,28	12,74	14,76	11,64
Hemicelulose (%MS)	20,90	38,69	39,63	40,18	39,56
Nutrientes digestíveis totais (Mcal kg ⁻¹)	64,26*	81,47**	76,97**	74,34**	78,40**

¹%MS= porcentagem em relação à matéria seca do alimento; GP100= EnerFAT™ 100g animal dia⁻¹; GP150= EnerFAT™ 150g animal dia⁻¹; GL100= EnerFAT™ + LYSOFORTE® 100g animal dia⁻¹; GL150= EnerFAT™ + LYSOFORTE® 150g animal dia⁻¹; Mcal kg⁻¹=

megacalorias por quilograma; ¹Dados obtidos através de análise das amostras coletadas no experimento no laboratório de bromatologia e nutrição animal da UFU; ²Valor obtido através das Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Ruminantes (CQBAL 4.0);

*NDT = $87,84 - (0,7 \times \%FDA)$ (Rodrigues, 2010);

**NDT = $93,53 - (1,3 \times \%FDA)$ (Rodrigues, 2010);

Fonte: Do autor, 2024.

O EnerFAT™ e LYSOFORTE® foram adicionados aos concentrados (conforme quantidade fornecida animal⁻¹ tratamento⁻¹) e misturadas manualmente previamente antes da oferta aos animais na forma de dieta total (*Total Mixed Ration* – TMR) no momento do arração. Este, foi realizado diariamente, duas vezes ao dia – às 08h00 e 16h00, com oferta de 50% da alimentação total diária em cada turno. Os animais foram submetidos a consumo de alimentos *ad libitum*, permitindo sobras em intervalo de 5 a 10% da alimentação total fornecida no dia anterior. As sobras em matéria natural (MN) eram utilizadas para ajuste das quantidades ofertadas diariamente. Água e sal mineral *ad libitum* eram disponibilizados às cordeiras todo dia pela manhã.

3.3 Caracterização de tamanho de partícula

A caracterização do tamanho de partícula foi realizada como ferramenta para cálculo das frações fibrosas do alimento, por meio de utilização de *Penn State Particle Separator* (PSPS) (Lammers; Buckmaster; Heinrichs, 1996). Foi mensurada a distribuição de partículas dos alimentos ofertados (tabela 4) e sobras disponíveis de cada baia no período de 24 horas em três momentos (10 d, 25 d e 40 d).

Tabela 4. Distribuição do tamanho das partículas da silagem de milho e dietas experimentais para ambos experimentos

Frações	Tratamentos				
	GP100	GP150	GL100	GL150	
% dieta ofertada na matéria natural EXP1					
> 19 mm ¹	4,52 ± 1,69	2,16 ± 2,28	4,90 ± 0,40	6,78 ± 3,18	
8 – 19 mm ¹	20,20 ± 2,12	18,96 ± 2,60	18,22 ± 1,03	15,50 ± 6,88	
< 8 mm ¹	75,29 ± 4,04	78,89 ± 4,49	76,88 ± 2,57	77,72 ± 28,82	
fef>8(%) ²	24,72	21,12	23,12	22,28	
FDNfe>8 (%) ³	11,86	11,06	12,70	11,41	
Frações	Silagem de milho	GP100	GP150	GL100	GL150
% dieta ofertada na matéria natural EXP2					
> 19 mm ¹	21,87 ± 2,62	4,38 ± 1,48	4,54 ± 1,31	4,49 ± 0,90	6,04 ± 1,99
8 – 19 mm ¹	50,29 ± 2,94	20,35 ± 1,52	18,66 ± 2,45	20,99 ± 1,62	19,13 ± 2,35
< 8 mm ¹	27,84 ± 1,33	75,28 ± 3,02	76,79 ± 5,62	74,52 ± 1,54	74,83 ± 4,02
fef>8(%) ²	72,16	24,73	23,20	25,48	25,17

FDN _{fe>8} (%) ³	41,20	11,86	12,15	14,00	12,89
GP100= gordura pura em 100g animal dia ⁻¹ ; GP150= gordura pura em 150g animal dia ⁻¹ ; GL100= gordura associada à lisolecitina em 100g animal dia ⁻¹ ; GL150= gordura associada à lisolecitina em 150g animal dia ⁻¹ ; Média ± desvio padrão (DP) das seis amostras compostas para EXP1; > 19 mm: percentual de partículas com tamanho superior a 19 mm; 8 – 19 mm: percentual de partículas com tamanho inferior a 19 mm e superior a 8 mm; < 8 mm: percentual de partículas com tamanho inferior a 8 mm; fef>8: fator de efetividade da fibra; FDN _{fe>8} : fibra em detergente neutro fisicamente efetiva; ¹ Separador de partículas Penn State; ² fef: fator de efetividade física - somatório entre o percentual de partículas > 8mm (> 19 mm + 8 – 19 mm, Lammers; Buckmaster; Heinrichs, 1996); ³ FDN _{fe} : fibra em detergente neutro fisicamente efetiva - fef>8 MS * %FDN da dieta (Zebeli <i>et al.</i> , 2012); Fonte: Do autor, 2024.					

3.4 Análise de desempenho

Durante ensaio de desempenho o PC, circunferência de barril (CB) e ECC dos animais foram aferidos semanalmente, nos dias: 0 (início), 7, 14, 21, 28, 35 e 41 (final), totalizando sete medições ao longo do estudo. As avaliações ocorreram sempre pela manhã, antes da primeira alimentação.

A pesagem dos animais de forma individual foi realizada em balança automática com precisão de 5g e permitiu a determinação dos cálculos de ganho de peso (GP) e ganho médio diário (GMD) durante o período experimental. A CB foi aferida com auxílio de fita métrica alocada na parte posterior às costelas dos animais – onde se localiza o vazão. As cordeiras foram contidas em uma superfície plana com postura alinhada, e as avaliações foram realizadas sempre pelo mesmo avaliador objetivando minimizar o efeito da subjetividade da análise e do analista.

A avaliação do ECC foi realizada por três avaliadores treinados durante todo período experimental, através da apalpação das 12^a e 13^a vértebras lombares, incluindo os processos espinhosos e transversos da coluna vertebral, permitindo avaliar a deposição de gordura no animal, conforme escala proposta por Russel, Doney e Gunn (1969): 1- muito magra; 2- magra; 3- normal; 4- gorda; 5- muito gorda. A nota de ECC atribuída foi um consenso entre os três avaliadores por se tratar uma característica qualitativa, com o objetivo de diminuição de erros e padronização da avaliação.

3.5 Parâmetros sanguíneos

Os animais utilizados no EXP1 foram submetidos à avaliação de curva glicêmica por colheita sanguínea às 08h00 (antes da primeira refeição), 11h00, 14h00, 17h00 e às 20h00, nos dias 10, 25 e 40 do experimento. Nesses dias a segunda refeição somente foi

ofertada após a última colheita sanguínea do dia (20h00). Os efeitos do estresse decorrente da coleta de sangue em intervalos de três horas, assim como os efeitos da alteração do manejo alimentar durante a avaliação, não foram mensurados. Para os demais componentes bioquímicos foram feitas colheitas de sangue às 08h00, antes da primeira alimentação nos dias 10, 20, 30 e 40 do ensaio. Para realização das colheitas os animais foram contidos (fisicamente) de maneira a permitir a coleta de sangue de maneira segura. As extrações se deram por venopunção da veia jugular com auxílio de tubos Vacutainer® (BD, São Paulo, São Paulo, Brasil). Para avaliação de glicose plasmática foram utilizados tubos contendo fluoreto de sódio e ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA), que atuam como inibidor glicolítico e anticoagulante, respectivamente; para os demais metabólitos foram utilizados tubos Vacutainer® com ativador de coágulo.

As amostras de sangue coletadas foram centrifugadas a 3200 rotações por minuto (RPM) por 15 minutos, sendo os soros separados em alíquotas, guardados em microtubos plásticos estéreis Eppendorf de 1,5mL previamente identificados, e armazenados em freezer a -20° C para posterior análise laboratorial.

Os componentes bioquímicos para determinação do perfil energético foram triglicerídeos (TRIG; mg dL-1), colesterol (COL; mg dL-1), frutossamina (FRUT; mg dL-1), glicose (mg dL-1), lipoproteína de alta densidade (HDL; mg dL-1), lipoproteína de baixa densidade (LDL; mg dL-1) e lipoproteína de muito baixa densidade (VLDL; mg dL-1) (calculada dividindo-se o valor de triglicerídeos por 5). Determinou-se a relação colesterol total e HDL (CT/HDL) e relação LDL/HDL. Para determinação do metabolismo proteico foram mensurados: proteínas totais (PT; g dL-1), ureia (mg dL-1), albumina (ALB; mg dL-1), ácido úrico (AU; g dL-1) e creatinina (CREA; mg dL-1); para determinação do perfil enzimático foram analisados: fosfatase alcalina (ALP; U L-1), aspartatoaminotransferase (AST; U L-1) e gamaglutamiltransferase (GGT; U L-1).

Todas as amostras foram processadas em analisador automático de bioquímica e turbidimetria PKL® 125, pelo método de colorimetria fotoelétrica usando kit comercial da LabTest Diagnóstica S.A.®.

3.6 Consumo de nutrientes, ensaio de digestibilidade e escore fecal

Durante o ensaio de digestibilidade foram realizadas coletas de alimentos e sobras, bem como coletas totais de fezes e urina durante os cinco dias destinados à coleta de dados e amostras em uma única fase. Após a formação de amostras, estas foram levadas ao laboratório onde foi feita determinação da MS das rações, sobras e fezes, sendo então

possível calcular a MS definitiva das mesmas e teor dos nutrientes. Posteriormente, calculou-se o consumo e digestibilidade de nutrientes através das seguintes fórmulas (Maynard *et al.*, 1984):

$$CN = (\text{cons} \times \% \text{cons}) - (\text{sob} \times \% \text{sob}) \quad (\text{Eq. 1})$$

$$DA = \frac{CN - (\text{Fez} \times \% \text{fez}) \times 100}{CN} \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde: CN = consumo do nutriente (kg); Cons = quantidade de alimento consumido (kg);

%cons = teor do nutriente no alimento fornecido (%); Sob = quantidade de sobra retirada(kg); %sob = teor do nutriente nas sobras (%); DA = digestibilidade aparente (%); Fez = quantidade de fezes coletada (kg); %fez = teor do nutriente nas fezes (%).

A urina foi coletada em baldes plásticos cobertos com telas, para evitar contaminação com pelos, ração e fezes, e alocados abaixo do funil das gaiolas de metabolismo durante o período de 24 horas. Foi adicionado diariamente em cada balde, 100 mL de ácido sulfúrico a 2 N (H₂SO₄) para evitar a volatilização do nitrogênio (N), como também possível fermentação microbiana presente no ambiente. A quantidade de urina foi mensurada diariamente pela manhã, através de uma proveta graduada com precisão de 20 mL e a densidade da urina foi determinada através de refratômetro manual.

Para a coleta total de fezes, as gaiolas eram limpas diariamente pela manhã, com o auxílio de espátula e vassoura para mensuração do peso total das fezes. Todos os dias eram coletados 100 g de fezes para confecção de amostra composta (500 g) para cada animal. O escore fecal (EF) foi avaliado durante os mesmos cinco dias de coleta de dados de acordo com adaptação à escala proposta por Dickson e Jolly (2011): 1 – fezes secas e duras; 2 – fezes espessas próximo ao normal; 3 – fezes em consistência de mingau, formam uma pilha macia; 4 – fezes amolecidas, formam uma pilha solta; 5 – fezes muito líquidas, incluindo diarreia.

3.7 Consumo de água

Ainda para o ensaio de digestibilidade foram utilizados baldes acoplados a estruturas físicas das gaiolas metabólicas (para permitir fixação do balde) para fornecimento e estimativa da ingestão *ad libitum* de água pelas cordeiras. Ofertou-se diariamente o equivalente a seis litros(6 L) de água para cada animal no início da manhã e

o volume de água residual acompanhado visualmente durante o dia. Quando necessário, foi ofertado quantidade adicional. Após o período de 24 horas, durante o turno da manhã, a água residual foi quantificada utilizando proveta volumétrica e a ingestão de água via bebida foi determinada pela diferença do volume ofertado e o volume residual mais evaporado. A evaporação foi quantificada diariamente pela diferença entre o volume ofertado e residual da água em balde instalado na área experimental, e protegido ao acesso dos animais.

3.8 Análises químicas

Foram pesados e amostrados diariamente durante todo o período experimental os alimentos ofertados e sobras em ambos os experimentos, além das fezes para EXP2, com auxílio de balança automática. Foi feita uma amostra composta para cada baía coletiva em um período de sete dias para EXP1, e para cada animal durante os cinco dias de período de coleta para EXP2. Os alimentos foram coletados em quantidades equivalentes a um dia de arração. As sobras foram mensuradas e todo o material armazenado, sendo acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e armazenadas em congelador a -15°C. Ao final do ensaio, as amostras foram descongeladas, homogeneizadas e amostradas em 20% do conteúdo total para análises laboratoriais.

Todas as amostras foram submetidas a pré-secagem em estufas com circulação forçada de ar a 55°C por 72 horas, no laboratório de Bromatologia e Nutrição Animal (LABAN UFU –FAMEV). Posteriormente o material foi triturado em moinho tipo Willey, com peneira de crivos de 1 mm.

A matéria seca (MS) foi medida por secagem definitiva a 105°C em estufa de ar forçado por 24h, e a matéria mineral (MM) por incineração em forno a 550°C por 4h (AOAC International, 2002; método 942.05). A matéria orgânica (MO) foi obtida pela diferença entre MS e MM. O extrato etéreo (EE) foi determinado por hidrólise ácida usando éter de petróleo (AOAC International, 2002; método 920.39), com acidificação com ácido clorídrico devido as fontes de gordura passarem por procedimentos que as tornavam mais estáveis e que formassem ligações fortes.

A determinação de fibra em detergente neutro (FDN) foi feita de acordo com Van Soest, Robertson e Lewis (1991) e fibra em detergente ácido (FDA) de acordo com Goering e Van Soest (1970), usando sulfato de sódio e amilase termoestável. Os teores de hemicelulose foram obtidos através da diferença entre FDN e FDA. A determinação da FDN e avaliação do tamanho de partículas dos alimentos em separador de partículas PSPS

permitiu determinação dos teores de FDN fisicamente efetiva – partículas com tamanho superior a 8 mm ($FDN_{fe} > 8$) conforme tabela 4.

3.9 Análise estatística

A análise estatística foi realizada pela versão 9.4 do *Statistical Analyses System* (SAS; 2003) e inicialmente os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro e Wilk (1965) e homogeneidade das variâncias pelo teste de Levene (1960), a 5% de probabilidade. Quando necessário, os dados foram transformados pela função LOG e os resíduos plotados contra os valores previstos para verificação das suposições do modelo. Os resíduos fora do intervalo de $\pm 3,0$ desvios-padrão em relação à média foram considerados como *outliers*, e removidos do banco de dados.

Em seguida, os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) por meio do PROC MIXED, ao nível de 5% de significância. As médias foram ajustadas pelo método dos quadrados mínimos e os efeitos considerados significativos tiveram suas médias comparadas pelo teste de Tukey com significância em $p \leq 0,05$. O consumo de nutrientes e parâmetros digestivos foram analisados considerando o modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + Q_j + T_iQ_j + A_k + E_{ijkl} \quad (\text{Eq. 3})$$

Onde: Y_{ijkl} = variável dependente; μ = média geral; T_i = efeito fixo do tipo de gordura ($i = 1$ – pura; 2 – associada à lisolecitina); Q_j = efeito fixo da quantidade de gordura ($j = 1$ – 100g; 2 – 150g); T_iQ_j = efeito fixo da interação entre tipo e quantidade de gordura; A_k = efeito aleatório do animal ($k = 1$ – 24); E_{ijkl} = erro associado à observação Y_{ijkl} .

Os metabólitos sanguíneos e desempenho corporal foram avaliados como medida repetida no tempo, utilizando a opção REPEAT do SAS para análise dos dados em função do período (dia) e/ou hora (para curva glicêmica). Para esta análise foram testadas diferentes estruturas de matrizes de covariância como a heterogênea, estruturada e auto regressiva de primeira ordem, a fim de obter o modelo com melhor capacidade de predição dos dados com base no critério de informação de Akaike (AIC). Os metabólitos e características de desempenho foram avaliados em função do período, conforme o modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + Q_j + T_iQ_j + A_k + P_l + T_iP_l + Q_jP_l + T_iQ_jP_l + A_kP_l + E_{ijkl} \quad (\text{Eq. 4})$$

Onde: Y_{ijkl} = variável dependente; μ = média geral; T_i = efeito fixo do tipo de gordura ($i = 1$ – pura; 2 – associada à lisolecitina); Q_j = efeito fixo da quantidade de gordura ($j = 1$ – 100g; 2 – 150g); T_iQ_j = efeito fixo da interação entre tipo e quantidade de gordura; A_k = efeito aleatório do animal ($k = 1$ – 28); P_l = efeito fixo do dia de coleta; T_iP_l = efeito fixo da interação entre tipo de gordura e período; Q_jP_l = efeito fixo da interação entre quantidade de gordura e período; $T_iQ_jP_l$ = efeito fixo da interação entre tipo de gordura, quantidade de gordura e período; A_kP_l = efeito aleatório da interação entre animal e período; E_{ijkl} = erro associado à observação Y_{ijkl} .

