

# RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)  
autor(a), o texto completo desta tese  
será disponibilizado somente a partir  
de 01/09/2019.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**GLICERINA BRUTA NA ADAPTAÇÃO E DESEMPENHO DE  
OVINOS CONFINADOS**

**Márcio Túlio Costa Almeida**  
**Zootecnista**

**2018**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP  
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**GLICERINA BRUTA NA ADAPTAÇÃO E DESEMPENHO DE  
OVINOS CONFINADOS**

**Márco Túlio Costa Almeida**

**Orientador: Profa. Dra. Jane Maria Bertocco Ezequiel**

**Coorientador: Prof. Dr. Eric Haydt Castello Branco van Cleef**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Zootecnia

A447g Almeida, Márco Túlio Costa  
Glicerina bruta na adaptação e desempenho de ovinos confinados / Márco Túlio Costa Almeida. -- Jaboticabal, 2018  
x, 95 p. : il. ; 29 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2018

Orientadora: Jane Maria Bertocco Ezequiel

Coorientador: Eric Haydt Castello Branco van Cleef

Banca examinadora: Henrique Leal Perez, Mauro Dal Secco de Oliveira, Robson Sfaciotti Barducci, André Pastori D'Áurea

Bibliografia

1. Cordeiros. 2. Desempenho. 3. Glicerina bruta. 4. Metabolismo. 5. Papilas ruminais. 6. Ovinos. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 636.03:636.3

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –  
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

TÍTULO DA TESE: GLICERINA BRUTA NA ADAPTAÇÃO E DESEMPENHO DE OVINOS CONFINADOS

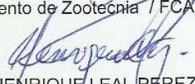
**AUTOR: MÁRCO TÚLIO COSTA ALMEIDA**

**ORIENTADORA: JANE MARIA BERTOCCO EZEQUIEL**

**COORIENTADOR: ERIC HAYDT CASTELLO BRANCO VAN CLEEF**

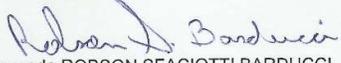
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em ZOOTECNIA, pela Comissão Examinadora:

  
Profa. Dra. JANE MARIA BERTOCCO EZEQUIEL  
Departamento de Zootecnia / FCAV / UNESP - Jaboticabal

  
Prof. Dr. HENRIQUE LEAL PEREZ  
Departamento de Zootecnia / UEM / Maringá / PR

  
Prof. Dr. MAURO DAL SECCO DE OLIVEIRA  
Departamento de Zootecnia / FCAV / UNESP - Jaboticabal

  
Dr. ANDRÉ PASTORI D'ÁUREA  
Consultor Técnico / PREMIX - Franca / SP

  
Pós-doutorando ROBSON SFACIOTTI BARDUCCI  
Departamento de Zootecnia / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 01 de março de 2018

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

MÁRCO TÚLIO COSTA ALMEIDA, filho de Júlio Cesar de Almeida e Cláudia Costa de Almeida, nasceu em 04 de julho de 1987 na cidade de Itajubá, estado de Minas Gerais. Ingressou no curso de Zootecnia na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, UNESP, Câmpus de Botucatu no ano de 2007. Durante a graduação, fez estágios na área de produção animal, participou de projetos de pesquisa, foi bolsista de Iniciação Científica e Treinamento Técnico II da Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de São Paulo (FAPESP), foi membro diretor da Empresa Júnior de Nutrição de Ruminantes (NUTRIR) de 2009 a 2011, e graduou-se em dezembro de 2011. Em março de 2012, ingressou no curso de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias / UNESP – Câmpus de Jaboticabal sob orientação da Profa. Dra. Jane Maria Bertocco Ezequiel. Foi bolsista da FAPESP e do CNPq. Em fevereiro de 2014 obteve o Título de Mestre em Zootecnia. Em março de 2014 ingressou no curso de Doutorado em Zootecnia na mesma instituição, sob orientação da Profa. Dra. Jane Maria Bertocco Ezequiel e coorientação do Prof. Dr. Eric Haydt Castello Branco van Cleef. De setembro de 2016 a setembro de 2017 realizou Doutorado Sanduíche na Massey University, Nova Zelândia, sob supervisão do Prof. Dr. Hugh Blair.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a **Deus**, que em toda minha caminhada não me deixou um só momento desamparado, por não me deixar fraquejar, por sempre estar ao meu lado e por colocar no meu caminho pessoas amigas e generosas.

Aos meus pais **Júlio Cesar de Almeida** e **Cláudia Costa de Almeida** pelo amor, carinho, ensinamentos e compreensão ao longo das minhas conquistas e pelo exemplo de pessoa que são.

Às minhas irmãs **Juliana** e **Eryka** pelo amor, carinho e apoio.

Aos meus avós, **Vô Cláudio “Migué”** (*in memoriam*), **Vó Tereza**, **Vô Dito** (*in memoriam*) e **Vó Rosa** (*in memoriam*) pelo amor, carinho e incentivo aos estudos.

À toda minha família pelo amor e amizade.

À minha querida e adorável namorada **Josimari (Raxinha)** pela ajuda durante a condução do experimento e análises laboratoriais, pelo incentivo, carinho, companheirismo, apoio, ensinamentos, paciência, alegria e amor.

À **Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Medicina e Veterinária e Zootecnia**, pela minha formação profissional.

Ao **Programa de Pós-graduação em Zootecnia** da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária da UNESP, Câmpus de Jaboticabal pela oportunidade de aprimoramento profissional.

À Professora **Jane Maria Bertocco Ezequiel**, pela orientação, pela confiança, pelos ensinamentos, e principalmente pela amizade e carinho a mim dedicados.

A todos **professores da UNESP** Câmpus Botucatu e Câmpus Jaboticabal, pelos ensinamentos.

Aos **Doutores** Mauro Dal Secco de Oliveira, Henrique Leal Perez, André Pastori D’Aurea e Robson Sfaciotti Barducci por aceitarem participar da banca examinadora.

À **Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)** pela concessão das bolsas de estudos, Processo nº 2015/04595-4 e Processo BEPE nº 2016/07572-8.

À empresa **Caramuru Alimentos Ltda** pelo fornecimento da casca de soja e glicerina bruta.

A todos os amigos e companheiros da **Unidade Animal de Estudos Digestivos e Metabólicos** pela amizade, ajuda, incentivos e alegrias.

Aos prestativos **estagiários** que passaram pela Unidade Animal e pelo Laboratório de Ingredientes e Gases Poluentes (LIGAP).

Aos amigos da República **Mata Bixera**, que me acolheram e deixaram fazer parte desta família, e pelos bons momentos de descontração vividos juntos.

A **todos** que direta ou indiretamente contribuíram para realização deste trabalho.

**Muito Obrigado!**

## SUMÁRIO

	Página
CERTIFICADO DA COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS.....	iv
RESUMO.....	v
ABSTRACT .....	vii
LISTA DE TABELAS .....	ix
LISTA DE FIGURAS .....	x
CAPÍTULO 1 – Considerações gerais.....	1
1. Introdução.....	1
2. Revisão de Literatura.....	3
2.1. Glicerina, coproduto da produção do biodiesel.....	3
2.2. Utilização da glicerina na alimentação animal.....	4
2.3. Fermentação ruminal e metabolismo da glicerina .....	5
2.4. Fermentação ruminal a ácido propiônico.....	7
2.5. Fermentação ruminal versus adaptação .....	9
2.6. Problemas metabólicos gerados por dietas de alto concentrado .....	10
3. Referências.....	13
CAPÍTULO 2 – Effects of high concentrations of crude glycerin in diets for feedlot lambs: feeding behaviour, growth performance, carcass and non-carcass traits.....	23
ABSTRACT .....	23
Introduction.....	24
Materials and methods .....	25
Animals, diets and experimental design .....	25
Feed intake and growth performance .....	26
Chemical analyses .....	27
Slaughter, carcass evaluation, and sample collection .....	27
Meat pH and colour .....	28
Feeding behaviour.....	28
Statistical analyses .....	29
Results .....	29
Feed intake and growth performance .....	29
Feeding behaviour.....	30

Carcass and meat traits .....	32
Edible non-carcass components and total usable products .....	33
Discussion .....	34
Feed intake and growth performance .....	34
Feeding behaviour .....	35
Carcass and meat traits .....	35
Edible non-carcass components and total usable products .....	37
Conclusions .....	37
Acknowledgements .....	38
References .....	38
CAPÍTULO 3 – Performance, rumen and liver variables of lambs fed with high inclusions of crude glycerin in adaptation and finishing period of feedlot .....	44
ABSTRACT .....	44
1. Introduction .....	45
2. Materials and methods .....	46
2.1. Animals, diets and feeding procedure .....	46
2.2. Slaughter, sample collection, rumenitis and liver abscess .....	50
2.3. Rumen papillae evaluations .....	50
2.4. Chemical analyses .....	51
2.5. Statistical analysis .....	51
3. Results .....	52
3.1. Animal Performance .....	52
3.2. Stomach compartments, rumenitis score and liver abscess incidence .....	55
3.3. Rumen papillae measurements .....	58
4. Discussion .....	59
4.1. Animal performance .....	59
4.2. Stomach compartments and rumen papillae measurements .....	61
5. Conclusions .....	63
Conflict of interest .....	64
Acknowledgment .....	64
References .....	64

CAPÍTULO 4 – Effects of partial or total replacement of corn cracked grain with high concentrations of crude glycerin on rumen metabolism of crossbred sheep .....	71
ABSTRACT .....	71
1. Introduction.....	72
2. Materials and methods .....	73
2.1. Animals, diets and experimental design .....	73
2.2. Dry matter intake, rumen pH, ammonia nitrogen, and VFA profiles .....	75
2.3. Gas measurements .....	76
2.4. <i>In situ</i> ruminal degradability .....	77
2.5. <i>In vitro</i> total tract digestibility .....	78
2.6. Statistical analysis .....	78
3. Results .....	79
3.1. Dry matter intake, rumen pH, ammonia nitrogen, and VFA profiles .....	79
3.2. Gas measurements .....	80
3.3. <i>In situ</i> ruminal degradability .....	81
3.4. <i>In vitro</i> total tract digestibility .....	83
4. Discussion .....	84
4.1. Dry matter intake, rumen pH, ammonia nitrogen, and VFA profiles .....	84
4.2. Gas measurements .....	85
4.3. <i>In situ</i> ruminal degradability .....	86
4.4. <i>In vitro</i> total tract digestibility .....	87
5. Conclusions.....	88
Conflicts of interest.....	88
Acknowledgment .....	88
References .....	88
CAPÍTULO 5 – Implicações.....	94

## CERTIFICADO DA COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

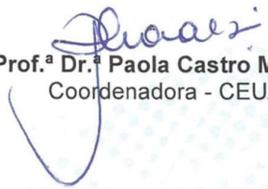


### CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

#### CERTIFICADO

Certificamos que o Protocolo nº 06329/14 do trabalho de pesquisa intitulado "**Cinética do glicerol em ovinos**", sob a responsabilidade da Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Jane Maria Bertocco Ezequiel está de acordo com os Princípios Éticos na Experimentação Animal adotado pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA) e foi aprovado "Ad-referendum" pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), em 10 de abril de 2014.

Jaboticabal, 10 de abril de 2014.



**Prof.ª Dr.ª Paola Castro Moraes**  
Coordenadora - CEUA

## GLICERINA BRUTA NA ADAPTAÇÃO E DESEMPENHO DE OVINOS CONFINADOS

**RESUMO** - A glicerina bruta tem sido utilizada como ingrediente energético na alimentação dos ruminantes, e devido a sua baixa capacidade de acidificação do ambiente ruminal, a partir de produtos da sua fermentação, pode ser utilizada para evitar distúrbios metabólicos decorrentes de sistemas de confinamento com alto concentrado. Neste sentido, experimentos foram conduzidos com o objetivo de avaliar a inclusão crescente de glicerina bruta (83% de glicerol) em substituição total ou parcial ao milho das dietas para ovinos em confinamento. No experimento 1, foram distribuídos aleatoriamente em baias individuais cinquenta e cinco cordeiros mestiços de 3 meses de idade (Santa Inês × Dorper,  $21,7 \pm 2,7$  kg de peso corporal), dispostos em um delineamento de blocos ao acaso. Foram utilizadas quatro dietas experimentais contendo 0, 10, 20 ou 30% MS de glicerina bruta. Para as avaliações, três animais foram abatidos no final do período de pré-adaptação (d0), doze no final do período de adaptação (d14) e o restante ( $n = 40$ ) quando atingiram  $\sim 35$  kg PC. Foram avaliados o comportamento alimentar, o desempenho em confinamento, as características de carcaça e carne, os componentes comestíveis da não-carcaça e os compartimentos do estômago e fígado dos animais. Independentemente da inclusão de glicerina bruta, foram observadas diferenças significativas entre os períodos do confinamento para as variáveis peso inicial e final, GMPD e CMS. A inclusão de mais de 10% de glicerina bruta nas dietas aumentou os dias de confinamento e diminuiu o CMS e o GMPD dos animais. A inclusão também aumentou o número de mastigações e o tempo gasto mastigando por bolo de alimentação. Não houve efeitos da inclusão de glicerina bruta sobre o pH e a cor do músculo *Longissimus* a 45 min ou 24 h após o abate, bem como sobre as outras características de carcaça e componentes comestíveis não-carcaça. A inclusão de glicerina bruta reduziu a gordura perirrenal, porém sem efeito prejudicial em outros locais de deposição de gordura. Todos os compartimentos do estômago, número de papilas do rúmen e índice mitótico foram maiores para o período final do confinamento. Os tratamentos com glicerina bruta apresentaram maiores pesos de rúmen quando comparados ao tratamento controle no período final do confinamento. No segundo experimento, oito carneiros Santa Inês × Dorper ( $64,5 \pm 8,5$  kg de PC) portadores de cânulas ruminais foram distribuídos em um quadrado latino duplo  $4 \times 4$ . Foram avaliados os parâmetros ruminais dos animais, tais como o pH, concentrações de N-NH<sub>3</sub>, AGCC e degradabilidade *in situ* das dietas, bem como a produção *in vitro* de gases de efeito estufa e digestibilidade *in vitro* das dietas. As dietas experimentais continham 0, 10, 20 ou 30% de glicerina bruta. A inclusão de glicerina bruta nas dietas tendeu a promover um efeito quadrático no CMS, com maiores valores observados para tratamentos com 10 e 20% de glicerina bruta. A glicerina bruta tendeu a aumentar o pH ruminal e o N-NH<sub>3</sub>, mas reduziu linearmente a concentração molar total de AGCC, acético, butírico, isobutírico e isovalérico. A inclusão de glicerina bruta nas dietas diminuiu linearmente a produção total de gases e CO<sub>2</sub> (mL/g degradada) e tendeu a reduzir a produção de CH<sub>4</sub> (mL/g degradada). Um aumento linear da fração solúvel em água ("a") das dietas foi observado com a inclusão crescente de glicerina bruta. A fração insolúvel e potencialmente

degradável ("b") de MS e FDN das dietas foi linearmente reduzida e aumentada, respectivamente. A degradação potencial e efetiva das dietas foi linearmente aumentada com a crescente inclusão do coproduto. Os tratamentos aumentaram linearmente a digestibilidade *in vitro* da MS e reduziram linearmente a digestibilidade da FDN das dietas. Em conclusão, a inclusão crescente de até 30% de glicerina bruta em dietas para cordeiros mestiços não comprometeu a eficiência alimentar, os compartimentos do estômago e as medidas das papilas do rúmen em ambos os períodos do confinamento. No entanto, a inclusão de 10% de glicerina bruta parece ser a estratégia mais interessante para o período de acabamento, promovendo o maior desempenho animal. A substituição de grãos de milho por glicerina bruta (até 30% MS) altera os parâmetros de fermentação do rúmen, diminui a produção AGCC, e a produção *in vitro* de gás total e CH<sub>4</sub>. Além disso, a degradação potencial e efetiva, bem como a digestibilidade *in vitro* das dietas foram melhoradas com a inclusão de glicerina bruta. Como nenhuma manifestação clínica resultante de acidose ruminal (como abscesso hepático, ruminite e lesões na mucosa ruminal) foi observada, concluímos que todas as dietas foram eficazes na adaptação dos animais.