Enquanto a curva glicêmica foi analisada estatisticamente em função da hora de avaliação, conforme descrito no modelo a seguir:

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + Q_j + T_iQ_j + A_k + P_l + H_m + T_iH_m + Q_jH_m + T_iQ_jH_m + P_lH_m + A_kH_m + E_{ijklm} \quad (\text{Eq. 5})$$

Onde: Y_{ijkl} = variável dependente; μ = média geral; T_i = efeito fixo do tipo de gordura ($i = 1$ – pura; 2 – associada à lisolecitina); Q_j = efeito fixo da quantidade de gordura ($j = 1$ – 100g; 2 – 150g); T_iQ_j = efeito fixo da interação entre tipo e quantidade de gordura; A_k = efeito aleatório do animal ($k = 1$ – 28); P_l = efeito fixo do dia de coleta; H_m = efeito fixo da hora de coleta; T_iH_m = efeito fixo da interação entre tipo de gordura e hora de coleta; Q_jH_m = efeito fixo da interação entre quantidade de gordura e hora de coleta; $T_iQ_jH_m$ = efeito fixo da interação entre tipo de gordura, quantidade de gordura e hora de coleta; P_lH_m = efeito fixo da interação entre dia e hora de coleta; A_kH_m = efeito aleatório da interação entre animal e hora de coleta; E_{ijkl} = erro associado à observação Y_{ijkl} .

Os dados referentes ao ECC e EF foram analisados por estatística não paramétrica, por meio do teste de Kruskal e Wallis (1952) seguido pelo método de comparações múltiplas de Conover (1980) com nível de significância de 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS

4.1 Consumo e digestibilidade de nutrientes

Não foi observado efeito do tipo e/ou quantidade de gordura, de forma individual e em associação, sobre o consumo de nutrientes e MS, matéria seca fecal (MSF; %), fezes na matériaseca (FMS; %), digestibilidade da matéria seca (DMS; %), DEE (%) e DFDN (%) e parâmetros urinários ($P > 0,05$; Tabela 5). O EF foi maior ($P = 0,04$) quando os animais foram alimentados com gordura pura (2,03) em relação a gordura associada à lisolecitina (1,93), enquanto a produção de fezes em matéria natural (FMN) foi maior ($P = 0,04$) para animais alimentados com 100 g de gordura ($0,415 \text{ kg dia}^{-1}$), em relação a quantidade de 150 g ($0,306 \text{ kg dia}^{-1}$; Tabela 5).

Tabela 05 – Consumo de nutrientes e parâmetros metabólicos de cordeiras alimentadas com diferentes quantidades (100g vs 150g) de gorduraprotegida pura ou associada à lisolecitina

Parâmetros	Tipo de gordura		Quant. de gordura		EPM	P valor			
	Pura	G+Lec	100	150		TG	QG	TG x QG	
Consumo de nutrientes e matéria seca									
Água, L dia ⁻¹	2,79	2,82	2,95	2,67	0,15	0,92	0,38	0,98	
Matéria seca, kg dia ⁻¹	0,666	0,683	0,746	0,603	0,05	0,87	0,18	0,19	
Matéria seca, %pc	1,825	1,886	1,741	1,970	0,11	0,79	0,33	0,28	
Matéria seca, pm	44,94	46,37	42,82	48,49	2,67	0,79	0,31	0,25	
Fibra em detergente neutro, kg dia ⁻¹	0,314	0,362	0,337	0,339	0,03	0,42	0,96	0,64	
Fibra em detergente ácido, kg dia ⁻¹	0,071	0,099	0,079	0,092	0,01	0,22	0,55	0,72	
Hemicelulose, kg dia ⁻¹	0,242	0,288	0,258	0,272	0,02	0,26	0,72	0,88	
Extrato etéreo, kg dia ⁻¹	0,028	0,032	0,026	0,033	0,01	0,67	0,43	0,27	
Nutrientes digestíveis totais, kg dia ⁻¹	0,579	0,745	0,660	0,665	0,05	0,11	0,96	0,79	
Parâmetros metabólicos									
Fezes, kg MN dia ⁻¹	0,363	0,358	0,415A	0,306B	0,03	0,93	0,04	0,05	
Fezes, kg MS dia ⁻¹	0,157	0,164	0,181	0,140	0,01	0,73	0,08	0,07	
Fezes, %MS	43,80	46,31	43,85	46,26	0,88	0,16	0,18	0,72	
Escore fecal	2,03A	1,93B	1,98	1,98	0,03	0,04	0,95	0,20	
Digestibilidade da matéria seca, %	73,86	72,44	73,52	72,78	0,96	0,50	0,72	0,82	
Digestibilidade da fibra em detergente neutro, %	73,59	74,67	74,16	74,10	1,60	0,75	0,99	0,25	
Digestibilidade do extrato etéreo, %	53,12	61,87	51,42	63,57	5,65	0,49	0,34	0,76	
Volume urinário, L dia ⁻¹	1,390	1,328	1,506	1,211	0,12	0,80	0,24	0,75	
Densidade da urina, kg m ⁻³	1,019	1,020	1,021	1,018	0,01	0,85	0,31	0,59	

EPM= erro padrão da média; P valor= Probabilidade de significância (5%); TG= tipo de gordura; QG= quantidade de gordura; MN= matéria natural; MS= matéria seca;

*Letras maiúsculas diferentes na mesma linha diferem estatisticamente pelo teste de Tukey

(P<0,05);Fonte= Do autor, 2024.

FMN apresentou interação entre TG e QG (P=0,05) com 150g se mostrando superior ao tratamento contendo 100g quando utilizado gordura

pura (P=0,04; Tabela 06).

Tabela 06 – Desdobramento das interações entre os dois fatores da dieta (tipo e quantidade de gordura) para a variável Fezes na Matéria Natural (kg dia⁻¹) de cordeiras alimentadas com diferentes quantidades (100g vs 150g) de gordura protegida pura ou associada à lisolecitina

Quantidade de gordura	Tipo de gordura		P valor
	Pura	G+Lec	
100	0,469A	0,361	0,43
150	0,256B	0,355	0,54
P valor	0,04	0,99	

*Letras maiúsculas diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05); Fonte= Do autor, 2024.

4.2 Desempenho animal

Não foi observado efeito do TG sobre os parâmetros de desempenho GMD, GP, PC e CB (P>0,05). A inclusão de lisolecitina associada à gordura protegida aumentou o ECC (3,07 x 2,87) em relação a gordura pura (P<0,01; Tabela 7). A QG ofertada não afetou o desempenho de cordeiras (P>0,05; Tabela 7). Não foi observado efeito do tipo e quantidade de gordura em associação para variáveis de desempenho (P>0,05). O PC e CB aumentaram linearmente em relação ao dia da avaliação (P<0,01). O GMD, GP e ECC apresentaram efeito quadrático para o dia de avaliação, com valor máximo no 14 d seguido de diminuição para GMD e GP, enquanto ECC apresentou ponto máximo em 28 d com decréscimo até o fim do estudo (P<0,02; Tabela 7).

Tabela 07 – Desempenho corporal de cordeiras alimentadas com diferentes quantidades (100g vs 150g) de gordura protegida pura ou associada à lisolecitina

Desempenho corporal		GMD	GP	PC	CB	ECC
Tipo gordura	Pura	0,233	1,632	49,90	98,03	3,07A
	G+Lec	0,177	1,240	48,62	95,27	2,87B
Quant. gordura (g)	100	0,233	1,637	48,67	96,68	3,04
	150	0,177	1,235	49,85	96,62	2,90
Período (dias)	0d			43,84e	90,03d	2,81b
	7d	0,236abc	1,651abc	45,49d	91,56d	2,90ab
	14d	0,411a	2,876a	48,37c	95,39c	3,03a
	21d	0,310ab	2,167ab	50,54b	97,56b	3,02a
	28d	0,181bc	1,264bc	51,80a	100,01a	3,06a
	35d	0,069c	0,485c	52,29a	100,41a	2,99ab
	41d	0,025c	0,174c	52,48a	101,59a	3,00ab
EPM		0,02	0,16	0,53	0,55	0,02

P valor	TG	0,13	0,13	0,62	0,21	<0,01
	QG	0,12	0,12	0,65	0,98	0,06
	TG x QG	0,18	0,18	0,38	0,15	0,97
	P	<0,01 ¹	<0,01 ²	<0,01 ³	<0,01 ⁴	0,02 ⁵
	P x TG	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03
	P x QG	0,05	0,04	0,03	<0,01	0,03
	P x TG x QG	0,04	0,04	0,04	0,02	0,03

GMD= ganho médio diário; GP= ganho de peso; PC= peso corporal; CB= circunferência de barril; ECC= escore de condição corporal; EPM= erro padrão da média; P valor= Probabilidade de significância (5%); TG= tipo de gordura; QG= quantidade de gordura; P= período de avaliação;

*Letras maiúsculas distintas nas colunas e minúsculas nas linhas e colunas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05);

¹ $\hat{Y} = 0,22742 + 0,01206x - 00043380x^2$, $R^2 = 0,29$; ² $\hat{Y} = 1,59195 + 0,08440x - 0,00304x^2$, $R^2 = 0,17$;

³ $\hat{Y} = 44,53844 + 0,22038x$, $R^2 = 0,24$; ⁴ $\hat{Y} = 92,29584 + 0,29195X$, $R^2 = 0,31$; ⁵ $\hat{Y} = 2,92189 + 0,01770x - 0,00032052x^2$;

Fonte= Do autor, 2024.

O dia da avaliação mostrou interação com tipo e quantidade de gordura, de forma individual e associada para todas as medidas de desempenho (P<0,05). Para a interação entre período x TG x QG, o tratamento GL100 apresentou o maior valor para GMD (0,660 kg dia⁻¹) aos 14 dias de estudo. Em contrapartida, o tratamento GL150 demonstrou o menor resultado entre todos os tratamentos (- 0,214 kg dia⁻¹) aos 42 dias de experimento (P=0,04). Ambos os tratamentos com inclusão de 150 g animal⁻¹ dia⁻¹ apresentaram valores de GMD negativos a partir de 35 dias (Figura 5).

GP também apresentou interação entre período x TG x QG com o tratamento GL100 apresentando o maior valor (4,617 kg) aos 14 dias de estudo. Todavia, GL150 demonstrou o menor resultado entre todos os tratamentos (- 1,500 kg) aos 42 dias de experimento (P=0,04). Assim como para GMD, Ambos os tratamentos com inclusão de 150 g animal⁻¹ dia⁻¹ apresentaram valores de GP negativos a partir de 35 dias (Figura 5).

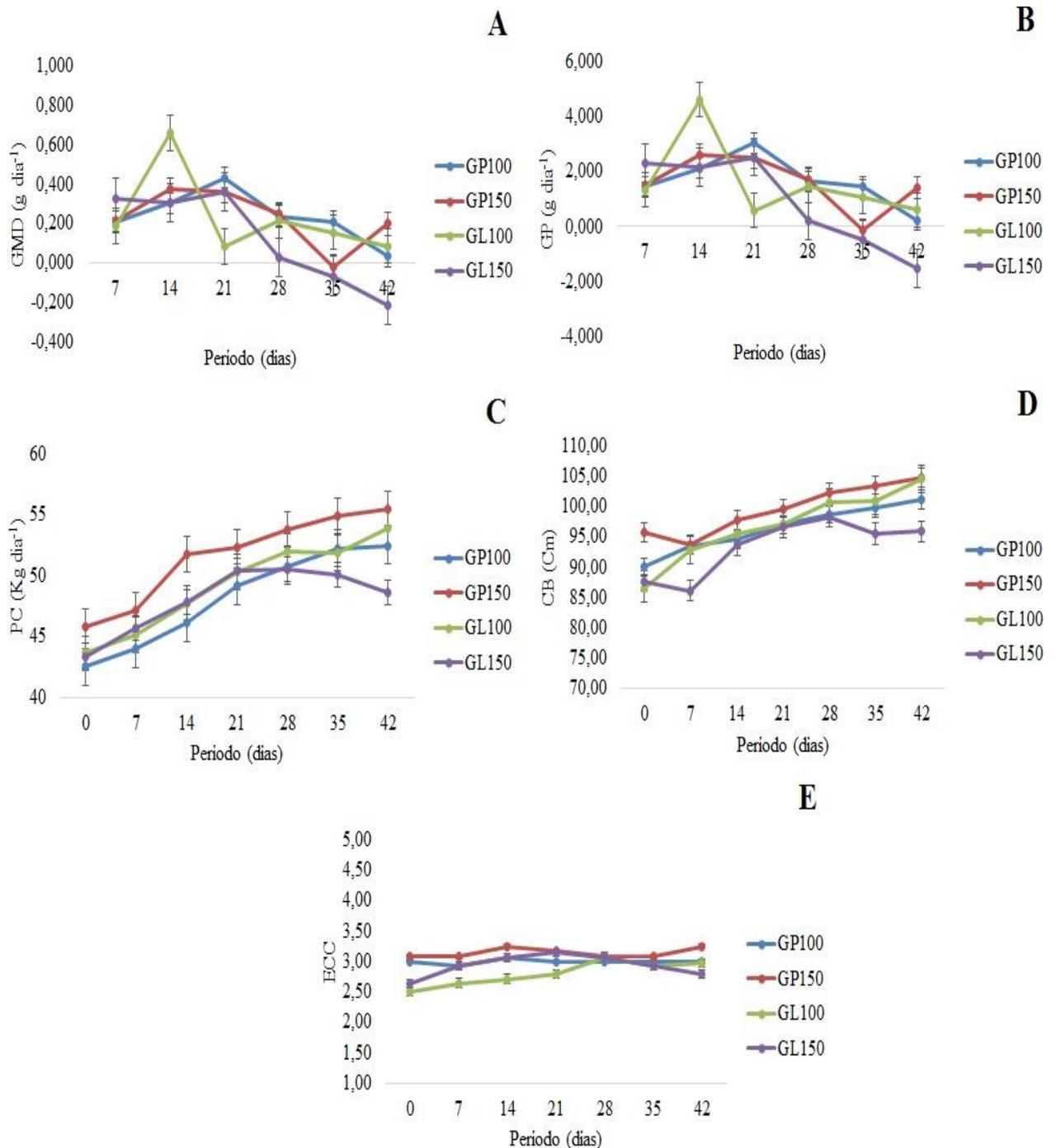
O PC apresentou interação entre período x TG x QG com todos os tratamentos se mostrando igualmente superiores a partir de 21 dias de experimento (P=0,04). Os tratamentos GP100 e ambos com inclusão de lisolecitina apresentaram os menores valores de PC em 0 d comparado a todo o período experimental.

Para a medida CB houve interação entre período x TG x QG, com GP150 apresentandoos maiores valores nos dias 28 d, 35 d e 42 d, bem como GL100 aos 42 d. O menor valor para esta variável foi encontrado em 7 d no tratamento GL150 (P=0,02).

Da mesma forma o ECC apresentou interação entre período x TG x QG com

GL150 demonstrando os maiores valores em 14 d, 21 d e 42 d, bem como GL150 em 21 d. Por outro lado, GL100 teve o menor valor encontrado (2,50) em 0 d do experimento ($P=0,04$).

Figura 5 – Gráficos dos desdobramentos das interações entre os dois fatores da dieta (tipo e quantidade de gordura) e do tempo para as variáveis de desempenho de cordeiras alimentadas com diferentes quantidades (100g vs 150g) de gordura protegida pura ou associada à liolecitina



A) GMD= ganho médio diário; B) GP= ganho de peso; C) PC= peso corporal; D) CB= circunferência de barril; E) ECC= escore de condição corporal; GP100= gordura pura em 100g; GP150= gordura pura em 150g; GL100= gordura + liolecitina em 100g; GL150= gordura + liolecitina em 150;

Fonte= Do autor, 2024.

4.3 Perfil bioquímico sérico

4.3.1 Perfil proteico

Os metabólitos proteicos AU, ALB, CREA e PT não foram influenciados pelo tipo ou quantidade de gordura de forma individual ou associada ($P>0,05$; Tabela 08). Porém, a interação entre TG x QG descreveu aumento para ureia ($P<0,01$; Tabela 9) com 150g de gordura. As variáveis ALB, CREA, PT e ureia sofreram influência do dia de coleta ($P<0,01$). ALB apresentou efeito linear positivo ao longo do período de avaliação ($P<0,01$). Já as variáveis CREA, PT e ureia apresentaram efeito quadrático para o dia da avaliação, mas com curvas distintas ($P<0,01$). CREA apresentou o menor valor mínimo aos 28 dias seguido de aumento. O mesmo efeito foi encontrado para PT com valor mínimo alcançado em 14 d seguido de aumento. Por outro lado, a ureia, apesar de também demonstrar efeito quadrático para o período de avaliação, apresentou valor máximo no dia 14d seguido de decréscimo (Tabela 08).