**Palavras-chave:** cordeiros, desempenho, glicerina bruta, metabolismo, papilas ruminais, ovinos

## ADAPTATION AND PERFORMANCE OF FEEDLOT LAMBS FED CRUDE GLYCERIN

**ABSTRACT** - Crude glycerin has been used as a source of energy in ruminant diets, however, due to low capacity ruminal acidifying from products of their fermentation, it can be used to prevent ruminal metabolic problems. Two trials were conducted to evaluate the effects of crude glycerin (83% of glycerol) in diets of feedlot as ingredient able to reduce nutritional metabolic disorders in total or partial replacement of corn. In experiment 1, fifty-five 3-month-old crossbred lambs (Santa Inês × Dorper,  $21.7 \pm 2.7$  kg bodyweight) were randomly allocated in individual pens indoors, assigned to a complete randomized block design and fed with four experimental diets, containing 0, 10, 20 or 30% crude glycerin. Three animals were slaughtered at the end of the pre-adaptation period (d0), twelve at the end of the adaptation period (d14), and the remaining (n= 40) when they reached ~35 kg BW. The feed intake, feeding behaviour, growth performance, carcass and meat traits, edible non-carcass components, stomach compartments and liver were evaluated. Regardless of the inclusion of crude glycerin, significant differences among feedlot periods were observed for the initial and final BW, shrunk final BW, ADG and DMI. The inclusion of more than 10% of crude glycerin in the diets increased days on feed and decreased DM intake and average daily gain. Crude glycerin increased number of chews and the time spent chewing per feed bolus. There were no effects of crude glycerin on pH and colour of *Longissimus* muscle at 45 min or 24 h after slaughter, as well as on other carcass and edible non-carcass characteristics. The addition of crude glycerin reduced perirenal fat without detrimental effect on others fat deposition sites. All stomach compartments, number of rumen papillae and mitotic index were higher for the finishing period. Crude glycerin treatments showed greater rumen weights when compared to control treatment in the finishing period. In the second trial, eight ruminally-cannulated male Santa Inês × Dorper sheep ( $64.5 \pm 8.5$  kg bodyweight) were distributed in a replicated 4 × 4 Latin square design. The ruminal parameters, such as pH, NH<sub>3</sub>-N and volatile fatty acids concentrations, *in situ* degradability, as well as *in vitro* greenhouse gas production and *in vitro* digestibility were evaluated. The experimental diets contained 0, 10, 20 or 30% of crude glycerin. The inclusion of crude glycerin in the diets tended to promote a quadratic effect in DMI, with greater values observed for treatments with 10 and 20% of crude glycerin. Crude glycerin tended to increase the ruminal pH and NH<sub>3</sub>-N, but linearly reduced the total molar concentration of VFA, acetic, butyric, isobutyric and isovaleric acids. The inclusion of crude glycerin in the diets linearly decreased the *in vitro* total gas and CO<sub>2</sub> production (mL/g degraded) and tended to reduce CH<sub>4</sub> (mL/g degraded). A linear increase of soluble fraction in water (“a”) of the diets were observed with the increasing inclusion of crude glycerin. The insoluble but potentially degradable fraction (“b”) of DM and NDF of the diets were linearly decreased and increased, respectively. The potential and effective ruminal degradation of the diets were markedly and linearly increased with the increasing inclusion of the by-product. Treatments linearly increased *in vitro* DM digestibility of diets and linearly reduced NDF digestibility. In conclusion, the increasing inclusion of up to 30% of crude glycerin in diets for crossbred lambs did not compromise the feed efficiency, stomach compartments and rumen papillae measurements in both periods of the feedlot.

However, the inclusion of 10% of crude glycerin seems to be the most interesting strategy for the finishing period, promoting the greatest animal performance. The replacement of corn cracked grain by crude glycerin (up to 30% DM) changes rumen fermentation parameters, decreasing VFA production, *in vitro* total gas production and CH<sub>4</sub>. Additionally, the potential and effective degradation as well as *in vitro* DM digestibility of diets are improved while fiber digestibility is impaired. As no clinical manifestations resulted from ruminal acidosis (such as liver abscess, ruminitis, and lesions in the ruminal mucosa) were observed, we concluded that all diets were effective in the animals' adaptation.

**Keywords:** glycerin, lambs, metabolism, performance, ruminal papillae, sheep

## LISTA DE TABELAS

Página

### CAPÍTULO 2

Table 1. Composition of experimental diets .....	26
Table 2. Effects of crude glycerin intake on performance of feedlot lambs .....	30
Table 3. Effects of crude glycerin intake on feeding behaviour of feedlot lambs .....	31
Table 4. Effects of crude glycerin intake on carcass and meat traits of feedlot lambs .....	32
Table 5. Effects of crude glycerin intake on edible non-carcass components and total usable products of feedlot lambs .....	33

### CAPÍTULO 3

Table 1. Ingredients and chemical composition of experimental diets.....	48
Table 2. Ingredients and chemical composition of experimental diets.....	49
Table 3. Effects of crude glycerin on intake and performance of feedlot lambs. ....	53
Table 4. Effects of crude glycerin on relative size of stomach compartments, ruminitis score and liver abscess incidence of feedlot lambs. ....	56
Table 5. Effects of crude glycerin on papillae measurements of feedlot lambs. ....	58

### CAPÍTULO 4

Table 1. Ingredient and chemical composition of experimental diets. ....	74
Table 2. Dry matter intake and rumen parameters of sheep fed increasing concentrations of crude glycerin.....	80
Table 3. Gas production and quality of in vitro cultures containing increasing concentrations of crude glycerin.....	81
Table 4. In situ degradation parameters of DM and NDF of diets containing increasing concentrations of crude glycerin in sheep. ....	82

## LISTA DE FIGURAS

Página

### CAPÍTULO 3

Figure 1. Interaction of TR × PR (Finishing period, P = 0.0260, SEM = 0.0288) for dry matter intake (DMI) of feedlot lambs fed increasing concentrations of crude glycerin. Contrast: P linear = 0.0025, P quadratic = 0.0432.....	54
Figure 2. Interaction of TR × PR (Finishing period, P = 0.0060, SEM = 0.0072) for average daily gain (ADG) of feedlot lambs fed increasing concentrations of crude glycerin. Contrast: P linear = 0.0034, P quadratic = 0.0696. ....	54
Figure 3. Interaction of TR × PR (Finishing period, P = 0.0054, SEM = 0.0152) for Rumen weight (RUM) of feedlot lambs fed crude glycerin. Contrast: G0 × Gly, P = 0.0110. ....	57
Figure 4. Interaction of TR × PR (Finishing period, P = 0.0399, SEM = 0.0021) for omasum weight (OMA) of feedlot lambs fed crude glycerin. Contrast: P quadratic = 0.0658. ....	57
Figure 5. Relationship between dry matter intake (DMI) and average daily gain (ADG) from feedlot lambs fed with crude glycerin during the total experimental period. Linear regression equations: G0, ADG (kg/day) = 0.2836 × DMI (kg/day) - 0.0317, R <sup>2</sup> = 0.9665; .....	60

### CAPÍTULO 4

Figure 1. In vitro total tract digestibility of experimental diets in sheep fed increasing concentrations of crude glycerin. In vitro dry matter digestibility (IVDMD), SE = 0.5, P <sub>linear</sub> = 0.01, P <sub>0 × G</sub> = 0.007; In vitro organic matter digestibility (IVOMD), SE = 1.2; In vitro crude protein digestibility (IVCPD), SE = 3.2; In vitro neutral detergent fiber digestibility (IVNDFD), SE = 3.8, P <sub>linear</sub> = 0.008, P <sub>0 × G</sub> = 0.006; G0 = Diet without crude glycerin, G10 = Diet with 10% crude glycerin, G20 = Diet with 20% crude glycerin, G30 = Diet with 30% crude glycerin. ....	83
---	----

## **CAPÍTULO 1 – Considerações gerais**

### **1. Introdução**

Os ruminantes possuem como característica adaptativa principal o aproveitamento de carboidratos (CHO) fibrosos das dietas. Os CHO quando ingeridos sofrem hidrólise por enzimas e são convertidos, por fermentação microbiana ruminal, em ácidos graxos de cadeia curta (AGCC). A absorção epitelial dos AGCC, quando eficiente, contribui em pelo menos 65 – 75% do fornecimento total de energia metabolizável (BERGMAN, 1990; KOZLOSKI, 2016).

Contrariando essa peculiaridade dos ruminantes, a fim de atender à crescente demanda do mercado da carne, práticas alimentares como a utilização de dietas altamente fermentáveis (baixo teor de fibra) em sistemas intensivos vêm sendo utilizadas para alcançar altos níveis de produção em menor escala de tempo. Essas dietas exigem menores custos operacionais, menor área para produção e armazenamento, além de serem mais eficientes biologicamente (BARIONI et al., 2017). Segundo Burgi (1996), na década de 90 nutricionistas utilizavam de 50 a 80% de ingredientes volumosos na matéria seca (MS) total das dietas, e atualmente, 81,8% dos técnicos recomendam e utilizam entre 71 a 90% de ingredientes concentrados, sendo em sua maioria os grãos de milho (OLIVEIRA; MILLEN, 2014).

Contudo, as dietas de alto concentrado possuem alto poder de fermentação no rúmen e tendem a aumentar a taxa de produção de AGCC, reduzindo o pH do meio. Este fato pode afetar negativamente a fermentação microbiana, a função do epitélio ruminal, e conseqüentemente, a saúde e produtividade do animal (GÄBEL; ASCHENBACH; MÜLLER, 2002; NOCEK, 1997). A redução no pH ruminal quando muito drástica resulta em um estado agudo de acidose no rúmen com sinais clínicos evidentes, tais como diarreia, timpanismo, abscessos hepáticos, laminite, ruminite e lesões na mucosa ruminal (NOCEK, 1997; OWENS et al., 1998). Os estados menos graves (acidose ruminal subaguda) são muitas vezes difíceis de detectar, porém são altamente prevalentes em sistemas de produção intensiva (KRAUSE; OETZEL, 2006) e têm conseqüências econômicas associadas à diminuição da ingestão de MS e menor desempenho dos animais (STONE, 2004).

A acidose ruminal é intensificada pela fermentação diferenciada dos CHO não estruturais via rota do acrilato ao invés da via do succinato, gerando em maior escala o ácido láctico, o qual possui maior poder de acidificação do meio quando comparado aos outros AGCC (KOZLOSKI, 2016; OWENS; BASALAN, 2016). Segundo Penner et al. (2009), o equilíbrio entre a produção e remoção de ácido pelo rúmen se dá por absorção, neutralização e passagem. Portanto, proporcionar tempo suficiente para a adaptação do epitélio ruminal e dos microrganismos à dieta tem sido recomendado como uma estratégia para reduzir o risco a acidose. De acordo com Schwartzkopf-Geinswein et al., (2003), são necessários de 10 a 14 dias para que o animal se recupere das mudanças metabólicas ocorridas após uma rápida e extensa fermentação ocasionadas por dietas de alto concentrado.

O período de adaptação à dieta é o momento de preparo do ambiente ruminal para o recebimento de grande quantidade de CHO altamente fermentáveis, sendo considerado um momento crítico, pois práticas realizadas neste período podem influenciar positiva ou negativamente o desempenho final dos animais, em que períodos longos podem aumentar o custo do ganho de peso, e períodos curtos podem não proporcionar adaptação necessária. Neste sentido, recomenda-se pelo menos um período de 14 dias de adaptação às dietas, utilizando o sistema de escadas com aumento gradual no teor de concentrado (PARRA, 2011; BARDUCCI et al., 2012; WATANABE et al., 2015).

A utilização de ingredientes que favoreçam a fermentação ruminal, a fim de alterar a fermentação pela rota do ácido láctico, evitando a acidose ruminal, também se torna uma prática interessante quando se trata de pecuária intensiva. A glicerina bruta é um ingrediente promissor, e sua inclusão em substituição a ingredientes energéticos convencionais, como o milho grão, poderia promover benefícios a adaptação dos animais e à redução da acidose em confinamento, principalmente por ser rapidamente absorvida pelas papilas ruminais e/ou ser fermentada a ácido propiônico e butírico por via alternativa (via do succinato), não gerando o ácido láctico, podendo assim beneficiar o desenvolvimento do rúmen melhorando a eficiência alimentar dos animais (KREHBIEL, 2008; ABUGHAZALEH; ABO EL-NOR; IBRAHIM, 2011; OMAZIC et al., 2015).

No entanto, a inclusão adequada de glicerina bruta no período de adaptação e a sua conseqüente continuação no período de terminação do confinamento ainda são desconhecidos. Neste sentido, experimentos de desempenho e metabolismo foram conduzidos com o objetivo de avaliar a inclusão crescente de glicerina bruta (até 30% MS) em dietas para ovinos em confinamento como ingrediente capaz de minimizar distúrbios metabólicos nutricionais em substituição total ou parcial ao milho das dietas.

## **2. Revisão de Literatura**

### **2.1. Glicerina, coproduto da produção do biodiesel**

A glicerina, também conhecida como glicerol ou 1, 2, 3 propanotriol, é o principal coproduto da produção do biodiesel. Aproximadamente 10% do volume da matéria prima (óleo ou gordura) adicionada inicialmente ao processo produtivo são convertidos em glicerina (DASARI et al., 2005).

A glicerina é um produto viscoso, resultante, entre outros, do processo de transformação de um triglicerídeo em ésteres de ácidos graxos (biodiesel) a partir de uma reação de transesterificação, na presença de um catalisador (ácido, básico ou enzimático) e de um álcool de cadeia curta, podendo ser metanol ou etanol (CORDEIRO et al., 2011).

A composição da glicerina pode variar conforme o tipo de processamento e em relação ao seu teor de glicerol e impurezas (metanol, sais, sabões e ácidos graxos). Segundo Hippen, Defrain e Linke (2008), a glicerina pode ser classificada em três diferentes graus de pureza: Baixa pureza - obtida logo após a separação do biodiesel, a qual contém baixos teores de glicerol (400 a 700 g/kg de glicerina) e elevados níveis de catalisadores, álcool, água, ácidos graxos e sabões; Média pureza - é a glicerina bruta após sofrer tratamento ácido, seguido de remoção dos ácidos graxos e sabões, possui normalmente 750 a 900 g de glicerol/kg de glicerina, sendo o restante formado por água, sais e metanol, e Alta pureza - após sofrer bi destilação a vácuo e tratamento com absorventes, contendo mais de 990g de glicerol/kg de glicerina.

Com os incentivos governamentais concedidos a cadeia do biodiesel, houve um enorme crescimento na produção deste biocombustível, o que, por sua vez, também aumentou a disponibilidade de seus coprodutos, tais como os farelos e principalmente a glicerina bruta (PELLEGRIN et al., 2012). Esse grande excedente muitas vezes ficava estocado nas indústrias ou era descartado de forma incorreta na natureza. Uma das alternativas para evitar essa destinação incorreta da glicerina é a sua utilização, na forma bruta (média pureza), na alimentação animal.

A glicerina bruta já foi estudada como ingrediente energético na alimentação de animais nos anos 1950 e 1960 (JOHNS, 1953; GARTON; LOUGH; VIOQUE, 1961). Contudo, devido ao aumento na disponibilidade e ao custo relativamente baixo, tornou-se novamente o foco dos estudos como fonte energética alternativa em dietas para ruminantes (DONKIN et al., 2009; EZEQUIEL et al., 2015; VAN CLEEF et al., 2015; FÁVARO et al., 2016; ALMEIDA et al., 2017).

## **2.2. Utilização da glicerina na alimentação animal**

No Brasil, a utilização de glicerina bruta na nutrição animal foi aprovada pela Instrução Normativa N° 42 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), de 16 de dezembro de 2010, em que os parâmetros mínimos para uso são: teor mínimo de 800 g de glicerol/kg, menos de 150 ppm de metanol/kg e máximo de 120 g de umidade/kg.

A glicerina apresenta características energéticas semelhantes ao grão de milho e a comumente utilizada na alimentação animal é a de média pureza, apresentando em média 810 g de glicerol, 45 g de cinzas, 0,3 g de metanol, 0,1 g de proteína bruta, 3 g de extrato etéreo, 120 g de umidade, 10 g de sódio, 80 mg de potássio, 35 mg de cálcio, 16 mg de magnésio, 240 mg de fósforo e 3656 cal de energia bruta por kg de produto (TECPAR, 2010; FUNDAÇÃO-ABC, 2010; LANA, 2010).