Tabela 08 – Metabolismo proteico de cordeiras alimentadas com diferentes quantidades (100g

vs 150g) de gordura protegida pura ou associada à lisolecitina

Metabólitos proteicos		AU (g dL ⁻¹)	ALB (mg dL ⁻¹)	CREA (mg dL ⁻¹)	PT (g dL ⁻¹)	Ureia (mg dL ⁻¹)
Tipo gordura	Pura	0,68	4,14	1,62	6,39	61,56
	G+Lec	0,76	4,10	1,61	6,56	57,01
Quant. gordura (g)	100	0,76	4,12	1,67	6,37	56,49
	150	0,68	4,11	1,56	6,58	62,36
Período (dias)	0d	0,69	3,69c	1,74ab	6,76a	41,74c
	14d	0,61	3,90b	1,49b	5,91b	70,10a
	28d	0,71	4,41a	1,41b	6,53a	64,58ab
	42d	0,89	4,46a	1,82a	6,70a	59,22b
EPM		0,09	0,04	0,05	0,07	0,03
VR		0–2,09	1,12–5,38	0,40–1,80	3,10–11,40	12,80–100,00
P valor	TG	0,36	0,46	0,86	0,33	0,32
	QG	0,63	0,88	0,30	0,21	0,07
	TG x QG	0,42	0,88	0,20	0,63	0,02
	P	0,89	<0,01 ¹	<0,01 ²	<0,01 ³	<0,01 ⁴
	P x TG	0,88	0,04	0,04	0,05	0,02
	P x QG	0,55	0,04	0,03	0,05	0,03
	P x TG x QG	0,88	0,03	0,05	0,05	0,04

AU= ácido úrico; ALB= albumina; CREA= creatinina; PT= proteínas totais; UREIA= ureia; EPM= erro padrão da média; VR= valor de referência de bioquímicos séricos para cordeiros do nascimento a um ano segundo Varanis *et al.* (2021b); P valor= probabilidade de significância (5%); TG= tipo de gordura; QG=quantidade de gordura; P= período de avaliação;

*Letras minúsculas distintas nas linhas e colunas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P<0,05$);

¹ $\hat{Y} = 3,72353 + 0,02021x$, $R^2 = 0,63$; ² $\hat{Y} = 1,73983 - 0,03394x + 0,00083034x^2$, $R^2 = 0,10$; ³ $\hat{Y} =$

$$6,65197 - 0,05028x + 0,00033632x^2, R^2 = 0,12; \hat{Y} = 3,74708 + 0,03722x - 0,00072871x^2, R^2 = 0,42;$$

Fonte= Do autor, 2024.

A ureia apresentou interação entre TG x QG (P<0,05) com 150g se mostrando superior ao tratamento contendo 100g quando utilizado somente gordura pura (P<0,01).

Tabela 9 – Desdobramento da interação entre os dois fatores da dieta (tipo e quantidade de gordura) para a variável ureia (mg dL⁻¹) de cordeiras alimentadas com diferentes quantidades (100g vs 150g) de gordura protegida pura ou associada à lisolecitina

Quantidade de gordura	Tipo de gordura		P valor
	Pura	G+Lec	
100	55,26B	57,82	0,67
150	66,83A	55,96	0,07
P valor	<0,01	0,96	

P valor= probabilidade de significância (5%);

*Letras maiúsculas distintas na mesma coluna diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05); Fonte= Do autor, 2024.

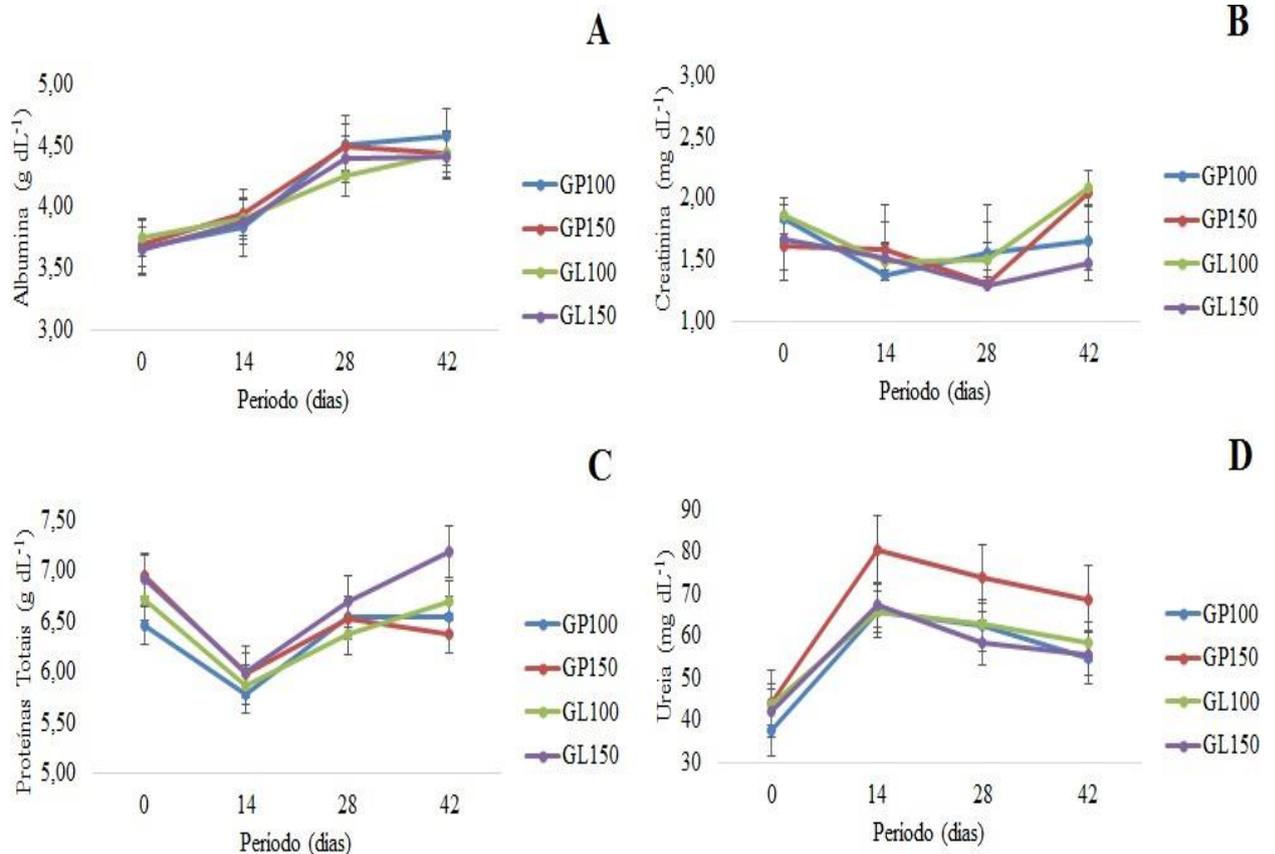
O dia da avaliação mostrou interação com tipo e quantidade de gordura, de forma individual e associada para ALB, CREA, PT e ureia (P<0,05). A variável ALB apresentou interação entre período x TG x QG com os tratamentos à base de gordura pura apresentando os maiores valores nos dias 28 d e 42 d, bem como GL100 aos 42 d. Os menores valores para esta variável foram encontrados em 0 d igualmente para todos os tratamentos (P=0,03; Figura 6).

Para a interação entre período x TG x QG, o tratamento GL100 apresentou o maior valor para CREA (2,08 mg dL⁻¹) aos 42 dias de estudo. Em contrapartida, os tratamentos com oferta de 150 g animal⁻¹ dia⁻¹ demonstraram os menores resultados entre todos os tratamentos aos 28 dias de experimento (P=0,05).

A concentração de PT apresentou interação entre período x TG x QG com GL150 se mostrando estatisticamente superior aos demais tratamentos/períodos (7,19 g dL⁻¹) em 42 d. Os menores valores foram obtidos em 14 d para todos os tratamentos (P=0,05).

O maior valor obtido na interação entre período x TG x QG para ureia foi encontrado aos 14 d para GP150 (80,59 mg dL⁻¹), enquanto o menor valor estatisticamente foi obtido no tratamento GP100 aos 0 d do experimento (37,74 mg dL⁻¹; Figura 6).

Figura 6 – Gráficos dos desdobramentos das interações entre os dois fatores da dieta (tipo e quantidade de gordura) e do tempo para as variáveis de metabolismo proteico de cordeiras alimentadas com diferentes quantidades (100g vs 150g) de gordura protegida pura ou associada à lisolecitina



A) Albumina; B) Creatinina; C) Proteínas totais; D) Ureia; GP100= gordura pura 100g; GP150= gordura pura 150g; GL100= gordura + lisolecitina 100g; GL150= gordura + lisolecitina 150; Fonte= Do autor, 2024.

4.3.2 Perfil energético

A inclusão de lisolecitina aumentou os níveis de COL (24,50 x 19,15 mg dL⁻¹), TRIG (103,04 x 83,14 mg dL⁻¹), HDL (28,97 x 24,93 mg dL⁻¹) e VLDL (20,61 x 16,65 mg dL⁻¹) (P=0,02). A QG não influenciou os metabólitos energéticos (P>0,05; Tabela 10). Não foi observado efeito do tipo e/ou quantidade de gordura, individualmente ou em associação sobre as variáveis FRUT, LDL e relações CT/HDL e LDL/HDL (P>0,05). Porém, a interação entre TG e QG descreveu aumento para TRIG (P<0,01) com 150g de gordura quando associada à lisolecitina (Tabela 11).

O momento da coleta afetou todas as variáveis de perfil energético (P<0,01).

TRIG, COL, HDL, VLDL e LDL aumentaram enquanto a FRUT diminuiu linearmente em relação ao dia da avaliação. As relações CT/HDL e LDL/HDL apresentaram efeito quadrático para o dia de avaliação, com valor máximo em 14 d seguido de diminuição.

Tabela 10 – Metabolismo energético de cordeiras alimentadas com diferentes quantidades (100g vs 150g) de gordura protegida pura ou associada à lisolecitina

Metabólitos energéticos		TRIG (mg dL ⁻¹)	FRUT (mg dL ⁻¹)	COL (mg dL ⁻¹)	HDL (mg dL ⁻¹)	LDL (mg dL ⁻¹)	VLDL (mg dL ⁻¹)	CT/HDL	LDL/HDL
Tipo gordura	Pura	19,15b	129,75	83,14b	24,93b	41,95	16,65b	3,28	1,63
	G+Lec	24,50a	128,06	103,04a	28,97a	53,51	20,61a	3,54	1,83
Quant. gordura (g)	100	19,14	127,96	93,27	27,27	47,94	18,64	3,36	1,69
	150	24,31	129,81	92,20	26,54	47,22	18,44	3,45	1,76
Período (dias)	0d	17,52b	155,58a	46,73c	17,88b	20,79c	9,67c	2,73c	1,19c
	14d	25,00a	125,89b	76,74b	20,13b	40,18b	15,35b	4,01a	2,21a
	28d	17,15b	121,81bc	105,90a	35,16a	51,29ab	21,18a	3,02bc	1,42bc
	42d	28,09a	111,46c	145,65a	34,74a	81,64a	29,13a	3,91ab	2,13ab
EPM		0,05	0,02	0,06	0,05	0,08	0,06	0,03	0,06
VR		5,00–78,00	111,00–413,61	15,00–139,90	13,00–79,00	0,80–83,36	1,00–17,40	ND	ND
P valor	TG	0,02	0,56	0,02	0,02	0,06	0,03	0,16	0,26
	QG	0,13	0,78	0,81	0,46	0,71	0,73	0,71	0,67
	TG x QG	<0,01	0,79	0,44	0,30	0,42	0,36	0,88	0,98
	P	<0,01 ¹	<0,01 ²	<0,01 ³	<0,01 ⁴	<0,01 ⁵	<0,01 ⁶	<0,01 ⁷	<0,01 ⁸
	P x TG	0,03	0,02	0,02	0,02	0,05	0,03	0,03	0,04
	P x QG	0,04	0,03	0,04	0,03	0,04	0,05	0,03	0,05
	P x TG x QG	0,04	0,05	0,03	0,02	0,05	0,04	0,04	0,05

TRIG= triglicerídeos; FRUT= frutamina; COL= colesterol; HDL= lipoproteína de alta densidade; LDL= lipoproteína de baixa densidade; VLDL= lipoproteína de muito baixa densidade; CT/HDL= relação entre colesterol total e lipoproteína de alta densidade; LDL/HDL= relação entre lipoproteína de baixa densidade e lipoproteína de alta densidade; EPM= erro padrão da média; VR= valor de referência de bioquímicos séricos para cordeiros do nascimento a um ano segundo Varanis *et al.* (2021b); ND= não determinado; P valor= probabilidade de significância (5%); TG= tipo de gordura; QG= quantidade de gordura; P= período de avaliação;

*Letras minúsculas distintas nas linhas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey;

¹ $\hat{Y} = 2,86936 + 0,00301x$, $R^2 = 0,14$; ² $\hat{Y} = 4,99717 - 0,00745x$, $R^2 = 0,53$; ³ $\hat{Y} = 3,85978 + 0,02375x$, $R^2 = 0,41$; ⁴ $\hat{Y} = 2,76855 + 0,01866x$, $R^2 = 0,34$; ⁵ $\hat{Y} = 0,16516 + 0,00400x$, $R^2 = 0,34$; ⁶ $\hat{Y} = 2,24721 + 0,02327x$, $R^2 = 0,40$; ⁷ $\hat{Y} = 0,9518 + 0,08351 - 0,00477x^2 + 0,00007106x^3$, $R^2 = 0,25$; ⁸ $\hat{Y} = -0,05514 + 0,14884x - 0,00177x^2 + 0,00011857x^3$;

Fonte= Do autor, 2024.

TRIG apresentou interação entre TG e QG ($P < 0,01$) com gordura associada à lisolecitina se mostrando superior ao tratamento contendo gordura pura quando utilizado 150g ($P < 0,01$; Tabela 11).

Tabela 11 – Desdobramento da interação entre os dois fatores da dieta (tipo e quantidade de gordura) para a variável triglicerídeos (mg dL^{-1}) de cordeiras alimentadas com diferentes quantidades (100g vs 150g) de gordura protegida pura ou associada à lisolecitina

Quantidade de gordura	Tipo de gordura		P valor
	Pura	G+Lec	
100	20,33	17,79	0,92
150	17,92B	30,69A	<0,01
P valor	0,56	0,01	

P valor= probabilidade de significância (5%);

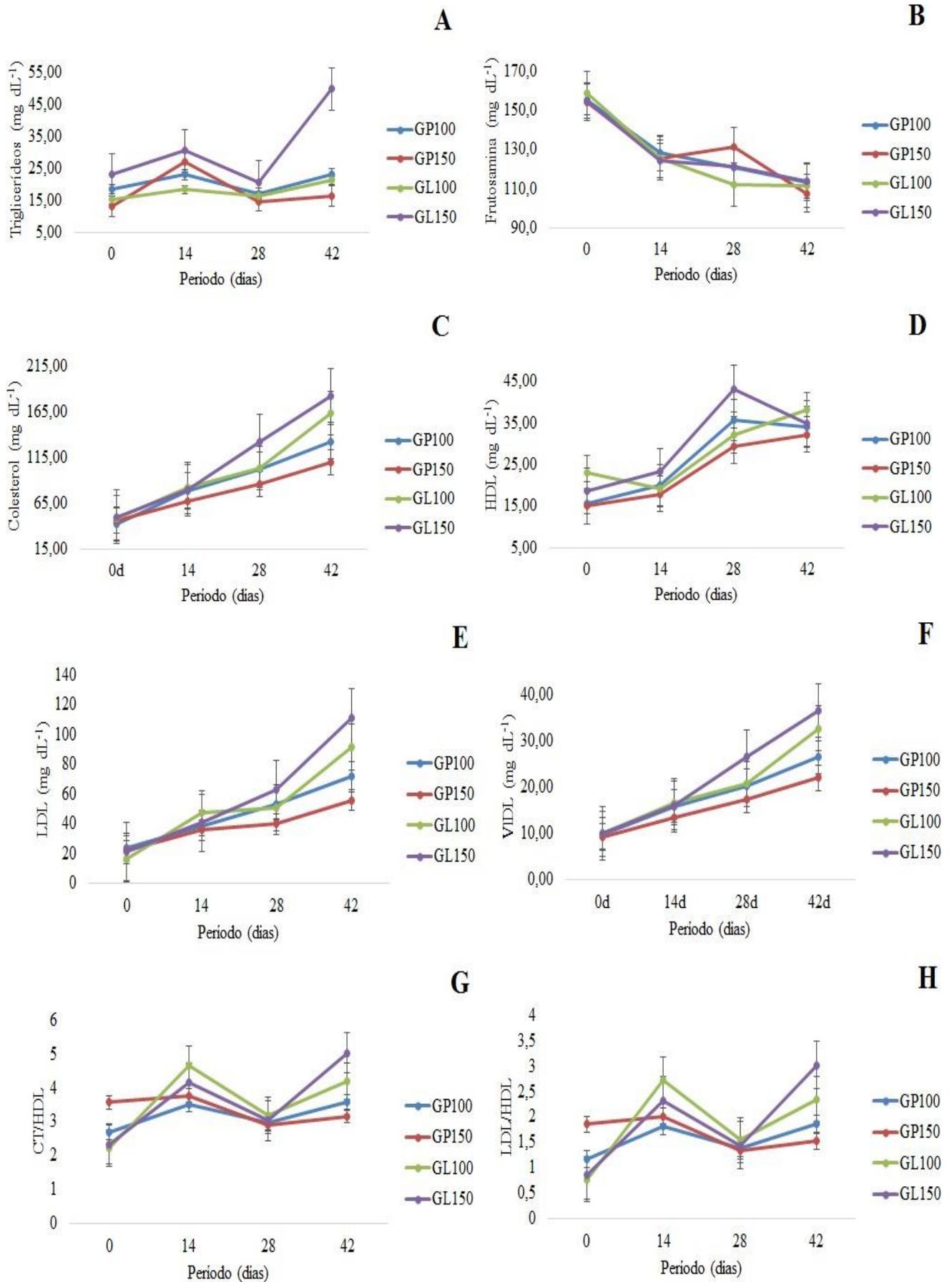
*Letras maiúsculas distintas na mesma linha diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$); Fonte= Do autor, 2024.

O dia da avaliação mostrou interação com tipo e/ou quantidade de gordura de forma isolada e em conjunto para todos os metabólitos energéticos avaliados ($P < 0,05$; Tabela 10). TRIG apresentou interação entre período x TG x QG com GL150 se mostrando estatisticamente superior aos demais tratamentos/períodos ($49,83 \text{ mg dL}^{-1}$) em 42 d. Os menores valores para esta variável foram encontrados no tratamento GP150 em 0 e 28 d ($P = 0,04$; Figura 7).

Houve interação entre período x TG x QG para FRUT com o tratamento GL100 mostrando-se superior aos demais tratamentos/períodos ($158,67 \text{ mg dL}^{-1}$) em 0 d. Os valores estatisticamente inferiores foram adquiridos nos tratamentos com inclusão de lisolecitina e GP100 nos dias 14, 28 e 42 d e no tratamento GP150 em 14 e 42 d ($P = 0,05$).

A interação entre período x TG x QG foi demonstrada para COL aos 42 d, com GL150 apresentando o maior valor encontrado para a variável ($182,67 \text{ mg dL}^{-1}$). Todavia, os menores valores foram obtidos em 0 d para todos os tratamentos ($P = 0,03$).

Figura 7 – Gráficos dos desdobramentos das interações entre os dois fatores da dieta (tipo e quantidade de gordura) e do tempo para as variáveis de metabolismo energético de cordeiras alimentadas com diferentes quantidades (100g vs 150g) de gordura protegida pura ou associada à lisolecitina



A) Triglicérides; B) Frutosamina; C) Colesterol; D) HDL= Lipoproteína de alta densidade; E) LDL= Lipoproteína de baixa densidade; F) VLDL= Lipoproteína de muito baixa densidade; G) Relação colesterol total (CT)/HDL; H) Relação LDL/HDL; GP100= gordura pura 100g; GP150= gordura pura 150g; GL100= gordura + lisolecitina 100g; GL150= gordura + lisolecitina 150;
 Fonte= Do autor, 2024.

Quanto às lipoproteínas, houve interação entre período x TG x QG para a variável HDL, onde o tratamento GL150 mostrou-se estatisticamente superior aos demais tratamentos/períodos (43,13 mg dL⁻¹) em 28 d. O menor valor para este metabólito foi encontrado no tratamento GP150 em 0 d (14,94 mg dL⁻¹) (P=0,02). A LDL apresentou interação entre período x TG x QG com os tratamentos com inclusão de lisolecitina apresentando-se estatisticamente superiores em 42 d. O menor valor para esta variável foi encontrado no tratamento GL100 em 0 d (16,22 mg dL⁻¹) (P=0,05). Da mesma forma, a lipoproteína VLDL também apresentou interação entre período x TG x QG com o maior valor encontrado em 42 d para o tratamento GL150 (36,53 mg dL⁻¹) e o menor em 0 d para GP150 (9,17 mg dL⁻¹) (P=0,04;Figura 7).

Houve interação entre período x TG x QG para as relações CT/HDL e LDL/HDL que demonstraram efeitos semelhantes (P<0,05). Os maiores valores foram encontrados nos tratamentos com inclusão de lisolecitina em 14 d quando utilizado 100g e em 42 d quando utilizado 150g animal⁻¹ dia⁻¹. O menor valor para estas variáveis foi encontrado no tratamento GL100 em 0 d (Figura 7).

A glicose sanguínea não foi influenciada pelo tipo e/ou quantidade de gordura de forma individual ou associada (P>0,05). Além disso, não houve interação entre TG x QG x horário de coleta (P>0,05). No entanto, para horário de coleta de forma individual houve efeito quadrático com o menor valor encontrado às 08h00, seguido de aumento nos horários 11h00, 14h00 e 17h00, tendendo a diminuir às 20h00. Já para período, os três pontos de coleta ao longo do experimento diferiram entre si estatisticamente, sendo o 0 d superior aos demais (67,17 mg dL⁻¹; P<0,01) (Tabela 12).

Tabela 12 – Glicose (mg dL⁻¹) de cordeiras alimentadas com diferentes quantidades (100g vs 150g) de gordura protegida pura ou associada à lisolecitina em função dos tratamentos, horários e dias de coletas

Horário		08h00	11h00	14h00	17h00	20h00	P valor			
Tipo de gordura	Pura	58,72	60,53	60,77	60,28	60,40	0,87			
	G+Lec	58,70	61,79	61,83	61,49	59,78				
Quant. gordura (g)	100	59,21	61,04	60,90	60,15	60,71	0,67			
	150	58,20	61,28	61,70	61,62	59,47				
VR		33–98,10								
P valor	TG					0,69				
	QG					0,97				
	TG x QG					0,77				
	TG x QG x hora					0,86				
Glicose	Horário ¹					Período			P valor	
	08h00	11h00	14h00	17h00	20h00	0d	21d	42d	H	P
	58,24b	61,28a	61,27a	60,68a	59,65ab	67,17A	60,31B	53,18C	0,03	<0,01

P valor= probabilidade de significância (5%); VR= valor de referência de bioquímicos séricos para cordeiros do nascimento a um ano segundo Varanis *et al.* (2021b); TG= tipo de gordura; QG= quantidade de gordura; Erro padrão da média= 0,09;

*Letras minúsculas e maiúsculas distintas na mesma linha diferem estatisticamente pelo teste de Tukey(P<0,05);

¹Ŷ = 47,10561 + 2,18267x – 0,07515x²;

Fonte= Do autor, 2024.

Não houve efeito dos tratamentos utilizados para a variável glicose quando desconsiderados dia e horário de coleta (P>0,05). Além disso não houve efeito de interação entre os dois fatores da dieta (TG e QG; P>0,05) (Tabela 13).

Tabela 13 – Glicose (mg dL⁻¹) de cordeiras alimentadas com diferentes quantidades (100g vs 150g) de gordura protegida pura ou associada à lisolecitina em função dos dois fatores da dieta (tipo e quantidade de gordura)

Glicose	Tipo de gordura		Quantidade de gordura		P valor		
	Pura	G+Lec	100g	150g	TG	QG	TG x QG
	59,67	60,77	60,20	60,24	0,12	0,95	0,17

P valor= probabilidade de significância (5%); TG= tipo de gordura; QG= quantidade de gordura;
Fonte= Do autor, 2024.

4.3.3 Perfil enzimático

A inclusão de lisolecitina aumentou os níveis de GGT (159,73 x 117,33) e AST (258,04x 199,91; P=0,02). A QG não influenciou os metabólitos enzimáticos (P>0,05). Não houve efeito do tipo e quantidade de gordura de forma associada sobre os parâmetros enzimáticos (P>0,05). ALP e AST aumentaram, enquanto a

GGT diminuiu linearmente em relação ao dia da avaliação ($P < 0,01$). O dia da avaliação interagiu com tipo e/ou quantidade de gordura de forma individual e associada para todas as variáveis enzimáticas avaliadas ($P < 0,05$; Tabela 14).

Tabela 14 – Metabolismo enzimático de cordeiras alimentadas com diferentes quantidades (100g vs 150g) de gordura protegida pura ou associada à lisolecitina

Enzimas hepáticas		ALP (U L ⁻¹)	GGT (U L ⁻¹)	AST (U L ⁻¹)
Tipo gordura	Pura	533,19	117,33b	199,91b
	G+Lec	576,02	159,73a	258,04a
Quant. gordura (g)	100	538,69	145,98	226,15
	150	570,52	128,64	231,80
Período (dias)	0d	645,08a	72,32c	127,47b
	14d	392,69b	127,99b	277,10a
	28d	538,78a	144,53b	271,60a
	42d	641,88a	212,54a	239,74a
EPM		17,32	8,28	10,94
VR		58,00–727,70	31,00–154,00	47,00–353,50
P valor	TG	0,28	0,02	0,02
	QG	0,42	0,58	0,81
	TG x QG	0,92	0,54	0,66
	P	<0,01 ¹	<0,01 ²	<0,01 ³
	P x TG	0,03	0,03	0,02
	P x QG	0,05	0,04	0,03
	P x TG x QG	0,05	0,03	0,04

ALP= fosfatase alcalina; GGT= gama glutamiltransferase; AST= aspartato aminotransferase; EPM= erro padrão da média; VR= valor de referência de bioquímicos séricos para cordeiros do nascimento a um ano segundo Varanis *et al.* (2021b); P valor= probabilidade de significância (5%); TG= tipo de gordura; QG= quantidade de gordura; P= período;

*Letras minúsculas distintas nas colunas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$);

¹ $\hat{Y} = 651,39489 - 16,43653x + 0,42896x^2$, $R^2 = 0,29$; ² $\hat{Y} = 4,55600 + 0,02125x$, $R^2 = 0,32$; ³ $\hat{Y} =$

$205,08933 + 12,18117x - 0,23499x^2$, $R^2 = 0,35$;

Fonte= Do autor, 2024.

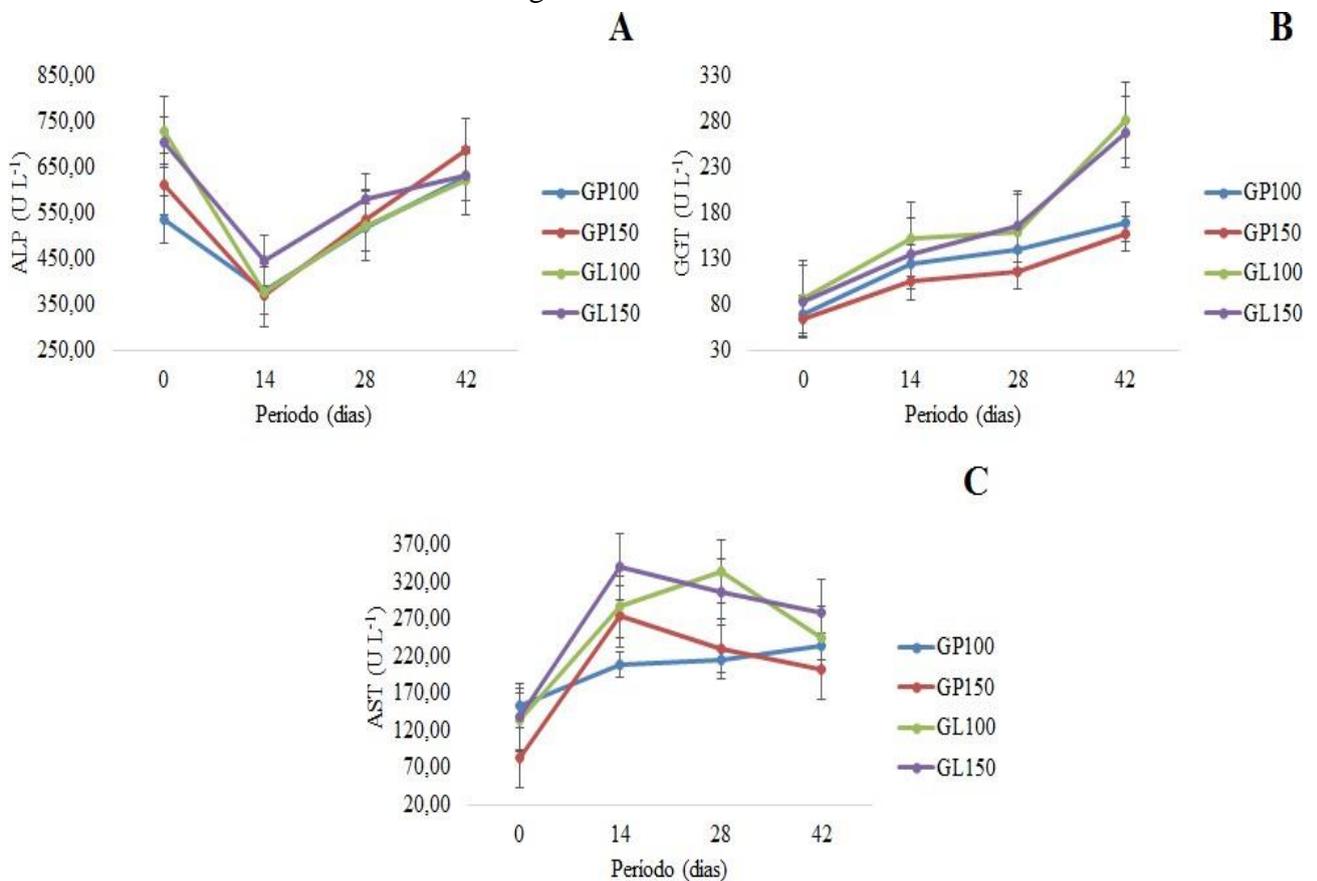
A enzima ALP apresentou interação entre período x TG x QG com o tratamento GL100 apresentando-se estatisticamente superior (729,42 U L⁻¹). Os menores valores para esta variável foram encontrados em 14 d nos tratamentos de gordura pura e GL100 ($P = 0,05$).

Da mesma forma, a GGT também apresentou interação entre período x TG x QG com os maiores valores encontrados em 42 d para os tratamentos com inclusão

de lisolecitina. O menor valor para esta variável foi encontrado no tratamento GP150 em 0 d ($63,26 \text{ U L}^{-1}$; $P=0,03$).

Seguindo os mesmos padrões, a AST demonstrou interação entre período x TG x QG com os maiores valores encontrados nos tratamentos com inclusão de lisolecitina em 28 d para quando utilizado 100 g e em 14 e 28 d para quando utilizado 150 g. O menor valor para esta variável foi encontrado no tratamento GP150 em 0 d ($83,26 \text{ U L}^{-1}$; $P=0,03$) (Figura 9).

Figura 8 – Gráficos dos desdobramentos das interações entre os dois fatores da dieta (tipo e quantidade de gordura) e do tempo para as variáveis de metabolismo enzimático decordeiras alimentadas com gordura contendo ou não lisolecitina



A) ALP= fosfatase alcalina; B) GGT= gama glutamiltransferase; C) AST= aspartato aminotransferase; GP100= gordura pura 100g; GP150= gordura pura 150g; GL100= gordura + lisolecitina 100g; GL150= gordura + lisolecitina 150g;

Fonte= Do autor, 2024.

5 DISCUSSÃO

O CMS médio encontrado foi de $0,675 \text{ kg dia}^{-1}$, o que representou 32,5% abaixo do recomendado para a categoria animal analisada que é de $1,0 - 1,3 \text{ kg dia}^{-1}$ (NRC, 2007). Já o valor CMS em relação ao peso corporal (CMS%pc) recomendado pelo NRC (2007) é de 3,51%, logo os valores de CMS%pc encontrados variam de 43,87 a 50,40% abaixo do recomendado para todos os tratamentos experimentais. Com relação ao CFDN, Mertens (1987) propôs que animais ruminantes devem manter a ingestão de FDN próximo de $1,20\% \pm 0,10$ do PC. Sendo assim, o CFDN desejável seria de $0,591 \text{ kg dia}^{-1}$ levando em consideração o PC médio dos animais. No entanto, o valor médio encontrado foi de $0,337 \text{ kg dia}^{-1}$.

Estudos indicam que a inclusão de gordura na dieta de ovinos pode afetar significativamente o metabolismo energético e a utilização de nutrientes. A principal justificativa baseia-se na diminuição do CMS que pode ser atribuída a diversos mecanismos metabólicos que afetam a regulação do apetite e a digestibilidade dos alimentos (Hao *et al.*, 2020). Estudos como o de Angeles-Hernandez *et al.* (2020) investigaram os efeitos da suplementação com gordura e relação V:C na ingestão de alimentos em ovinos. Os resultados mostraram uma redução significativa no CMS em ovinos suplementados com gordura, em comparação com animais sem suplementação. Esse efeito pode ser explicado por diversos mecanismos metabólicos. Primeiramente, a gordura exerce um efeito de saciedade mais duradouro, prolongando a sensação de plenitude e reduzindo o apetite dos animais. Além disso, a ingestão de gordura pode influenciar a secreção de hormônios relacionados à regulação do apetite, suprimindo a grelina, hormônio estimulador da fome, e aumentando a leptina, hormônio indutor de saciedade (Sartin *et al.*, 2010). A modificação na palatabilidade da dieta pela inclusão de gordura também pode afetar negativamente o consumo voluntário de alimentos pelos ovinos. Por fim, a gordura pode retardar a motilidade gastrointestinal, resultando em uma sensação prolongada de plenitude e, conseqüentemente, em uma redução no consumo de alimentos. Esses efeitos metabólicos da suplementação com gordura destacam a complexidade das interações entre dieta e regulação do apetite em ovinos, demandando uma compreensão mais aprofundada para otimizar a nutrição desses animais.

Além dos efeitos químicos das dietas deve-se levar em consideração a ação de efeitos físicos. A regulação metabólica do CMS é um processo complexo que

pode variar de acordo com a demanda energética do animal. Quando a dieta não contém FDN em quantidade suficiente para limitar o consumo fisicamente, o CMS é regulado para atender as necessidades metabólicas de energia. Isso significa que se a dieta possui níveis de energia e proteína além do necessário para a manutenção e produção, mecanismos fisiológicos entram em ação para reduzir o apetite e, conseqüentemente, diminuir o consumo de alimento (Balch; Campling, 2006). Essa regulação pode explicar a ausência de diferença entre os tratamentos devido ao aporte energético proporcionado pela inclusão de lipídeos semelhante em todas as dietas (Tabela 5).

Ademais dos efeitos da gordura sob o consumo de nutrientes, faz-se necessário pontuar que todos os tratamentos possuíam relação V:C de 30:70. Essa maior quantidade de concentrado comparada à uma dieta com maior proporção de volumoso, também pode ter reduzido o CMS dos animais ficando aquém do preconizado pelo NRC (2007). Isso ocorre porque alimentos mais concentrados têm menor teor de FDN e maior teor de carboidratos não fibrosos (CNF), que são mais rapidamente fermentados no rúmen (Cabral *et al.*, 2006). Portanto, é necessário um menor CMS para atender às exigências nutricionais dos animais em dietas mais concentradas.