Durante a última década grandes avanços foram alcançados com a utilização de glicerina bruta. Seu uso já é comprovado para animais não ruminantes (SIMON; BERGNER; SCHWABE, 1996; CERRATE et al., 2006; GROESBECK et al., 2008; LAMMERS et al., 2008) e ruminantes (CARVALHO et al., 2015; EZEQUIEL et al.,

2015; VAN CLEEF et al., 2015; FAVARO et al., 2016; PASCHOALOTO et al., 2016; SCARPINO-VAN CLEEF et al., 2016), com resultados promissores.

Especificamente em ovinos, estudos recentes demonstraram que inclusões de 15 e 20 % de glicerina bruta com altas concentrações de glicerol (mais de 780 g/kg de glicerina) podem ser utilizadas sem efeito prejudicial sobre a ingestão, desempenho e características de carcaça dos animais (GUNN et al., 2010a, GUNN et al., 2010b; GOMES et al. 2011; REGO et al., 2015). No entanto, quando a glicerina bruta apresentou baixo teor de glicerol (menos de 400 g/kg) e altos teores de impurezas (isto é, metanol, NaCl), mesmo quando em baixas inclusões (120 g/kg de DM) reduziu o desempenho dos animais em confinamento (LAGE et al. 2010), provavelmente devido ao baixo aproveitamento do glicerol e efeito tóxico do metanol. Neste sentido, para evitar o confundimento e interpretações equivocadas, se torna imprescindível o conhecimento da origem e composição nutricional da glicerina bruta a ser utilizada.

### **2.3. Fermentação ruminal e metabolismo da glicerina**

O ingrediente glicerina, na alimentação de ruminantes, é classificado como uma fonte energética de grande assimilação pela microbiota ruminal e com ampla metabolização no fígado (ABO EL-NOR et al., 2010).

Segundo Krehbiel (2008), os possíveis destinos da glicerina em ruminantes são: passagem direta (13%), fermentação ruminal (44%) e absorção direta (43%). De acordo com Johns (1953), após duas horas de incubação ruminal menos de 80% da quantidade inicial da glicerina é encontrada no fluido ruminal, e após quatro horas cerca de 50% desaparece, e o desaparecimento total ocorre após 24 horas.

No rúmen, a glicerina é rapidamente utilizada pelos microrganismos para formação de AGCC, e em um prazo de 4 a 6 horas desaparece quase que totalmente (FERRARO et al., 2009; MACH et al., 2009; ABO EL-NOR et al., 2010, ABUGHAZALEH et al., 2011). Com a fermentação ruminal da glicerina bruta observa-se uma alteração na produção de AGCC em favor do ácido propiônico (DONKIN, 2008; VAN CLEEF et al., 2015). No entanto, também pode ocorrer aumento nas concentrações de ácido butírico e valérico (ABUGHAZALEH et al.,

2011; SAN VITO et al., 2016), e, quando em altas inclusões (45% MS), podem reduzir a concentração de acetato, pela redução nas populações das bactérias fermentadoras de CHO estruturais, como a *Butyrivibrio fibrisovens* e *Selenomonas ruminantium* (ABUGHAZALEH et al., 2011).

Segundo Valadares Filho e Pina (2006), o ácido propiônico formado pela fermentação microbiana da glicerina bruta pode ser absorvido pelo epitélio ruminal de forma passiva, ou seja, sem gasto de energia e ser transportado via porta para o fígado, sendo a rota metabólica usual o ciclo de Krebs, onde o Succinil-CoA, após reações bioquímicas origina o oxaloacetato que pode ser utilizado para formar glicose pela via gliconeogênica.

A absorção direta do glicerol, que escapa do metabolismo microbiano, através do epitélio do rúmen acontece de forma passiva e precisa passar pelas proteínas integrais de membrana. Essas proteínas são classificadas em dois grandes subgrupos funcionais: aquaporinas (altamente específicas para conduzir água) e aquagliceroporinas (especializadas no transporte de glicerol, FROGER et al., 2001). As aquagliceroporinas AQP3, AQP7 e AQP9 são descritas como uma classe de canais de água permeáveis ao glicerol. A AQP3 é encontrada nas células epidermais, nos olhos, rins, estômago, baço e eritrócito (FROGER et al., 2001; MACDOUGALD; BURANT, 2005) e age como um canal de glicerol, mantendo a hidratação, a elasticidade e funcionamento dos órgãos. A AQP7 é encontrada em abundância no tecido adiposo e atua como um canal de glicerol para os adipócitos (HIBUSE et al., 2005). A AQP9 é específica do fígado e funciona como porta de entrada no hepatócito, regulando a entrada do glicerol na célula para ser utilizada como substrato gliconeogênico durante o jejum (FROGER et al., 2001).

O glicerol então absorvido é transportado via porta para ser metabolizado no fígado, onde com ação da enzima glicerol-quinase ocorre fosforilação do glicerol + ATP a glicerol-3-fosfato + ADP ao nível de triose fosfato (LEHNINGER, 2006), sendo então destinados a formação de triacilgliceróis, fosfolipídios ou glicose, em conjunto com ácidos graxos livres (NELSON; LEHNINGER; COX, 2008; MOTTA, 2009), podendo entrar na via da gliconeogênese, ou ser oxidado para a produção de energia via glicólise (BRISSEON et al., 2001). A fosforilação do glicerol é um passo inicial na síntese de glicose, triglicerídeos ou oxidação completa a CO<sub>2</sub>. A glicerol-

quinase é encontrada no fígado e nos rins, mas também no cérebro, adipócitos e músculos esquelético e cardíaco (RAHIB et al., 2009). Entretanto, a remoção hepática do glicerol presente na veia porta pode ser baixa. Segundo Krehbiel (2008), há relatos de aumento na concentração plasmática de glicerol em resposta a infusão do composto no rúmen sem ser observado aumento simultâneo na concentração de glicose plasmática.

A maioria do glicerol no organismo é encontrada na forma de triglicerídeos no tecido adiposo e é liberado para a corrente sanguínea por lipases durante a lipólise, e é normalmente assumido como sendo um substrato gliconeogênico em animais ruminantes. Krehbiel (2008) e Lage et al. (2010), relataram que a melhora na conversão alimentar obtida com a inclusão de glicerina na dieta, provavelmente é devida a melhora no status metabólico dos animais, proporcionado pelo maior aporte energético de origem gliconeogênica suprido pelo glicerol absorvido no rúmen ou intestino grosso, ou mesmo pela fermentação ruminal do glicerol a propionato.

#### **2.4. Fermentação ruminal a ácido propiônico**

O ácido propiônico é o ácido graxo volátil de cadeia curta que mais contribui para a síntese de glicose no ruminante, sendo de fundamental importância, servindo como fonte de energia para o animal (SWENSON; REECE, 1996).

O principal precursor de ácido propiônico no rúmen são os CHO não estruturais, em especial o amido. Após ingerido, os produtos da degradação dos CHO (polissacarídeos, oligossacarídeos, dissacarídeos ou monossacarídeos) são absorvidos pelas bactérias ruminais e utilizados para a produção de proteína microbiana e/ou AGCC (KOZLOSKI, 2016). Muitas espécies de bactérias são fermentadoras de amido e são classificadas como amilolíticas, sendo as principais espécies as *Bacteroides amylophilus*, *Butyrivibrio fibrisolvens*, *Bacteroides ruminicola*, *Selenomona lactylitica*, *Streptococcus bovis*, *Prevotella ruminicola*, *Eubacterium ruminantium*, *Ruminobacter amylophilus*, *Ruminococcus bromii*, *Succinimonas amylolytica* e *Lactobacillus sp.* (CHURCH, 1979; KOTARSKI et al., 1992).

O piruvato é o intermediário comum do catabolismo dos CHO pelas bactérias ruminais. A partir do piruvato, no entanto, várias rotas diferentes podem ser utilizadas até a formação de AGCC. A ramificação das rotas metabólicas no processo fermentativo ruminal permite maior flexibilidade e maior capacidade de adaptação das bactérias às variações do ambiente ruminal.

A fermentação do amido pode ser realizada por duas rotas, pela via do acrilato ou succinato. O que vai influenciar a rota é o próprio ambiente ruminal, sendo o pH o grande responsável. Geralmente, a fermentação se dá pela via do acrilato, onde 5% dos ácidos produzidos são ácido láctico. Esta via é utilizada por algumas bactérias por não produzir ATP e também por algumas bactérias não conseguirem descarboxilar o succinato, reduzindo assim o lactato (VAN SOEST, 1994, KOZLOSKI, 2016).