Não obstante ao menor CMS comparado ao NRC (2007), as cordeiras demonstraram consumo de água de 39,62% acima da normalidade (duas a três vezes maior que o CMS; NRC, 2007). A água é essencial para os animais e pode ser obtida de três fontes: água de beber, água contida nos alimentos e água metabólica derivada do catabolismo dos nutrientes (Esminger; Oldfield; Heinemann, 1990). A presença de gordura na dieta pode aumentar a exigência de água devido à maior necessidade de hidratação para processos metabólicos relacionados à digestão e absorção de nutrientes. Além disso, a lisolecitina pode melhorar a emulsificação e absorção de gorduras no trato gastrointestinal, o que também pode aumentar a demanda por água (Tan *et al.*, 2020). Ambos fatores associados à MS média das dietas (59,34; Tabela 3), influenciada pela relação V:C podem explicar o maior consumo de água em relação ao CMS.

De acordo com Palmquist e Mattos (2006) presença de gordura de palma no rúmen pode afetar a digestibilidade da fibra devido à sua interação com microrganismos ruminais e à formação de complexos lipídicos-fibra. Os AG saturados presentes na gordura de palma podem dificultar a ação dos microrganismos

ruminais responsáveis pela degradação da fibra, reduzindo assim sua digestibilidade. Esse efeito pode ter implicações na eficiência da utilização de nutrientes pelos animais ruminantes e, conseqüentemente, no desempenho animal.

Contrapondo esta possibilidade, a utilização de gordura protegida pode promover uma liberação mais lenta de AG no trato digestivo, potencialmente aumentando a disponibilidade de energia para o animal, influenciando no metabolismo e no desempenho dos mesmos, sem causar interações prejudiciais aos microrganismos no rúmen. Estudos como o de Huws *et al.* (2010) investigaram o impacto da suplementação de gordura protegida na digestão e na fermentação ruminal em ovinos. Os resultados demonstraram uma melhoria na digestibilidade dos nutrientes e na eficiência de utilização da energia, sugerindo que a gordura protegida pode ser uma estratégia eficaz para aumentar a densidade energética da dieta e melhorar o desempenho destes animais.

Como todas as dietas possuíram adição de gordura de forma inerte, os parâmetros de digestibilidade de nutrientes apresentaram-se semelhantes (Tabela 5). As recomendações para DEE, DFDN e DMS em ovinos variam dependendo de fatores como idade, raça e dieta. Geralmente, a DEE é desejável entre 70% e 90%, garantindo uma absorção adequada de AG essenciais. Para a FDN, espera-se uma digestibilidade entre 40% e 60%, assegurando a utilização eficiente de alimentos fibrosos na dieta dos ovinos. Quanto à DMS, valores acima de 70% são considerados adequados para garantir uma boa utilização de nutrientes. Essas faixas são fundamentais para a manutenção da saúde digestiva e o desempenho adequado dos ovinos, embora a orientação específica possa variar conforme as condições individuais de manejo e nutrição. No presente estudo, as médias apresentadas para digestibilidade de EE, FDN e MS foram de 57,50, 74,13 e 73,15, respectivamente. Os valores DFDN encontrados neste trabalho estão acima do recomendado por Cabral *et al.* (2008) que deve ser de aproximadamente 50%. Portanto, valores considerados entre adequados a altos, podendo a liolecitina ter influenciado para um melhor aproveitamento dos nutrientes.

A suplementação de liolecitina pode impactar o aproveitamento dos nutrientes de várias maneiras. Sua composição de AG e fosfolipídios, pode atuar como emulsificante, facilitando a digestão e absorção de lipídios no trato gastrointestinal. Além disso, ela pode modular a permeabilidade da membrana celular e influenciar a absorção de outros nutrientes (Gallo *et al.*, 2019). Estudos

(Alvarenga *et al.*, 2015; Brant *et al.*, 2021) sugerem que a suplementação de lisolecitina pode melhorar a eficiência da utilização de nutrientes, resultando em benefícios para a saúde e o desempenho animal. Sendo assim, essa seria uma justificativa para os valores encontrados para digestibilidade de nutrientes apesar do menor CMS comparado ao NRC (2007).

O melhor aproveitamento dos nutrientes obtidos através da lisolecitina podem ainda ser observados através da avaliação do EF. De acordo com a escala proposta por Dickson e Jolly (2011) o EF normal é 2, logo os valores encontrados neste experimento se encontram dentro da normalidade. A forma e consistência das fezes, são importantes para detectar alterações no trato gastrointestinal e suas implicações na saúde e desempenho dos animais (Dickson; Jolly, 2011). A redução no EF com a adição de lisolecitina sugere uma melhoria na consistência das fezes. Estudos anteriores têm demonstrado que a lisolecitina possui propriedades emulsificantes e pode influenciar a digestão e absorção de lipídios no trato gastrointestinal dos animais (Liu *et al.*, 2023). Portanto, é possível que essa melhoria na consistência das fezes esteja relacionada a uma melhor digestibilidade dos nutrientes e uma saúde intestinal aprimorada em relação aos grupos sem lisolecitina.

Por outro lado, o menor volume de fezes observado nos animais alimentados com 150g se deve a maior inclusão de gordura inerte de palma. O aumento da gordura na dieta de ovinos pode influenciar a redução do volume de fezes devido à maior densidade energética, visto que a gordura é altamente energética e pode ser absorvida no intestino delgado, resultando em uma menor quantidade de substrato disponível para fermentação microbiana no cólon. Isso pode levar a uma redução no volume de fezes produzidas pelos ovinos (Palmquist; Mattos, 2006).

Assim como alterações da fisiologia relacionadas ao consumo e digestibilidade proporcionadas pela utilização de gordura e lisolecitina, outras variáveis associadas ao desempenho animal também podem ser afetadas. Estudos como o de Lima *et al.* (2023) examinaram os efeitos da suplementação com gordura protegida no desempenho de ovinos em crescimento. Os resultados indicaram um aumento significativo no GP e na eficiência alimentar dos animais suplementados com gordura protegida, em comparação com o grupo controle. Isso sugere que a inclusão de gordura na dieta pode promover um melhor aproveitamento dos nutrientes e uma maior eficiência de conversão alimentar em ovinos.

O período de utilização de gordura de aproximadamente 40 dias em ovinos

influencia o GP, GMD e ECC de forma quadrática, onde inicialmente há um aumento no desempenho seguido por uma estabilização posterior. Esse efeito quadrático pode refletir uma otimização do metabolismo energético dos ovinos em resposta à inclusão de gordura na dieta por um período limitado. Por outro lado, PC e CB aumentam de forma linear positiva ao longo do período de utilização de gordura possivelmente devido à maior capacidade ingestiva dos animais. A lisolecitina pode ter promovido uma melhor absorção e utilização dos nutrientes presentes na dieta, incluindo a gordura suplementada. Isso pode ter permitido uma utilização mais eficiente da energia proveniente da gordura, mesmo após o período inicial (Liu *et al.*, 2023). Além disso, a lisolecitina pode ter influenciado o metabolismo lipídico e a deposição de gordura de maneira favorável ao longo do período de suplementação, resultando em um aumento gradual do peso corporal e do escore de condição corporal.

Para este trabalho, os animais alimentados com lisolecitina apresentaram menor ECC comparados aos animais alimentados com gordura pura na dieta. A inclusão de lisolecitina na dieta de ovinos pode promover uma menor deposição de gordura devido à sua capacidade de modular o metabolismo lipídico, influenciando a absorção, transporte e deposição de gordura no corpo (Al-Jebory *et al.*, 2023). Além disso, a lisolecitina pode afetar o metabolismo energético, direcionando a utilização de energia para processos diferentes da deposição de gordura, como carregamento e metabolização (Liu *et al.*, 2023). Esses efeitos podem resultar em uma redução na proporção de energia armazenada como gordura, contribuindo assim para uma menor deposição de gordura corporal em ovinos.

No entanto, é interessante notar que a QG não teve influência direta no desempenho das cordeiras, o que sugere que outros fatores, como a composição dos lipídios ou a interação com outros nutrientes, podem estar desempenhando um papel crucial nesse aspecto, além do fato de que talvez apenas a diferença de 50g entre tratamentos não tenha sido suficiente para gerar efeito.

Conforme mencionado a gordura protegida pode fornecer uma fonte concentrada de energia, auxiliando no aumento da densidade energética da dieta e potencialmente melhorando o desempenho animal (Vahmani *et al.*, 2020). Enquanto a lisolecitina, por sua vez, pode modular o metabolismo lipídico e melhorar a digestibilidade dos lipídios, contribuindo para uma absorção mais eficiente de nutrientes. No entanto, a inclusão de gordura protegida e lisolecitina na dieta de

ovinos pode levar a alterações no perfil lipídico sérico dos ovinos, como aumento dos níveis de COL ou TRIG. Essas alterações podem estar associadas a riscos para a saúde metabólica dos animais, incluindo distúrbios hepáticos e metabólicos (Liu *et al.*, 2023; Schultz *et al.*, 2022).

Segundo Benhissi, Heredia e García-Rodríguez (2020) utilização de lipídeos na ração pode fornecer uma fonte concentrada de energia, influenciando a síntese de proteínas e o metabolismo proteico de ovinos, aumentando a disponibilidade de energia proveniente da gordura protegida, estimulando a síntese de proteínas musculares e contribuindo para o crescimento e desenvolvimento muscular. Além disso, a lisolecitina pode modular o metabolismo lipídico e a absorção de nutrientes, o que pode indiretamente influenciar o metabolismo proteico (Liu *et al.*, 2023).

ALB, CREA, PT e ureia apresentaram influência do período ao longo de 40 dias de estudo (Tabela 8). A ALB é um indicador de longo prazo do status proteico dos animais, uma vez que reflete as mudanças graduais no aporte proteico da dieta ao longo do tempo (Varanis *et al.*, 2021a). Para detectar alterações significativas em sua concentração, é necessário um período mínimo de observação de 30 dias (Schultz *et al.*, 2022). O período pode ter influenciado a concentração de albumina devido ao papel dos AG na regulação da síntese de proteínas (Pacheco *et al.*, 2023). Possivelmente as cordeiras utilizaram a gordura armazenada como fonte de energia durante esse período, ocorrendo uma redução na mobilização de aminoácidos (AA's) para a produção de energia, permitindo assim que mais AA's estivessem disponíveis para a síntese de proteínas.

A CREA ficou acima (1,11%) do valor máximo recomendado (0,40 – 1,80 mg dL⁻¹) para a categoria estudada (Varanis *et al.*, 2021b) no dia de avaliação 42 d. Para os desdobramentos das interações, GP100 (0 d), GP150 (42 d) e GL100 (0d e 42d) apresentaram valores acima da faixa máxima recomendada para a categoria em questão, variando de 2,22 a 15,56% acima. A CREA plasmática é derivada, praticamente em sua totalidade, do catabolismo da creatina presente no tecido muscular, sendo sua concentração no plasma proporcional à massa e atividade muscular (González e Silva, 2006). Dessa forma, a suplementação com gordura protegida através do estímulo ao crescimento muscular, pode ter promovido uma maior disponibilidade de creatina para a produção de creatinina, além de melhorar a eficiência alimentar e aumentar o metabolismo energético, resultando em uma utilização mais eficiente dos nutrientes para o crescimento muscular, justificando os

valores acima do preconizado (Figura 7; Pacheco *et al.*, 2023; Varanis *et al.*, 2021b).

Em contrapartida, a formação de PT é afetada pela falta de sinergismo na degradação ruminal de carboidratos e proteínas acarretado pelo escape de amônia (Varanis *et al.*, 2021b) que pode ser confirmado pelos valores elevados de ureia sanguínea (Tabela 8). O aumento nos valores de ureia ao longo do período experimental se deve provavelmente ao fato de as dietas apresentarem alto teor de concentrado e, conseqüentemente maior teor de proteína bruta na ração, que associada a lisolecitina pode ter ficado mais disponível para os animais no decorrer do estudo. Pois, de acordo com Kaneko, Harvey e Bruss (2008) quanto maior for a ingestão de proteína na ração maior será a concentração sanguínea deste metabólito. Também o nitrogênio presente no concentrado é mais solúvel, ocorrendo maior produção de amônia no rúmen, que se não for utilizada para produção de proteína microbiana, escapa do rúmen para o fígado, onde ocorre produção de ureia, aumentando a concentração deste metabólito no sangue.

Os elevados teores observados no perfil bioquímico energético foram consequência da suplementação de extrato etéreo na ração (Tabela 10), o que influenciou o aumento da concentração desses metabólitos no sangue. De acordo com Ghoreishi *et al.* (2007), os TRIG são a principal forma de armazenamento de AGCL, constituído por uma molécula de glicerol e três de AGCL, representando uma fonte significativa de energia para o organismo. Os autores ainda sugerem que uma dieta suplementada com gordura aumenta os níveis plasmáticos de COL e TRIG, o que foi parcialmente corroborado neste estudo, no qual os níveis de TRIG aumentaram significativamente ao longo do período de avaliação.

O COL estava 4,11% acima do limite máximo recomendado em 42 d. Os tratamentos com inclusão de lisolecitina estiveram 16,67 e 30,57% acima do valor máximo preconizado ($15 - 139,90 \text{ mg dL}^{-1}$) por Varanis *et al.* (2021b) em 42 d. Os níveis plasmáticos de COL são indicadores apropriados da quantidade total de lipídeos no plasma, correspondendo a cerca de 30% do total, e estão diretamente relacionados com a dieta do animal (Varanis *et al.*, 2021a). O COL pode ter origem exógena, proveniente da dieta, ou endógena, quando sintetizado pelo fígado, glândulas, intestino, glândula adrenal e pele. Sua síntese ocorre a partir do acetil-CoA, derivado do ácido acético produzido no rúmen (Varanis *et al.*, 2021a). Os

aumentos observados nos níveis de COL ao longo do período experimental podem ser atribuídos à dieta fornecida, uma vez que a síntese desse metabólito é estimulada tanto pela disponibilidade de lipídeos quanto pela necessidade de transporte e absorção de AG dietéticos (Schultz *et al.*, 2022).

A variável FRUT apresentou valor abaixo da faixa mínima recomendada (111,00 – 413,61 mg dL⁻¹; Varanis *et al.*, 2021b) para a categoria em questão no tratamento GP150, estando 3,15% abaixo em 42 d (Figura 7). A FRUT é uma cetoamina estável formada pela reação não enzimática da glicose com grupos aminas das proteínas, especialmente a ALB e a imunoglobulina. Sua concentração no plasma ou soro é regulada pelo equilíbrio entre a síntese e a eliminação desses compostos proteicos e de glicose (Kaneko; Harvey; Bruss, 2008). A utilização de lipídeos diminui os teores de FRUT devido à potencial redução da glicação não enzimática de proteínas. Além disso, a lisolecitina pode modular o metabolismo lipídico e melhorar a sensibilidade à insulina, reduzindo assim a glicação de proteínas. Fornecendo uma fonte alternativa de energia, diminuindo a utilização de glicose como substrato energético e, conseqüentemente, reduzindo a formação de FRUT (Drackley, 2000). Esses efeitos combinados podem ter influenciado em níveis mais baixos de FRUT no decorrer do período experimental (Tabela 10).

A adição de lipídeos à dieta de ruminantes influencia assim como os metabólitos energéticos, as lipoproteínas responsáveis por carregá-los. A HDL é responsável pelo transporte de COL dos tecidos extra-hepáticos para o fígado, onde será metabolizado (Schultz *et al.*, 2023). O aumento nos níveis de HDL pode ser explicado pela presença de AGI na dieta oriundos da gordura inerte de palma, especialmente o 18:2n6, que promove o aumento nos níveis de COL no sangue, induzindo o aumento de HDL e, conseqüentemente, promovendo a mobilização do COL periférico para ser metabolizado no fígado (Tudisco *et al.*, 2015).

A VLDL ficou acima do recomendado (1,00 – 17,40 mg dL⁻¹) com a inclusão da lisolecitina (18,45%) e das duas quantidades de gordura oferecidas (7,13 e 5,98%). Durante análise de período, VLDL estava 67,41% acima do preconizado em 42 d, conforme valor de referência proposto por Varanis *et al.* (2021b; Tabela 10). Quando avaliados os desdobramentos das interações, GP100 em 28 d e os tratamentos com lisolecitina mostraram-se acima do valor máximo preconizado para a categoria estudada (Varanis *et al.*, 2021b), variando entre 16,67 a 52,01% a mais que o esperado. Situação semelhante ocorreu no período 42 d para todos os

tratamentos, onde os valores para a variável VLDL ficaram 26,32, 51,78, 87,89 e 109,94% acima do recomendado para os tratamentos GP100, GP150, GL100 e GL150, respectivamente. A VLDL transporta TRIG do fígado para o tecido adiposo através da corrente sanguínea (Kaneko; Harvey; Bruss, 2008). Os maiores valores de VLDL evidenciam uma maior capacidade de transporte de TRIG ao final do experimento, corroborando com o aumento de TRIG, visto que são a principal forma de armazenamento de AGCL, principais constituintes da gordura inerte de palma.

Não obstante, a LDL é originada no fígado e é responsável pelo transporte de COL deste para os tecidos periféricos. Quando encontrada em altas quantidades, indica uma tendência de maior deposição de COL nos tecidos, pois estes não conseguem metabolizar o excesso de LDL (Varanis et al., 2021a). Assim como para a HDL, esperava-se que os valores de LDL fossem superiores aos considerados normais (Varanis *et al.*, 2021b) devido à dieta utilizada (gordura inerte de palma) e à função de transportar COL pela corrente sanguínea.

De acordo com Schultz et al. (2022), quanto menor a relação CT/HDL, maior é a concentração de HDL circulante, pois essa relação é inversamente proporcional à quantidade de lipoproteínas na corrente sanguínea. Portanto, um maior transporte de COL para o fígado para ser metabolizado é observado (Tabela 10). Da mesma forma, o aumento nos teores de LDL/HDL ao final do período experimental pode ser explicado pela maior presença de LDL circulante em relação à HDL, uma vez que o fígado está recebendo menores quantidades de AG, que são convertidos em COL e TRIG. Assim, os aumentos nos níveis de COL e TRIG não foram suficientes para causar danos à saúde dos animais devido à ação das lipoproteínas no organismo no período de 40 dias, mas podem indicar uma possível sobrecarga hepática.

A composição lipídica alterada das lipoproteínas pode desempenhar um papel significativo na regulação do metabolismo da glicose, potencialmente influenciando a sensibilidade à insulina e a homeostase glicêmica (Loften *et al.*, 2014). Dessa forma, observa-se efeito quadrático nos horários de coleta com uma menor concentração de glicose às 08h00, seguido de aumento entre as coletas das 11h00 às 17h00 (Tabela 12). Nos animais ruminantes, a glicose plasmática é derivada de compostos que não são carboidratos, como o ácido propiônico, após sua absorção pelo epitélio ruminal, seguindo para o fígado, onde é convertido em glicose por meio da gliconeogênese para ser utilizado como fonte de energia pelo animal

(González, 2000). Um alto aporte de carboidratos solúveis na dieta leva a um aumento na produção de ácido propiônico, o único dos AGVs precursor da glicose em ruminantes, resultando em um aumento na concentração de glicose no plasma.

A menor concentração de glicose observada às 08h00 pode ser atribuída ao fato de que, o último estímulo que os animais tiveram foi durante o arração à 16h do dia anterior. Dessa forma, após o pico de ingestão os animais além de diminuir o consumo também direcionaram energia para outras atividades como a ruminação. O aumento da concentração de glicose entre 11h00 e 17h00, pode ser relacionado aos efeitos da dieta. A gordura protegida, ao ser metabolizada, pode fornecer uma fonte de energia alternativa à glicose, levando a uma redução temporária nos níveis sanguíneos de glicose após a alimentação, às 8h. No entanto, à medida que o tempo passa e a digestão continua, os nutrientes provenientes da gordura protegida começam a ser absorvidos e utilizados, resultando em um aumento gradual nos níveis de glicose sanguínea ao longo do dia (Loften *et al.*, 2014). Além disso, a lisolecitina pode influenciar a sensibilidade à insulina e o metabolismo dos carboidratos, o que pode contribuir para os padrões observados de variação nos níveis de glicose ao longo do dia (Liu *et al.*, 2023). A diminuição nos teores de glicose em 42d, no final do período experimental, pode ser atribuída a vários fatores. Um deles pode ser a adaptação metabólica das cordeiras à suplementação contínua de gordura protegida e lisolecitina ao longo do período de avaliação. Com o tempo, o organismo pode ajustar sua resposta metabólica, otimizando o uso de gordura como fonte de energia e, conseqüentemente, reduzindo a dependência da glicose como substrato energético (Loften *et al.*, 2014). Além disso, mudanças nas condições fisiológicas, como o crescimento dos animais e possíveis ajustes hormonais, podem influenciar os níveis de glicose (Schultz *et al.*, 2023).

Os maiores valores encontrados para TRIG, COL, HDL e VLDL quando a lisolecitina é incluída na dieta podem ser explicados pela maior disponibilidade de EE proporcionado após digestão da gordura inerte de palma e pelos efeitos da lisolecitina no metabolismo lipídico. Visto que como um derivado de fosfolípido, a lisolecitina pode influenciar a absorção e o transporte de lipídios no organismo, aumentando a disponibilidade de TRIG e COL (Liu *et al.*, 2023). Além disso, ela pode modular a composição das lipoproteínas, levando a um aumento tanto de HDL, quanto de VLDL.

É interessante notar que essas mudanças podem ter implicações significativas na saúde cardiovascular e metabólica dos ovinos, destacando a importância de considerar não apenas o impacto imediato na produção animal, mas também os efeitos a longo prazo na saúde dos animais. É possível associar o padrão de resposta dos metabólitos energéticos com a composição da dieta (Tabela 3), uma vez que os ingredientes com maior capacidade fermentativa devido à maior proporção de concentrado na dieta, aliados à suplementação com gordura inerte de palma, foram capazes de proporcionar uma maior produção de energia para o animal, aumentando a capacidade de transporte de COL e TRIG pelas lipoproteínas.

Associada à gordura protegida, a inclusão de lisolecitina, pode desempenhar um papel na absorção de gordura. Este efeito é corroborado por estudos como o de Gallo *et al.* (2019) que demonstraram uma melhoria na eficiência alimentar e na deposição de gordura subcutânea em ovinos suplementados com gordura protegida. Outro aspecto importante é a influência da gordura na saúde e na função hepática dos ovinos. Palmquist (1994) relata os efeitos da suplementação com lecitina na prevenção de distúrbios hepáticos em ruminantes submetidos a dietas ricas em gordura. Os resultados mostraram uma melhoria na função hepática e uma redução na incidência de esteatose hepática em animais suplementados com lisolecitina, indicando um potencial papel protetor deste composto na saúde hepática destes.

Não houve efeito dos tratamentos, bem como todos os valores permaneceram dentro do recomendado (Varanis *et al.*, 2021b) para a espécie e categoria estudada para a enzima ALP (Tabela 14), demonstrando adequada saúde hepática dos animais apesar do aumento de mobilização de COL e TRIG pelas lipoproteínas. Segundo Kaneko, Harvey e Bruss (2008), aumento nos níveis de ALP no plasma sanguíneo são consequência de lesões nos tecidos hepáticos, uma vez que a ALP é uma enzima sintetizada em vários tecidos, sendo as maiores concentrações no intestino, rins, ossos e fígado.

A GGT ficou 3,72% acima do recomendado por Varanis *et al.* (2021a) com a inclusão da lisolecitina na dieta (Tabela 14). Quando avaliados os desdobramentos das interações, os tratamentos com gordura pura ficaram 1,88 e 10,26% acima do valor máximo também preconizado (31,00 – 154,00 U L⁻¹) por Varanis *et al.* (2021b) em 42 d. Da mesma forma, os tratamentos com inclusão de lisolecitina se apresentaram 3,14 e 7,34% acima em 28 d; e 73,82 e 82,65% também acima em 42 d. Além disso, a GGT apresentou resposta linear positiva ao longo do período

experimental. E, ainda, houve maior concentração para o tratamento com lisolecitina (Tabela 14). A GGT está presente em todas as células com exceção do músculo. Apresenta grande atividade nos rins e no fígado, mas somente aquela de origem hepática é normalmente encontrada no plasma, pois a de origem renal é excretada na urina. Aumentos séricos da GGT são verificados principalmente em animais com distúrbios hepáticos (Kaneko;Harvey; Bruss, 2008; Schultz *et al.*, 2023). Entretanto, houve elevada atuação das lipoproteínas(Tabela 10; Figura 7), explicando a intensa atividade hepática.

O comportamento dos dados de concentração de GGT no período analisado também são consequência da composição da dieta (Tabela 3). O aumento linear positivo da GGT observado no período é resultado do consumo de dieta com carboidratos não estruturais altamentefermentescíveis, provenientes do concentrado, que após fermentação e absorção ruminal são metabolizados no fígado, aumentando a atividade hepática. Além disso, lisolecitina pode modular o metabolismo lipídico e a função hepática, potencialmente afetando a atividade enzimática do fígado. Promovendo uma melhor digestão e absorção de nutrientes, a lisolecitina pode aumentar a carga metabólica sobre o fígado, contribuindo para o aumento da atividade daGGT (Zhang *et al.*, 2022). No entanto, os danos desse efeito a longo prazo podem ser significativos. Não se sabe ao certo a atuação completa da lisolecitina sobre o fígado por períodos prolongados. O aumento crônico da atividade hepática, como indicado pelo aumento persistente da GGT, pode ser um sinal de estresse hepático e disfunção hepática. Isso pode levar a condições como esteatose (fígado gorduroso) e fibrose hepáticas (Palmquist, 1994). Além disso, o estresse crônico no fígado pode comprometer a capacidade do órgão em realizar suas funções metabólicas essenciais, afetando negativamente a saúde e o desempenho geral do animal.

Semelhante a GGT, a AST é uma enzima citoplasmática e mitocondrial, presente em vários tecidos como fígado, músculos esquelético e cardíaco (Schultz *et al.*, 2022). Níveis elevados desta enzima no plasma sanguíneo indicam quadros de lesão hepatocelular secundária, oriundo da mobilização excessiva de lipídeos (Varanis *et. al.*, 2022a). Demonstrando que quanto maior o tempo de alimentação com lipídeos na dieta, maiores são as mobilizações necessárias para aproveitamento da energia pelo animal.

Apesar das evidências de sobrecarga hepática, a densidade urinária é uma medida da função renal e indica a capacidade dos rins de concentrar e diluir a urina (Meyer; Coles; Rich, 1992; Araújo *et al.*, 2009). Os valores de densidade urinária se mantiveram dentro do padrão de normalidade para ovinos (1,015 – 1,045 g mL⁻¹), em todos os tratamentos, conforme recomendações de Carvalho (2008) e Reece (2006). Além disso, Reece (2006) recomenda que a excreção de urina fique entre 100 – 400 mL para cada 10 kg de PC em ovinos, assim sendo, como o peso médio dos animais neste experimento foi de aproximadamente 37,67 kg pode-se afirmar que a excreção de urina média de 1.358,75 mL dia⁻¹ dos mesmos esteve dentro do recomendado. Tais resultados sugerem que os animais do experimento estavam adequadamente hidratados e não apresentavam alterações renais significativas. Portanto, pode-se observar que houve intensa atividade hepática dos animais através das concentrações das enzimas ALP, GGT e AST, porém não indicando que os animais tiveram desordens hepáticas, e sim, intensa atividade no fígado uma vez que, houve elevada atuação das lipoproteínas, proporcionando maior metabolização no fígado após a fermentação ruminal.

Ao considerar esses resultados em conjunto, fica evidente que a adição de lisolecitina na dieta de ovinos pode ter efeitos significativos não apenas no desempenho produtivo imediato, mas também na saúde metabólica e gastrointestinal dos animais a curto prazo. É importante ressaltar que os efeitos observados neste estudo estão relacionados a um período experimental de alimentação de, no máximo, 42 dias. No entanto, os efeitos da utilização dos teores energéticos experimentais, tanto com quanto sem lisolecitina, em períodos prolongados, são desconhecidos e podem acarretar sérios impactos na saúde e na produção dos animais. Vale ressaltar que mais pesquisas são necessárias para entender completamente os mecanismos subjacentes e os efeitos específicos da suplementação de lisolecitina em diferentes contextos nutricionais e fisiológicos.

6 CONCLUSÃO

As suplementações não causaram efeitos benéficos nos animais dentro das condições experimentais testadas. A quantidade de gordura inerte de palma (100 e 150g), bem como o tipo utilizado (associado ou não à liolecitina) influenciou o escore de condição corporal e parâmetros fecais de cordeiras. Metabolicamente, houve sobrecarga hepática devido à alta mobilização de lipídeos no sangue. A inclusão de liolecitina, associada à gordura de palma, alterou a concentração sérica de metabólitos energéticos, proteicos e enzimáticos, resultando em níveis tanto acima quanto abaixo do preconizado. Não houve, no entanto, nenhum efeito negativo na saúde clínica dos animais observados. O desempenho e perfil metabólico sofrem influência da utilização de gordura ao longo do período de avaliação.

REFERÊNCIAS

- ABEL-CAINES, S. F.; GRANT, R. J.; MORRISON, M. Effect of soybean hulls, soy lecithin, and soapstock mixtures on ruminal fermentation and milk composition in dairy cows. **Journal of dairy science**, v. 81, n. 2, p. 462-470, 1998. Doi: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75598-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75598-5). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030298755985>. Acesso em: 22 nov. 2023.
- ALBA, H. D. R.; FREITAS JÚNIOR, J. E. D.; LEITE, L. C.; AZEVEDO, J. A.; SANTOS, S. A.; PINA, D. S.; CIRNE, L. G. A.; RODRIGUES, C. S.; SILVA, W. P.; LIMA, V. G. O.; TOSTO, M. S. L.; CARVALHO, G. G. Protected or unprotected fat addition for feedlot lambs: Feeding behavior, carcass traits, and meat quality. **Animals**, v. 11, n. 2, p. 328, 2021. Doi: <https://doi.org/10.3390/ani11082314>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-2615/11/8/2314>. Acesso em: 15 nov. 2023.
- AL-JEBORY, H. H.; QOTBI, A. A. A.; AL-SAEEDI, M. K. I.; AL-KHFAJI, F. R.; AJAFAR, M.; SAFAEI, A. Biological activity of Lysophospholipids in poultry and ruminants: A review. **International Journal of Multidisciplinary Research and Growth Evaluation**, v. 4, p. 504-511, 2023. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Fadhil-Alkafaji/publication/370963215_Biological_activity_of_Lysophospholipids_in_poultry_and_ruminants_A_review/links/646cc7828720b540a50334a3/Biological-activity-of-Lysophospholipids-in-poultry-and-ruminants-A-review.pdf. Acesso em: 15 jan. 2024.
- ALMADANI, M. I.; WEEKS, P.; DEBLITZ, C. Introducing the world's first global producer price indices for beef cattle and sheep. **Animals**, v. 11, n. 8, p. 2314, 2021. Doi: <https://doi.org/10.3390/ani11082314>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-2615/11/8/2314>. Acesso em: 15 nov. 2023.
- ALVARENGA, T. I. R. Costa.; CHEN, Y.; FURUSHO-GARCIA, I. F.; PEREZ, J. R. O.; HOPKINS, D. L. Manipulation of omega-3 PUFAs in lamb: Phenotypic and genotypic views. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 14, n. 3, p. 189-204, 2015. Doi: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12131>. Disponível em: <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1541-4337.12131>. Acesso em: 15 dez. 2023.
- ANGELES-HERNANDEZ, J. C.; ALBERTO, R. V.; KEBREAB, E.; APPUHAMY, J. A. R. N.; DOUGHERTY, H. C.; CASTELAN-ORTEGA, O.; GONZALEZ-RONQUILLO, M. Effect of forage to concentrate ratio and fat supplementation on milk composition in dairy sheep: A meta-analysis. **Livestock Science**, v. 238, p. 104069, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104069>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1871141319313253>. Acesso em: 22 nov. 2023.
- AOAC – Association of Official Analytical Chemists International. **Official methods of analysis of AOAC International**, 17th ed. Washington, D.C., 2002.
- ARAÚJO, P. B.; PEREIRA, D. S.; TEIXEIRA, M. N.; COELHO, M. C. O. C.; ALENCAR, S. P. Urinálise como instrumento auxiliar no diagnóstico de enfermidades em pequenos ruminantes. **Medicina Veterinária (UFRPE)**, v.3, n.2, p.30-38, 2009. Disponível em: <https://journals.ufrpe.br/index.php/medicinaveterinaria/article/view/669>. Acesso em: 03 jan.

2024.

BALCH, C. C.; CAMPLING, R. C. **Regulation of voluntary food intake in ruminants.** 2006.

BANGHAM, A. D.; DAWSON, R. M. C. The relation between the activity of a lecithinase and the electrophoretic charge of the substrate. **Biochemical journal**, v. 72, n. 3, p. 486, 1959. Doi: 10.1042/bj0720486. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1196960/>. Acesso em: 22 nov. 2023.

BAUCHART, D. Lipid absorption and transport in ruminants. **Journal of dairy science**, v. 76, n. 12, p. 3864-3881, 1993. Doi: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77728-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77728-0). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030293777280>. Acesso em: 22 nov. 2023.

BAUMAN, D. E.; PERFIELD, J. W.; VETH, M. J. de; LOCK, A. L. New perspectives on lipid digestion and metabolism in ruminants. In: **Proceedings Cornell Nutrition Conference.** NY, USA: Cornell University, 2003. p. 175-189.

BEAUCHEMIN, K. A.; UNGERFELD, E. M.; ECKARD, R. J.; WANG, M. Fifty years of research on rumen methanogenesis: Lessons learned and future challenges for mitigation. **Animal**, v. 14, n. S1, p. s2-s16, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1017/S1751731119003100>. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/animal/article/review-fifty-years-of-research-on-rumen-methanogenesis-lessons-learned-and-future-challenges-for-mitigation/8F7537B81CBDA633F48663C1ACF33036>. Acesso em: 15 nov. 2023.

BEHAN, A. A.; LOH, T. C.; FAKURAZI, S.; KAKA, U.; KAKA, A.; SAMSUDIN, A. A. Effects of supplementation of rumen protected fats on rumen ecology and digestibility of nutrients in sheep. **Animals**, v. 9, n. 7, p. 400, 2019. Doi: <https://doi.org/10.3390/ani9070400>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-2615/9/7/40>. Acesso em: 22 nov. 2023.

BENHISSI, H.; HEREDIA, I. de B.; GARCÍA-RODRÍGUEZ, A. Apparent nutrient digestibility, nitrogen metabolism and microbial protein synthesis in sheep supplemented with different vegetable fats. **Animal Production Science**, v. 60, n. 6, p. 790-795, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1071/AN18052>. Disponível em: <https://www.publish.csiro.au/an/AN18052>. Acesso em: 22 jan. 2024.

BOERMAN, J. P.; FIRKINS, J. L.; ST-PIERRE, N. R.; LOCK, A. L. Intestinal digestibility of long-chain fatty acids in lactating dairy cows: A meta-analysis and meta-regression. **Journal of dairy science**, v. 98, n. 12, p. 8889-8903, 2015. Doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9592>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030215006827>. Acesso em: 22 nov. 2023.