O alto consumo de amido pelo animal pode gerar acúmulo de ácido propiônico no rúmen, gerando quedas bruscas no pH ruminal pelo excesso de fermentação. Com essa redução, há também o acúmulo de glicose no líquido ruminal. A presença de glicose e o baixo pH podem favorecer o crescimento de *Streptococcus bovis* e *Lactobacillus sp.*, os quais promovem a conversão de glicose/piruvato em ácido láctico, o que afeta negativamente o pH ruminal. O ácido láctico pode ser absorvido e convertido à glicose no fígado. Porém, a sua absorção é mais lenta que a dos outros AGCC, sendo então acumulado no rúmen, e como o ácido láctico tem maior constante de dissociação, cerca de 10 vezes mais que os AGCC, ele é considerado um ácido mais forte e tem maior influência negativa sobre o pH ruminal, gerando assim um quadro de acidose láctica ruminal (KOZLOSKI, 2016).

A taxa de absorção dos ácidos depende de alguns fatores, como a sua concentração no rúmen, poder tamponante (pKa) e o tamanho da molécula (HOOVER; MILLER, 1991). A absorção de ácidos ionizados é benéfica à manutenção do pH ruminal, pois libera para o meio bicarbonato, contudo, quando o pH ruminal encontra-se em declínio e se aproxima do pKa dos ácidos, ocorre a maior absorção dos ácidos na forma não ionizada, reduzindo o pH ruminal devido ao não tamponamento do conteúdo ruminal (BERGMAN, 1990; ENEMARK; JORGENSEN; ENEMARK, 2002)

## 2.5. Fermentação ruminal *versus* adaptação

Na maioria das vezes, todos os animais que chegam ao confinamento são oriundos de pastagens e muitas vezes nunca receberam alimentos concentrados. Esses animais passam por várias mudanças fisiológicas à medida que são ambientados ao sistema, necessitando assim de um período para se adaptar ao manejo de trato, estrutura social na baia e adaptação aos novos alimentos.

O período de adaptação à nova dieta é o momento de preparo do ambiente ruminal para o recebimento de grande quantidade de CHO não estruturais, como o amido por exemplo. Este período é considerado crítico e merece atenção especial, pois as práticas realizadas neste período podem influenciar positiva ou negativamente o desempenho final dos animais, em que períodos longos podem aumentar o custo do ganho de peso, e períodos curtos podem não proporcionar adaptação necessária. Neste sentido, recomenda-se pelo menos um período de 14 dias de adaptação às dietas, utilizando o sistema de escadas com aumento gradual no teor de concentrado (PARRA, 2011; BARDUCCI et al., 2012; WATANABE et al., 2015). De acordo com Schwartzkopf-Geinswein et al., (2003), são necessários de 10 a 14 dias para que o animal se recupere das mudanças metabólicas ocorridas após uma rápida e extensa fermentação ocasionada por dietas de alto concentrado.

As dietas de confinamento muitas vezes são altamente fermentáveis no rúmen e tendem a aumentar a taxa de produção de AGCC, fato este que pode reduzir drasticamente o pH ruminal. Neste sentido, realizar adaptação adequada é imprescindível para minimizar o risco de acidose metabólica (PENNER et al., 2007), a qual pode causar lesões no epitélio ruminal diminuindo sua motilidade e capacidade absorptiva (DILorenzo et al., 2008), bem como os distúrbios associados a ela, como os abscessos hepáticos (NAGARAJA e LECHTENBERG, 2007) e laminite (NOCEK, 1997).

O perfil de AGCC produzido durante a fermentação altera a morfologia do epitélio ruminal e pode gerar papilas metabolicamente ativas ou inativas (GÁLFI, GABEL e MARTENS, 1993; PAULINO et al., 2010). O epitélio ruminal exerce funções de absorção, metabolismo e proteção (SAKATA; TAMATE, 1979; GÁLFI;

NEOGRADI; SAKATA, 1991), e as papilas têm papel importante na absorção e remoção dos AGCC do rúmen, e são projeções da mucosa para o lúmen do rúmen podendo ter diferentes tamanhos e formatos (HENRIKSON, 1970). As papilas são responsáveis pelo aumento da área absorptiva e tem seu desenvolvimento estimulado pelos AGCC (BANKS, 1991). Segundo Costa et al. (2008), o ácido butírico, propiônico e láctico são os principais responsáveis pela proliferação celular da camada basal do epitélio ruminal, e o propiônico responsável pelo crescimento de papilas metabolicamente ativas.

De acordo com Jones, Hunt e King (2000), com a proliferação celular do epitélio ruminal há aumento na velocidade de absorção dos AGCC e assim maior estabilização do pH ruminal. Porém, quando a proliferação for proporcionalmente maior que a descamação, haverá aumento no número de camadas de células no epitélio, gerando hiperplasia das células. A paraqueratose ruminal é prevalente em sistemas de confinamento com alto concentrado, e é resultante da indução da alta taxa de proliferação e migração celular sem tempo suficiente para completa diferenciação celular (TAMATE e KIKUCHI, 1978; GOODLAD, 1981). Quando a hiperplasia do epitélio é caracterizada por aumento na espessura da camada córnea ocorre a hiperqueratose ruminal, também devido a elevada capacidade de absorção de AGCC no epitélio (JENSEN et al., 1954).

## **2.6. Problemas metabólicos gerados por dietas de alto concentrado**

A acidose é um problema comum em sistemas intensivos de produção animal. De acordo com Oliveira e Millen (2014), a acidose é um dos principais problemas de saúde encontrado nos confinamentos do Brasil (34,4% dos problemas), ficando atrás somente dos problemas respiratórios (40,6%). Segundo Stock, Klopfenstein e Shain (1983), animais que recebem dietas com alto concentrado são expostos à acidose ruminal pelo menos uma vez durante o confinamento, isto porque estas dietas fornecem substratos para todas as bactérias ruminais, inclusive para as oportunistas como a *Streptococcus bovis* e *Lactobacillus* sp. (RUSSELL e HINO 1985). Estas bactérias produzem ácido láctico, que é um ácido forte (pKa: 3,86) com alto poder de acidificação ruminal, sendo o principal

responsável pela acidose ruminal em confinamentos, enquanto que o propionato e butirato são considerados ácidos fracos pois possuem pKa mais alto, 4,87 e 4,82, respectivamente (DUNLOP, 1972).

Quando o pH ruminal encontra-se abaixo de 5,0 muitas bactérias têm seu crescimento reduzido, e apenas as bactérias das espécies *S. bovis* e *Lactobacillus* sp. continuam seu crescimento com a produção de ácido láctico. Estas bactérias produzem D e L- lactato, que são absorvidos pela parede do rúmen e chegam à corrente sanguínea. O L- lactato é metabolizado mais rapidamente que o isômero D, sendo o acúmulo deste último o responsável pela acidose metabólica (BOLTON; PASS, 1988).

A redução do pH ruminal também gera danos a mucosa ruminal, pois favorecem a entrada de microrganismos bacterianos patogênicos. Estes microrganismos invadem a parede do rúmen e iniciam sua colonização, gerando o problema conhecido como rumenite. A rumenite é uma lesão na parede ruminal devido às inflamações no epitélio (NAGARAJA; CHENGAPPA, 1998). As rumenites geram descamações e danos às papilas, redução na taxa de absorção, liberam endotoxinas e histamina para o meio ruminal (MULLENAX; KEELER; ALLISON, 1966; AHRENS, 1967), além de serem passagem para as bactérias oportunistas, como a *Fusobacterium necrophorum*, que podem chegar ao fígado, se colonizar e gerar abscessos (NAGARAJA e LECHTENBERG, 2007), comprometendo a função e condenação do fígado nos frigoríficos.

As condenações de fígado apresentam perdas econômicas diretas para a indústria frigorífica e indiretas para o produtor, pois os animais com os órgãos comprometidos não têm o mesmo desempenho produtivo dos sadios (SOUZA et al., 2007; KALE et al., 2011, SOUZA et al., 2017). De acordo com Vechiato et al., 2011, os abscessos hepáticos podem reduzir aproximadamente 11% do potencial produtivo do animal, pois causam diminuição no metabolismo de nutrientes. No Brasil, a frequência de condenações hepáticas está em torno de 12% (SOUZA et al., 2007, SILVA et al., 2013, SOUZA et al., 2017), porém dependendo da região pode chegar em até 40% (VIEIRA et al., 2011).