BRANT, L. M. S.; CARVALHO, G. G. P. de; FREITAS JÚNIOR, J. E.; PEREIRA, F. M.; PINA, D. S.; SANTOS, S. A.; SILVA, S. N. S.; ALBA, H. D. R.; CIRNE, L. G. A.; ARAUJO, M. L. G. M. L.; LEITE, L. C. Feeding behavior of feedlot lambs fed diets with different energy and protein sources. **Tropical Animal Health and Production**, v. 53, p. 1-9, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02522-0>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11250-020-02522-0>. Acesso em: 15 dez. 2023.

BRINDLEY, D. N. Intracellular translocation of phosphatidate phosphohydrolase and its possible role in the control of glycerolipid synthesis. **Progress in Lipid Research**, v. 23, n. 3,

p. 115-133, 1984. Doi: [https://doi.org/10.1016/0163-7827\(84\)90001-8](https://doi.org/10.1016/0163-7827(84)90001-8). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0163782784900018>. Acesso em: 22 nov. 2023.

BROUDISCOU, L.; VAN NEVEL, C. J.; DEMEYER, D. I.; JOUANY, J. P. Addition d'hydrolysats d'huile de soja dans la ration de mouton. Effet sur la dégradation in sacco de la paille et de la cellulose. *Reproduction Nutrition Développement*, v. 28, n. 1, p. 159-160, 1988. Disponível em: https://rnd.edpsciences.org/articles/rnd/pdf/1988/01/RND_0181-1916_1988_28_1_ART0042.pdf. Acesso em: 15 nov. 2023.

BURNETT, D. D.; LEGAKO, J. F.; PHELPS, K. J.; GONZALEZ, J. M. Biology, strategies, and fresh meat consequences of manipulating the fatty acid composition of meat. **Journal of animal science**, v. 98, n. 2, p. skaa033, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1093/jas/skaa033>. Disponível em: <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/98/2/skaa033/5718218>. Acesso em: 15 nov. 2023.

CABRAL, L. da S.; NEVES, E. D. O.; ZERVOUDAKIS, J. T.; ABREU, J. D.; RODRIGUES, R. C.; SOUZA, A. D.; OLIVEIRA, I. D. Estimativas dos requisitos nutricionais de ovinos em condições brasileiras. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 9, n. 3, p. 529-542, 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Luciano-Silva-Cabral/publication/285830321_Estimativas_dos_requisitos_nutricionais_de_ovinos_em_condicoes_brasileiras/links/592a0eb5a6fdcc4443584ade/Estimativas-dos-requisitos-nutricionais-de-ovinos-em-condicoes-brasileiras.pdf. Acesso em: 03 jan. 2024.

CABRAL, L. da S.; VALADARES FILHO, S. C.; DETMANN, E.; MALAFAIA, P. A. M.; ZERVOUDAKIS, J. T.; SOUZA, A. L.; VELOSO, R. G.; NUNES, P. M. M. Consumo e digestibilidade dos nutrientes em bovinos alimentados com dietas à base de volumosos tropicais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 35, n. 6, p. 2406-2412, 2006. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982006000800029>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/NswNwxcbdh6ZFCpm3ycqPbM/?lang=pt>. Acesso em: 03 jan. 2024.

CARVALHO, M. B. **Semiologia do Sistema Urinário**. In: FEITOSA, F.L. *Semiologia Veterinária*. São Paulo: Roca, 2008. p.389-409.

CHRISTIE, W. W. (Ed.). **Lipid metabolism in ruminant animals**. Elsevier, 2014.

CHRISTOPHE, A. B.; DE VRIESE, S. (Ed.). Fat digestion and absorption. **The American Oil Chemists Society**, 2000.

CONOVER, W. J. **Practical Nonparametric Statistics**. 2nd Edition, John Wiley & Sons, New York, 1980.

Davis, C. L. **Fats in Animal Feeds**. Barnaby Inc., Sycamore, IL, 1990.

DEMEYER, D; DOREAU, M. Targets and procedures for altering ruminant meat and milk lipids. **Proceedings of the nutrition society**, v. 58, n. 3, p. 593-607, 1999. Doi: <https://doi.org/10.1017/S0029665199000786>. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/proceedings-of-the-nutrition-society/article/targets-and-procedures-for-altering-ruminant-meat-and-milk-lipids/F17E5F67BDFBE1609ECD507A23D2641C>. Acesso em: 22 nov. 2023.

DICKSON, H.; JOLLY, S. National procedures and guidelines for intensive sheep and lamb feeding systems. **Meat and Livestock Australia**, Sydney. 2011. Disponível em: https://www.integritysystems.com.au/globalassets/mla-corporate/research-and-development/documents/lism.0022_-_national_procedures_and_guidelines_for_intensive_sheep_and_lamb_feeding_systems.pdf. Acesso em: 19 jan. 2024.

DOREAU, M.; FERLAY, A. Digestion and utilisation of fatty acids by ruminants. **Animal Feed Science and Technology**, v. 45, n. 3-4, p. 379-396, 1994. Doi: [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(94\)90039-6](https://doi.org/10.1016/0377-8401(94)90039-6). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0377840194900396>. Acesso em: 22 nov. 2023.

DOREAU, M.; CHILLIARD, Y. Digestion and metabolism of dietary fat in farm animals. **British Journal of Nutrition**, v. 78, n. 1, p. S15-S35, 1997. Doi: <https://doi.org/10.1079/BJN19970132>. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/british-journal-of-nutrition/article/digestion-and-metabolism-of-dietary-fat-in-farm-animals/E44649D30A5CC617E22E489F316E2DDA>. Acesso em: 22 nov. 2023.

DOREAU, M.; DEMEYER, D. I.; VAN NEVEL, C. J. Transformation and effects of unsaturated fatty acids in the rumen: consequences on milk fat secretion. In: WELCH, R. A. S.; BURNS, D. J. W.; DAVIS, S. R.; POPAY, A. I.; PROSSER, C. G. (Eds.) **Milk Composition, Production and Biotechnology**. pp. 73-92, 1997.

DRACKLEY, J. K. Lipid metabolism. **Farm animal metabolism and nutrition**, v. 1, p. 97-119, 2000.

EFSA PANEL ON ADDITIVES AND PRODUCTS OR SUBSTANCES USED IN ANIMAL FEED (FEEDAP). Safety and efficacy of lecithins for all animal species. **EFSA Journal**, v. 14, n. 8, p. e04561, 2016. Doi: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2016.4561>. Disponível em: <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2903/j.efsa.2016.4561>. Acesso em: 22 nov. 2023.

EKIZ, B.; YILMAZ, A.; YALCINTAN, H.; KOCAK, O.; OZCAN, M. The effect of final weight on slaughtering and carcass quality characteristics of lambs in concentrate-based or pasture-based production systems. **Large Animal Review**, v. 26, n. 2, p. 67-72, 2020. Disponível em: <https://www.largeanimalreview.com/index.php/lar/article/view/95>. Acesso em: 03 jan. 2024.

ENJALBERT, F.; COMBES, S.; ZENED, A.; MEYNADIER, A. Rumen microbiota and dietary fat: a mutual shaping. **Journal of applied microbiology**, v. 123, n. 4, p. 782-797, 2017. Doi: <https://doi.org/10.1111/jam.13501>. Disponível em: <https://academic.oup.com/jambio/article-abstract/123/4/782/6714127>. Acesso em: 15 nov. 2023.

ESMINGER, M. E.; OLDFIELD, J. L.; HEINEMANN, J. J. **Feeds and nutrition**. 2. ed. Clovis, CA: Esminger Publishing, 1990. 1552 p.

FARAHMANDPOUR, M.; CHASHNIDEL, Y.; YANSARI, A. T.; FARD, M. K. Effects different levels of Lysophospholipid on growth performance, nutrient digestibility, carcass characteristics, some blood parameters and hepatic enzymes in crossbred Zell-Afshari

fattening male lambs. **Journal of Ruminant Research**, v. 10, n. 3, 2022. Doi: <https://doi.org/10.22069/ejrr.2022.19851.1831>. Disponível em: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20220548666>. Acesso em: 15 nov. 2023.

FIEVEZ, V.; DE NEVE, N.; DEWANCKELE, L. Understanding rumen lipid metabolism to optimize dairy products for enhanced human health and to monitor animal health. In: **Improving Rumen Function**. Burleigh Dodds Science Publishing, 2020. p. 467-504.

FREEMAN, C. P. The digestion, absorption and transport of fats- non-ruminants. In: WISEMAN, J (Ed.) **Fats in Animal Nutrition**, p. 105-121, 1984.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo agropecuário 2017**: segunda apuração. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2006/segunda-apuracao>. Acesso em: 15 nov. 2023.

GALLO, S. B.; BROCHADO, T.; BROCHINE, L.; PASSARELI, D.; COSTA, S. F.; BUENO, I. D. S.; BALIEIRO, J. C. de C.; FRANZOLIN NETO, R.; TEDESCHI, L. O. Effect of biosurfactant added in two different oil source diets on lamb performance and ruminal and blood parameters. **Livestock Science**, v. 226, p. 66-72, 2019. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.06.006>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1871141319308248>. Acesso em: 22 nov. 2023.

GAZZARIN, C.; EL BENNI, N. Economic assessment of potential efficiency gains in typical lamb production systems in the alpine region by using local resources. **Small Ruminant Research**, v. 185, p. 106066, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2020.106066>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921448820300213>. Acesso em: 15 nov. 2023.

GERON, L. J. V.; MEXIA, A. A.; GARCIA, J.; ZEOULA, L. M.; GARCIA, R. R. F.; MOURA, D. C. de. Desempenho de cordeiros em terminação suplementados com caroço de algodão e grão de milho moído. **Archives of Veterinary Science**, v. 17, n. 4, 2012. Doi: <http://dx.doi.org/10.5380/avs.v17i4.21615>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/veterinary/article/view/21615/7465>. Acesso em: 15 nov. 2023.

GHOREISHI, S.M.; ZAMIRI, M.J.; ROWGHANI, E.; HEJAZI, H. Effect of a calcium soap of fatty acids on reproductive characteristics and lactation performance of fattailed sheep. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v.10, n.14, p.2389-2395, 2007. Doi: <https://doi.org/10.3923/pjbs.2007.2389.2395>. Disponível em: <https://europepmc.org/article/med/19070162>. Acesso em: 03 jan. 2024.

GIBB, D. J. SHAH, M. A.; MIR, P. S.; MCALLISTER, T. A. Effect of full-fat hemp seed on performance and tissue fatty acids of feedlot cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 85, n. 2, p. 223-230, 2005. Doi: <https://doi.org/10.4141/A04-078>. Disponível em: <https://cdnsiencepub.com/doi/abs/10.4141/A04-078>. Acesso em: 02 jan. 2023.

GOERING, H. K.; VAN SOEST, P. J. **Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures, and some applications)**. US Agricultural Research Service, 1970.

GONZÁLEZ, F. H. D. Uso do perfil metabólico no diagnóstico de doenças metabólicas nutricionais em ruminantes. In: GONZÁLEZ, F. H. D.; BARCELLOS, J.; PATIÑO, H. O.; RIBEIRO, L. A. (Eds.). **Perfil metabólico em ruminantes: seu uso em**

nutrição e doenças nutricionais. 1. ed. Porto Alegre, 2000. p. 89-106.

GONZÁLEZ, F. H. D.; SILVA, S. C. Perfil Bioquímico no Exercício. In: GONZÁLEZ, F. H. D.; SILVA, S. C. **Introdução à Bioquímica Clínica Veterinária.** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2006.

GURGEL, A. L. C.; DIFANTE, G. dos S.; EMERENCIANO NETO, J. V.; SANTANA, J. C. S.; FERNANDES, P. B.; SANTOS, G. T. dos; DIAS, A. M.; ÍTAVO, L. C. V.; ÍTAVO, C. C. B. F.; MEDEIROS, H. R. de. Prediction of dry matter intake by meat sheep on tropical pastures. **Tropical Animal Health and Production**, v. 53, p. 1-8, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02916-8>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11250-021-02916-8>. Acesso em: 03 jan. 2024.

GURR, M. I.; HARWOOD, J. L.; FRAYN, K. N.; MURPHY, D. J.; MICHELL, R. H. **Lipids: biochemistry, biotechnology and health.** John Wiley & Sons, 2016.

HAO, X. Y.; YU, S. C.; MU, C. T.; WU, X. D.; ZHANG, C. X.; ZHAO, J. X.; ZHANG, J. X. Replacing soybean meal with flax seed meal: Effects on nutrient digestibility, rumen microbial protein synthesis and growth performance in sheep. **Animal**, v. 14, n. 9, p. 1841-1848, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1017/S1751731120000397>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1751731120000397>. Acesso em: 29 jan. 2024.

HARFOOT, C. G.; HAZLEWOOD, G. P.; HOBSON, P. N.; STEWART, C. S. **The rumen microbial ecosystem.** eds. Hobson PN and Stewart CS, Chapman & Hall, London, p. 382-426, 1997.

HARRISON, F. A.; LEAT, W. M. F. Digestion and absorption of lipids in non-ruminant and ruminant animals: a comparison. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 34, n. 3, p. 203-210, 1975. Doi: <https://doi.org/10.1079/PNS19750040>. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/proceedings-of-the-nutrition-society/article/digestion-and-absorption-of-lipids-in-nonruminant-and-ruminant-animals-a-comparison/350F6F472751D4BCBA777F4AFF1C4B79>. Acesso em: 22 nov. 2023.

HUWS, S. A.; LEE, M. R.; MUETZEL, S. M.; SCOTT, M. B.; WALLACE, R. J.; SCOLLAN, N. D. Forage type and fish oil cause shifts in rumen bacterial diversity. **FEMS Microbiology Ecology**, v. 73, n. 2, p. 396-702, 2010. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.2010.00892.x> Disponível em: <https://academic.oup.com/femsec/article/73/2/396/543536>. Acesso em: 22 jan. 2024.

IRIGOYEN, L. R.; POLI, C. H. E. C.; CORRÊA, G. F.; TONTINI, J. F.; LÓPEZ, I. F.; SILVA, J. A. da. Pasture Height of A Tropical Erect Grass Affecting Young Lamb Herbage Intake And Performance. **Research Article**, 2022. Doi: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1229810/v1>. Disponível em: <https://www.researchsquare.com/article/rs-1229810/v1>. Acesso em: 03 jan. 2024.

JENKINS, T. C. Lipid metabolism in the rumen. **Journal of dairy science**, v. 76, n. 12, p. 3851-3863, 1993. Doi: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77727-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77727-9). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030293777279>. Acesso em: 22 nov. 2023.

JENKINS, T. C.; GIMENEZ, T.; CROSS, D. L. Influence of phospholipids on ruminal fermentation in vitro and on nutrient digestion and serum lipids in sheep. **Journal of Animal**

Science, v. 67, n. 2, p. 529-537, 1989. Doi: <https://doi.org/10.2527/jas1989.672529x>.

Disponível em: <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/67/2/529/4696591>. Acesso em: 22 nov. 2023.

JENKINS, T. C.; PALMQUIST, D. L. Effect of fatty acids or calcium soaps on rumen and total nutrient digestibility of dairy rations. **Journal of dairy science**, v. 67, n. 5, p. 978-986, 1984. Doi: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(84\)81396-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(84)81396-X). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002203028481396X>. Acesso em: 22 nov. 2023.

JUNQUEIRA, F. B.; SOUZA, J. C. de; CAMPOS, J. P. A.; FARIA, L. R.; SILVA, D. R. da; ASCARI, I. J.; LIMA, R. R. de; FURUSHO-GARCIA, I. F.; NOGUEIRA, G. de P.; ALVES, N. G. Ovarian follicular development, hormonal and metabolic profile in prepubertal ewe lambs with moderate dietary restriction and lipid supplementation. **Animal reproduction science**, v. 204, p. 152-164, 2019.

KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L. **Clinical biochemistry of domestic animals**. 6. ed. San Diego: Academic Press, 2008. 928p.

KEMP, P.; LANDER, D. J. Hydrogenation in vitro of α -linolenic acid to stearic acid by mixed cultures of pure strains of rumen bacteria. **The Journal of General Microbiology**, v. 130, p. 527-533, 1984. Doi: <https://doi.org/10.1099/00221287-130-3-527>. Disponível em: <https://www.microbiologyresearch.org/content/journal/micro/10.1099/00221287-130-3-527>. Acesso em: 19 de jan. 2024.

KRUSKAL, W. H.; WALLIS, W. A. Use of ranks in one-criterion variance analysis. **Journal American Statistical Association**, v. 47, p. 583-621, 1952. Doi: <https://doi.org/10.1080/01621459.1952.10483441>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01621459.1952.10483441>. Acesso em: 19 de jan. 2024.

LAMMERS, B. P.; BUCKMASTER, D. R.; HEINRICHS, A. J. A simple method for the analysis of particle sizes of forage and total mixed rations. **Journal of dairy science**, v. 79, n. 5, p. 922-928, 1996. Doi: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(96\)76442-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(96)76442-1). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030296764421>. Acesso em: 17 dez. 2023.

LEVENE, H. Robust Test for Equality of Variances, in I. O. et al., ed., '**Contributions to Probability and Statistics: Essays in Honor of Harold Hotteling**', Stanford University Press, California, United States: p. 278-292, 1960.

LIMA, J. A. M. de; BEZERRA, L. R.; FEITOSA, T. J. D. O.; OLIVEIRA, J. R.; OLIVEIRA, D. L. de; MAZZETTO, S. E.; CAVALCANTI, M. T.; PEREIRA FILHO, J. M.; OLIVEIRA, R. L.; OLIVEIRA, J. P. F. de; SILVA, A. L. da. Production, characterization, and dietary supplementation effect of rumen-protected fat on ruminal function and blood parameters of sheep. **Tropical Animal Health and Production**, v. 55, n. 3, p. 142, 2023. Doi: <https://doi.org/10.1002/cphy.c170012>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11250-023-03563-x>. Acesso em: 22 nov. 2023.