Os abscessos hepáticos são inflamações purulentas delimitadas em cápsulas de tecido conjuntivo e podem ocorrer em todas as faixas etárias, sexo ou raça.

Porém, são comumente encontrados em animais de pecuária intensiva, principalmente nos alimentados com dietas de alto concentrado. Este fato é devido às práticas errôneas de manejo alimentar, em que não se respeita o período de adaptação do animal à dieta, deixando-o vulnerável à acidose ruminal (NAGARAJA; CHENGAPPA, 1998).

Algumas estratégias nutricionais podem ser utilizadas para prevenir ou controlar estes efeitos adversos relacionados às dietas de alto concentrado, dentre elas podemos citar o uso de ingredientes que proporcionam a modulação no consumo do animal. Essa modulação pode vir de ingredientes que elevam a produção de propionato no rúmen, devido ao efeito hipofágico gerado por este ácido, ou seja, pela sensação de saciedade (ALLEN, BRADFORD e OBA, 2009).

Recentes trabalhos têm demonstrado que a glicerina tem um padrão de fermentação ruminal diferenciado, pois além de ser rapidamente absorvida pelas papilas ruminais pode ser fermentada a ácido propiônico e butírico por via alternativa (via do succinato), não gerando o ácido lático (VAN CLEEF et al., 2015, TRABUE et al., 2007, WANG et al., 2009). Por evitar fermentações indevidas e ter baixo poder acidificante, a glicerina bruta poderia favorecer o desenvolvimento papilar dando maiores condições para absorção de AGCC. A glicerina bruta é um ingrediente promissor, e sua inclusão em substituição a ingredientes energéticos convencionais, como o milho grão, poderia promover benefícios à redução da acidose e demais problemas associados à queda brusca no pH ruminal em confinamento, fato que melhoraria a eficiência alimentar dos animais.

## **2.7. Objetivos**

O trabalho teve como objetivo geral avaliar diferentes níveis de inclusão de glicerina bruta, em substituição total ou parcial ao milho das dietas, no período de adaptação e terminação de cordeiros em confinamento, como ingrediente redutor de distúrbios metabólicos nutricionais e melhorador da eficiência alimentar.

O objetivo do primeiro estudo foi avaliar os efeitos da inclusão crescente de glicerina bruta (até 30% MS) em dietas para cordeiros mestiços (Santa Inês × Dorper) confinados sobre o comportamento alimentar, desempenho em

confinamento, características de carcaça e carne, componentes comestíveis da não-carcaça, morfometria das papilas ruminais e os compartimentos do estômago e fígado dos animais.

O segundo estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da inclusão crescente de glicerina bruta (até 30% MS) em dietas para ovinos mestiços (Santa Inês × Dorper) confinados sobre os parâmetros ruminais dos animais, tais como o pH, concentrações de N-NH<sub>3</sub>, AGCC e degradabilidade *in situ* das dietas, bem como a produção *in vitro* de gases de efeito estufa e digestibilidade *in vitro* das dietas.

### 3. Referências

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

ABUGHAZALEH, A. A.; ABO EL-NOR, S.; IBRAHIM, S. A. The effect of replacing corn with glycerol on ruminal bacteria in continuous culture fermenters. **Journal of animal physiology and animal nutrition**, Medford, v. 95, n. 3, p. 313-319, 2011.

AHRENS, F. A. Histamine, lactic acid, and hypertonicity as factors in the development of rumenitis in cattle. **American journal of veterinary research**, Schaumburg, v. 28, p. 1335-1342, 1967.

ALLEN, M. S.; BRADFORD, B. J.; OBA, M. Board-Invited Review: The hepatic oxidation theory of the control of feed intake and its application to ruminants. **Journal of animal science**, Champaign, v. 87, n. 10, p. 3317-3334, 2009.

ALMEIDA, M. T. C.; EZEQUIEL, J. M. B.; PASCHOALOTO, J. R.; PEREZ, H. L.; CARVALHO, V. B.; CASTRO FILHO, E. S.; VAN CLEEF, E. H. C. B. Effects of high concentrations of crude glycerin in diets for feedlot lambs: feeding behaviour, growth performance, carcass and non-carcass traits. **Animal Production Science**, Melbourne, 2017.

BANKS, W. **Histologia Veterinária Aplicada**. São Paulo: Editora Manole. p. 629, 1991.

BARDUCCI, R. S.; ARRIGONI, M. D. B.; MARTINS, C. L.; MILLEN, D. D.; SARTI, L. M. N.; FRANZÓI, M. C. S.; VIEIRA JÚNIO, L. C.; DE JESUS, T. L.; PUTAROV, T. C.; CESAR, M. T.; PEREIRA, A. S.; MACEDO, E. T.; PERDIGÃO, A.; RIBEIRO, F. A.; RIGUEIRO, A. L. N. Effects of restricted versus conventional dietary adaptation over periods of 9 and 14 days on feedlot performance and carcass traits of Nellore cattle. **Journal of Animal Science**, Phoenix, v. 90 (Suppl. 3), p. 195, 2012.

BARIONI, L. G.; OLIVEIRA SILVA, R.; FASIABEN, M. D. C. R.; MEDEIROS, S. R. Fitting Brazilian livestock production to changes in natural and political environments. **A New View Of Animal Science: Challenges and Perspectives**, p. 146, 2017.

BERGMAN, E. N. Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. **Physiological Reviews**. v. 70, p. 1580–1588, 1990.

BOLTON, J. R.; PASS, D. A. The alimentary tract. In: Robinson WF, Huxtable CRR (eds). **Clinicopathologic principles for veterinary medicine**, p. 99 – 121. Cambridge University Press, Cambridge, England, 1988.

BRISSON, D.; VOHL, M. C.; ST-PIERRE, J.; HUDSON, T. J.; GAUDET, D. Glycerol: a neglected variable in metabolic processes?. **Bioessays**, Medford, v. 23, n. 6, p. 534-542, 2001.

BURGI, R. Rações convencionais para bovinos de corte em confinamento. In: **SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL**. p. 121-134, 1996.

CARVALHO, V. B.; LEITE, R. F.; ALMEIDA, M. T. C.; PASCHOALOTO, J. R.; CARVALHO, E. B.; LANNA, D. P. D.; PEREZ, H. L.; VAN CLEEF, E. H. C. B.; HOMEM JUNIOR, A. C.; EZEQUIEL, J. M. B. Carcass characteristics and meat quality of lambs fed high concentrations of crude glycerin in low-starch diets. **Meat science**, v. 110, p. 285-292, 2015.

CERRATE, S.; YAN, F; WANG, Z.; COTO, C.; SAKAKLI, P.; WALDROUP, P. W. Evaluation of glycerine from biodiesel production as a feed ingredient for broilers. **International Journal of Poultry Science**, v.5, p.1001–1007, 2006.

CHURCH, D. C. **Digestive physiology and nutrition of ruminants**. Volume 2. Nutrition. O & B Books, Inc., 1979.

CORDEIRO, C. S.; SILVA, F. R.; WYPYCH, F.; RAMOS, L. P. Catalisadores heterogêneos para a produção de monoésteres graxos (biodiesel). **Química Nova**, São Paulo, v. 34, n. 3, p. 477-486, 2011.

COSTA, S. F; PEREIRA, M. N.; MELO, L. Q.; CALIARI, M. V.; CHAVES, M. L. Alterações morfológicas induzidas por butirato, propionato e lactato sobre a mucosa ruminal e a epiderme de bezerros – I Aspectos histológicos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 60, n. 1, p. 1-9, 2008.

DASARI, M. A.; KIATSIMKUL, P. P.; SUTTERLIN, W. R.; SUPPES, G. J. Low-pressure hydrogenolysis of glycerol to propylene glycol. **Applied Catalysis A: General**, v. 281, n. 1, p. 225-231, 2005.

DILORENZO, N.; DAHLEN, C. R.; DIEZ-GONZALES, F.; LAMB, G. C.; LARSON, J. E.; DICOSTANZO, A. Effects of feeding polyclonal antibody preparations on rumen fermentation patterns, performance, and carcass characteristics of feedlot steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 86, n. 11, p. 3023-3032, 2008.