LIU, Y.; WU, A.; MO, R.; ZHOU, Q.; SONG, L.; LI, Z.; Zhao, H.; Fang, Z.; Lin, Y.; Xu, S.; Feng, B.; Zhuo, Y.; Wu, D.; CHE, L. Dietary lysolecithin supplementation improves growth performance of weaned piglets via improving nutrients absorption, lipid metabolism, and

- redox status. **Journal of Animal Science**, v. 101, p. skad293, 2023. Doi: <https://doi.org/10.1093/jas/skad293>. Disponível em: <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/doi/10.1093/jas/skad293/7260315>. Acesso em: 03 jan. 2024.
- LOCK, A. L.; HARVATINE, K. J.; DRACKLEY, J. K.; BAUMAN, D. E. Concepts in fat and fatty acid digestion in ruminants. In: **Proceedings of the Intermountain Nutrition Conference**. 2006. p. 85-100.
- LOFTEN, J. R.; LINN, J. G.; DRACKLEY, J. K.; JENKINS, T. C.; SODERHOLM, C. G.; KERTZ, A. F. Invited review: Palmitic and stearic acid metabolism in lactating dairy cows. **Journal of dairy science**, v. 97, n. 8, p. 4661-4674, 2014. Doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2014-7919>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002203021400397X>. Acesso em: 03 jan. 2024.
- LOUGH, D. S.; SOLOMON, M. B.; RUMSEY, T. S.; ELSASSER, T. H.; SLYTER, L. L.; KAHL, S.; LYNCH, G. P. Effects of dietary canola seed and soy lecithin in high-forage diets on performance, serum lipids, and carcass characteristics of growing ram lambs. **Journal of animal science**, v. 69, n. 8, p. 3292-3298, 1991. Doi: <https://doi.org/10.2527/1991.6983292x>. Disponível em: <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/69/8/3292/4704993>. Acesso em: 22 nov. 2023.
- MARTIN, C.; FERLAY, A.; BENAOUA, M.; COPPA, M.; EUGÈNE, M. Effect of the nature of energy (lipids vs. carbohydrates) on enteric methane emission and dairy performance in cows fed grass silage-based diets. **Italian Journal of Animal Science**, v. 22, n. 1, p. 1257-1267, 2023. Doi: <https://doi.org/10.1080/1828051X.2023.2244525>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/1828051X.2023.2244525>. Acesso em: 02 jan. 2023.
- MAYNARD, L. A.; LOOSLI, J. K.; HINTZ, H. F.; WARNER, R. G. **Nutrição animal**. 3. ed. Rio de Janeiro: F. Bastos, 1984. 726 p.
- MERTENS, D. Regulation of forage intake. **Forage quality, evaluation, and utilization**, p. 450-493, 1994.
- MEYER, D. J.; COLES, E. H.; RICH, L. J. **Veterinary laboratory medicine: interpretation and diagnosis**. Philadelphia: Linda Mills, 1992.
- MOORE, J. H.; CHRISTIE, W. W. Digestion, absorption and transport of fats in ruminant animals. In: J. WISEMAN (Ed.) **Fats in Animal Nutrition**, p. 123-149, 1984.
- NAGARAJA, T. G.; NEWBOLD, C. J.; VAN NEVEL, C. J.; DEMEYER, D. I. Manipulation of ruminal fermentation. In: Hobson, P. N.; Stewart, C. S. (eds), **The Rumen Microbial Ecosystem**, 2nd Edn, Blackie Academic & Professional, London, 1997.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle: 2001**. National Academies Press, 2001.
- PACHECO, R. D. L.; GUSMÃO, J. O.; MOURA, G. A.; CAPELARI, M.; GRECO, L.; CARVALHO, J. C. F. D.; CERVIERI, R. de C.; CASTRO, P. A.; BESERRA, V. de A.; CAMPANELLI, V. P. C.; CABRAL, L. da S.; CARVALHO, L. B.; LANNA, D. P. D.; CHIQUITELLI NETO, M.; GALYEAN, M.; MAIA, A. S. C. Lysolecithin-derived feed additive improves feedlot performance, carcass characteristics, and muscle fatty acid profile of

Bos indicus-influenced cattle fed in a tropical environment. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 10, p. 1041479, 2023. Doi: <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1041479>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fvets.2023.1041479/full>. Acesso em: 15 nov. 2023.

PALMQUIST, D. L. The role of dietary fats in efficiency of ruminants. **The Journal of nutrition**, v. 124, p. S1377-S1382, 1994. Doi: https://doi.org/10.1093/jn/124.suppl_8.1377S. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022316623060029>. Acesso em: 15 jan. 2024.

PALMQUIST, D. L.; JENKINS, T. C. Fat in lactation rations. **Journal of dairy science**, v. 63, n. 1, p. 1-14, 1980. Doi: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(80\)82881-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(80)82881-5). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030280828815>. Acesso em: 15 nov. 2023.

PALMQUIST, D. L.; MATTOS, W. R. S. Metabolismo de lipídeos. **Nutrição de ruminantes**. Tradução. Jaboticabal: Funep, 2006.

PETHICK, D. W.; HOCQUETTE, J. F.; SCOLLAN, N. D.; DUNSHEA, F. R. Improving the nutritional, sensory and market value of meat products from sheep and cattle. **Animal**, v. 15, p. 100356, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100356>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1751731121001993>. Acesso em: 15 nov. 2023.

PRATHAP, P. CHAUHAN, S. S.; LEURY, B. J.; COTTRELL, J. J.; DUNSHEA, F. R. Towards sustainable livestock production: Estimation of methane emissions and dietary interventions for mitigation. **Sustainability**, v. 13, n. 11, p. 6081, 2021. Doi: <https://doi.org/10.3390/su13116081>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/11/6081>. Acesso em: 15 nov. 2023.

REECE, W. O. Função Renal nos Mamíferos. In: REECE, W. O. **DUKES – Fisiologia dos animais domésticos**. 12. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006. p. 68-96.

REIS, M. E.; TOLEDO, A. F. D.; SILVA, A. P. da; POCZYNEK, M.; FIORUCI, E. A.; CANTOR, M. C.; GRECO, L.; BITTAR, C. M. M. Supplementation of lysolecithin in milk replacer for Holstein dairy calves: Effects on growth performance, health, and metabolites. **Journal of dairy science**, v. 104, n. 5, p. 5457-5466, 2021. Doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19406>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030221001612>. Acesso em: 15 nov. 2023.

RICO, D. E.; YING, Y.; HARVATINE, K. J. Effects of lysolecithin on milk fat synthesis and milk fatty acid profile of cows fed diets differing in fiber and unsaturated fatty acid concentration. **Journal of dairy science**, v. 100, n. 11, p. 9042-9047, 2017. Doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12976>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030217308597>. Acesso em: 22 nov. 2023.

RODRIGUES, R. C. **Métodos de análises bromatológicas de alimentos: métodos físicos, químicos e bromatológicos**. 2010.

RUCKEBUSCH, Y. Pharmacology of reticulo-ruminal motor function. **Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics**, v. 6, n. 4, p. 245-272, 1983. Doi:

<https://doi.org/10.1111/j.1365-2885.1983.tb00001.x>. Disponível em:
<https://europepmc.org/article/med/6142121>. Acesso em: 22 nov. 2023.

RUSSEL, A. J. F.; DONEY, J. M.; GUNN, R. G. Subjective assessment of body fat in live sheep. **The Journal of Agricultural Science**, v. 72, n. 3, p. 451-454, 1969. Doi: <https://doi.org/10.1017/S0021859600024874>. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-agricultural-science/article/abs/subjective-assessment-of-body-fat-in-live-sheep/EAF89BC7C742FE950D5DCC1DE0CA8B7E>. Acesso em: 17 dez. 2023.

SANTOS, G. C. de L.; GONZAGA NETO, S.; BEZERRA, L. R.; MEDEIROS, A. N. de; CARVALHO, F. F. R. de; OLIVEIRA, J. S. de. Intake and apparent digestibility of dry matter, milk production, and composition of cows fed with diets containing oilseed cakes: A meta-analysis. **Animal Science Journal**, v. 93, n. 1, p. e13758, 2022. Doi: <https://doi.org/10.3390/ani11113242>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-2615/11/11/3242>. Acesso em: 15 nov. 2023.

SARTIN, J. L.; DANIEL, J. A.; WHITLOCK, B. K.; WILBORN, R. R. Selected hormonal and neurotransmitter mechanisms regulating feed intake in sheep. **Animal**, v. 4, n. 11, p.1781-1789, 2010. Doi: <https://doi.org/10.1017/S1751731110001497>. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/animal/article/abs/selected-hormonal-and-neurotransmitter-mechanisms-regulating-feed-intake-in-sheep/AD392EF6B60B088FEBFC72B10D82404F>. Acesso em: 03 jan. 2023.

SCHULTZ, E. B.; CONCEIÇÃO, A. R.; SIQUEIRA, M. T. S.; OLIVEIRA, K. A.; SOUSA, L. F.; MACEDO JUNIOR, G. de L. Reference intervals for metabolic profile of adult sheep in the tropics: over 12 months. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.75, n.5, p.1026-1028, 2023. Doi: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1382413/v1>. Disponível em: <https://www.researchsquare.com/article/rs-1382413/v1>. Acesso em: 03 jan. 2023.

SCHULTZ, E. B.; MACEDO JUNIOR, G. de L.; OLIVEIRA, K. A.; SIQUEIRA, M. T. S.; CONCEIÇÃO, A. R.; SOUSA, L. F. Reference interval of biochemical parameters of lactating sheep in the tropics. **Semina: ciências agrárias**, p. 2415-2424, 2022. Doi: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2022v43n6p2415>. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-1418835>. Acesso em: 03 jan. 2023.

SHAPIRO S. S., WILK M. B. An Analysis of Variance Test for Normality, (Complete Samples). **Biometrika**. v. 52, p. 591-611, 1965. Doi: <https://dx.doi.org/10.2307/2333709>. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/2333709>. Acesso em: 19 de jan. 2024.

SILVA, S. R.; SACARRÃO-BIRRENTTO, L.; ALMEIDA, M.; RIBEIRO, D. M.; GUEDES, C.; MONTANA, J. R. G.; PEREIRA, A. F.; ZARALIS, K.; GERALDO, A.; TZAMALOUKAS, O.; CABRERA, M. G.; CASTRO, N.; ARGUELLO, A.; HERNÁNDEZ-CASTELLANO, L. E.; ALONSO-DIEZ, A. J.; MARTÍN, M. J.; CAL-PEREYRA, L. G.; STIWELL, G.; ALMEIDA, A. M de. Extensive sheep and goat production: The role of novel technologies towards sustainability and animal welfare. **Animals**, v. 12, n. 7, p. 885, 2022. Doi: <https://doi.org/10.3390/ani12070885>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-2615/12/7/885>. Acesso em: 19 de jan. 2024.

SOUZA, J. de; BATISTEL, F.; SANTOS, F. A. P. Effect of sources of calcium salts of fatty acids on production, nutrient digestibility, energy balance, and carryover effects of early lactation grazing dairy cows. **Journal of dairy science**, v. 100, n. 2, p. 1072-1085, 2017. Doi:

<https://doi.org/10.3168/jds.2016-11636>. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002203021630844X>. Acesso em: 22 nov. 2023.

SUKHIJA, P. S.; PALMQUIST, D. L. Dissociation of calcium soaps of long-chain fatty acids in rumen fluid. **Journal of Dairy Science**, v. 73, n. 7, p. 1784-1787, 1990. Doi: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(90\)78858-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(90)78858-3). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030290788583>. Acesso em: 22 nov. 2023.

SUN, C. H.; LEE, J. S.; NEJAD, J. G.; KIM, W. S.; LEE, H. G. Effect of a rumen-protected microencapsulated supplement from linseed oil on the growth performance, meat quality, and fatty acid composition in Korean native steers. **Animals**, v. 11, n. 5, p. 1253, 2021. Doi: <https://doi.org/10.3390/ani11051253>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-2615/11/5/1253>. Acesso em: 22 nov. 2023.

SUN, X.; Li, Y.; GILLER, K.; KUNZ, C.; TERRANOVA, M.; NIU, M. Comparative assessment of emulsifiers for in vitro ruminal gas production and fermentation measurements: Tween 80 is a suitable emulsifier. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, 2024. Doi: <https://doi.org/10.1111/jpn.13924>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jpn.13924>. Acesso em: 02 fev. 2024.

TAN, Y.; ZHANG, Z.; MUNDO, J. M.; MCCLEMENTS, D. J. Factors impacting lipid digestion and nutraceutical bioaccessibility assessed by standardized gastrointestinal model (INFOGEST): Emulsifier type. **Food Research International**, v. 137, p. 109739, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109739>. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096399692030764X?casa_token=txsjncI4QEsAAAAA:y4LF2zGCnyDLfdKLrx-dUicDWJFWkbKAfxzPBYRyMthfwRDbQLVsRtL0if1pUPu1ewEo0bg5aw. Acesso em: 15 jan. 2024.

THEODORIDIS, A.; VOURAKI, S.; MORIN, E.; RUPÉREZ, L. R.; DAVIS, C.; ARSENOS, G. Efficiency analysis as a tool for revealing best practices and innovations: the case of the sheep meat sector in Europe. **Animals**, v. 11, n. 11, p. 3242, 2021. Doi: <https://doi.org/10.3390/ani11113242>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-2615/11/11/3242>. Acesso em: 15 nov. 2023.

THORMAR, H. (Ed.). *Lipids and essential oils as antimicrobial agents*. 2010.

TOMKINS, T.; JASTER, E. H. Preruminant calf nutrition. **The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice**, v. 7, n. 2, p. 557-576, 1991. Disponível em: <https://europepmc.org/article/med/1893285>. Acesso em: 15 nov. 2023.

TUDISCO, R.; CHIOFALO, B.; ADDI, L.; PRESTI, V. L.; RAO, R.; CALABRO, S.; MUSCO, N.; GROSSI, M.; MASTELLONE, V.; LOMBARDI, P.; INFASCELLI, F. Effect of hydrogenated palm oil dietary supplementation on milk yield and composition, fatty acids profile and Stearoyl-CoA desaturase expression in goat milk. **Small Ruminant Research**, v. 132, p. 72-78, 2015. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2015.10.006>. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921448815300778?casa_token=txVBkelDYwQAAAAA:--cDreZfV11vNA7-QPTkl-oultDiVvGv2L00bRcblD_PxJnL2OAPOHdcTM6MJHU8c3QPyoA4UQ. Acesso em: 15 jan.

2024.

VAHMANI, P. PONNAMPALAM, E. N.; KRAFT, J.; MAPIYE, C.; BERMINGHAM, E. N.; WATKINS, P. J.; PROCTOR, S. D.; DUGAN, M. E. Bioactivity and health effects of ruminant meat lipids. Invited Review. **Meat Science**, v. 165, p. 108114, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108114>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0309174019311672>. Acesso em: 15 nov. 2023.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. Cornell University Press, 1994.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of dairy science**, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991. Doi: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030291785512>. Acesso em: 17 dez. 2023.

VAN NEVEL, C. J.; DEMEYER, D. I. Effect of pH on biohydrogenation of polyunsaturated fatty acids and their Ca-salts by rumen microorganisms in vitro. **Archives of Animal Nutrition**, v. 49, n. 2, p. 151-157, 1996. Doi: <https://doi.org/10.1080/17450399609381873>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17450399609381873>. Acesso em: 22 nov. 2023.

VARANIS, L. F. M.; OLIVEIRA, K. A.; ARAÚJO, C. M.; CRUZ, W. F. G. da; MACEDO JÚNIOR, G. de. Serum biochemical reference ranges for pregnant sheep. **Bioscience Journal**, v. 37, n. 1, p. e37036, 2021. Doi: <https://doi.org/10.14393/BJ-v37n0a2021-47695>. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-1358924>. Acesso em: 03 jan. 2024.

VARANIS, L. F. M.; SCHULTZ, E. B.; OLIVEIRA, K. A.; SOUSA, L. F.; CRUZ, W. F. G. da; MACEDO JUNIOR, G. de L. Serum biochemical reference ranges for lambs from birth to 1 year of age in the tropics. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 42, n. 3Supl1, p. 1725-1740, 2021. Doi: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2021v42n3Supl1p1725>. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/41045>. Acesso em: 03 jan. 2024.

VIANA, J. G. A.; REVILLION, J. P. P.; SILVEIRA, V. C. P. Alternativa de estruturação da cadeia de valor da ovinocultura no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 9, n. 1, 2013. Doi: <https://doi.org/10.54399/rbgdr.v9i1.875>. Disponível em: <https://www.rbgdr.com.br/revista/index.php/rbgdr/article/view/875>. Acesso em: 15 nov. 2023.

ZHANG, M.; BAI, H.; ZHAO, Y.; WANG, R.; LI, G.; ZHANG, G.; ZHANG, Y. Effects of Dietary Lysophospholipid Inclusion on the Growth Performance, Nutrient Digestibility, Nitrogen Utilization, and Blood Metabolites of Finishing Beef Cattle. **Antioxidants**, v. 11, n. 8, p. 1486, 2022. Doi: <https://doi.org/10.3390/antiox11081486>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3921/11/8/1486>. Acesso em: 15 jan. 2024.

ZEBELI, Q.; ASCHENBACH, J. R.; TAJAJ, M.; BOGUHN, J.; AMETAJ, B. N.; DROCHNER, W. Invited review: Role of physically effective fiber and estimation of dietary fiber adequacy in high-producing dairy cattle. **Journal of dairy science**, v. 95, n. 3, p. 1041-

1056, 2012. Doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4421>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002203021200063X>. Acesso em: 17 dez. 2023.