DONKIN, S.S. Glycerol from biodiesel production: the new corn for dairy cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37 (Suppl.), p. 280-286, 2008.

DUNLOP, R. H. Pathogenesis of ruminant lactic acidosis. **Advances in veterinary science and comparative medicine**, 1972.

ENEMARK, J. M. D.; JORGENSEN, R. J.; ENEMARK, P. St. Rúmen acidosis with special emphasis on diagnostic aspects of subclinical rúmen acidosis: a review. **Veterinarija ir zootechnika T**, Kaunas, v. 20, n. 42, p. 16-29, 2002.

EZEQUIEL, J. M. B.; SANCANARI, J. B. D.; NETO, O. M.; DA SILVA, Z. F.; ALMEIDA, M. T. C.; SILVA, D. A. V.; VAN CLEEF, F. O. S.; VAN CLEEF, E. H. C. B. Effects of high concentrations of dietary crude glycerin on dairy cow productivity and milk quality. **Journal of dairy science**, Champaign, v. 98, n. 11, p. 8009-8017, 2015.

FAVARO, V. R.; EZEQUIEL, J. M.; ALMEIDA, M. T.; D'AUREA, A. P.; PASCHOALOTO, J. R.; VAN CLEEF, E. H. C. B.; CARVALHO, V. B.; JUNQUEIRA, N. B. Carcass traits and meat quality of Nelore cattle fed different non-fiber carbohydrates sources associated with crude glycerin. **Animal**, Cambridge, p. 1-7, 2016.

FERRARO, S. M.; MENDOZA, G. D.; MIRANDA, L. A.; GUTIÉRREZ, C. G. *In vitro* gas production and ruminal fermentation of glycerol, propylene glycol and molasses. **Animal feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 154, p. 112-118, 2009.

FROGER, A.; ROLLAND, J. P.; BRON, P.; LAGREE, V.; LE CAHEREC, F.; DESCHAMPS, S.; HUBERT, J. F.; PELLERIN, I.; THOMAS, D.; DELAMARCHE, C. Functional characterization of a microbial aquaglyceporin. **Microbiology**, New York, v. 147, n. 5, p. 1129-1135, 2001.

FUNDAÇÃO-ABC. Relatório técnico - Análises laboratoriais. Fundação abc - Pesquisa e Desenvolvimento Agropecuário, Castro, Paraná, 2010.

GÄBEL, G.; ASCHENBACH, J. R.; MÜLLER, F. Transfer of energy substrates across the ruminal epithelium: implications and limitations. **Animal Health Research Reviews**, Cambridge, v. 3, n. 01, p. 15-30, 2002.

GÁLFI, P.; GABEL, G.; MARTENS, H. Influence of intracellular matrix components on the growth and differentiation of ruminal epithelial cells in primary culture. **Research Veterinary Science**, v. 54, n. 1, p. 102-109, 1993.

GÁLFI, P.; NEOGRADI, S.; SAKATA, T. Effects of volatile fatty acids on the epithelial cell proliferation of digestive tract and its hormonal mediation. **Physiological aspects of digestion and metabolism in ruminants**. Academic Press, Orlando, Florida, 49-59, 1991.

GARTON, G. A.; LOUGH, A. K.; VIOQUE, E. Glyceride hydrolysis and glycerol fermentation by sheep rumen contents. **Microbiology**, v. 25, n. 2, p. 215-225, 1961.

GOMES, M. A. B.; MORAES, G. V.; MATAVELI, M.; MACEDO, F. A. F.; CARNEIRO, T. C.; ROSSI, R. M. Performance and carcass characteristics of lambs fed on diets supplemented with glycerin from biodiesel production. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. 10, p. 2211–2219, 2011.

GOODLAD, R. A some effects of diet on the mitotic index and the cell cycle of the ruminal epithelium of sheep. **Quarterly Journal of Experimental Physiology**, Bethesda, v. 66, n. 4, p.487-499, 1981.

GROESBECK, C. N.; MCKINNEY, L. J.; DeROUCHEY, J. M.; TOKACH, M. D.; GOODBAND, R. D.; DRITZ, S. S.; NELSEN, J. L.; DUTTLINGER, A. W.; FAHRENHOLZ, A. C.; BEHNKE, K. C.; Effect of crude glycerol on pellet mill production and nursery pig growth performance. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 85, suppl.1, p. 201-202, 2008.

GUNN, P. J.; NEARY, M. K.; LEMENAGER, R. P.; LAKE, S. L. Effects of crude glycerin on performance and carcass characteristics of finishing wether lambs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 88, n. 5, p. 1771–1776, 2010a.

GUNN, P. J.; SCHULTZ, A. F.; VAN EMON, M. L.; NEARY, M. K.; LEMENAGER, R. P.; RUSK, C. P.; LAKE, S. L. Effects of elevated crude glycerin concentrations on feedlot performance, carcass characteristics, and serum metabolite and hormone concentrations in finishing ewe and wether lambs. **The Professional Animal Scientist**, Champaign, v. 26, n. 3, p. 298–306, 2010b.

HENRIKSON, R. C. Ultrastructure of ovine ruminal epithelium and localization of sodium in the tissue. **Journal of Ultra Structure Research**, San Diego, v. 30, n. 3, p. 385-481, 1970.

HIBUSE, T.; MAEDA, N.; FUNAHASHI, T.; YAMAMOTO, K.; NAGASAWA, A.; MIZUNOYA, W.; FUSHIKI, T. Aquaporin 7 deficiency is associated with development of obesity through activation of adipose glycerol kinase. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 102, n. 31, 10993-10998, 2005.

HIPPEN, A. R.; DEFRAIN, J. M.; LINKE, P. L. Glycerol and other energy sources for metabolism and production of transition dairy cows. In: **Florida Ruminant Nutrition Symposium**. p. 1-16, 2008.

HOOVER, W. H.; MILLER, T. K. Rumen digestive physiology and microbial ecology. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v. 7, n. 2, p. 311-234, 1991.

JENSEN, R.; FLINT, J. C.; UDALL, R. H.; DEEM, A. W.; SEGER, C. L. Parakeratosis of the rumens of lambs fattened on the pelleted feed. **American journal of veterinary research**, Schaumburg, v. 15, n. 55, p. 202-216, 1954.

JOHNS, A. T. Fermentation of glycerol in the rumen of sheep. **Journal of Science and Technology**, v. 35, p. 262-269, 1953.

JONES, T. C.; HUNT, R. D.; KING, N. W. **Patologia Veterinária**. 6. ed. São Paulo: Manole, p. 1415, 2000.

KALE, M. C.; ARAL, Y.; AYDIN, E.; CEVGER, V.; SAKARYA, E.; GÜLOĞLU, S. C. Determination of by-product economic values for slaughtered cattle and sheep. **Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi**, Kars, v. 17, p. 551-556, 2011.

KOTARSKI, S. F.; WANISKA, R. D.; THURN, K. K. Starch hydrolysis by the ruminal microflora. **The Journal of nutrition**, Rockville, v. 122, n. 1, p. 178, 1992.

KOZLOSKI, V. G. Metabolismo microbiano ruminal. In: **Bioquímica dos ruminantes**. 3 ed. Santa Maria: UFMS, cap. 1, 212p, 2016.

KRAUSE, K. M.; OETZEL, G. R. Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: A review. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 126, n. 3, p. 215-236, 2006.

KREHBIEL, C. R. Ruminal and physiological metabolism of glycerin. **Journal of Animal Science**. E-suppl. V. 2, p. 392, 2008.

LAGE, J. F.; PAULINO, P. V. R.; PEREIRA, L. G. R. ; VALADARES FILHO, S. C.; OLIVEIRA, A. S. ; DETMANN, E.; SOUZA, N. K. P.; LIMA, J. C. M. Glicerina bruta na dieta de cordeiros terminados em confinamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 9, p. 1012-1020, 2010.

LAMMERS, P. J.; KERR, B. J.; WEBER, T.E.; BREGENDAHL, K.; LONERGAN, S. M.; PRUSA, K. J.; AHN, D. U.; STOFFREGEN, W. C.; DOZIER, W. A.; HONEYMAN, M. S. Growth performance, carcass characteristics, meat quality, and tissue histology of growing pigs fed crude glycerin-supplemented diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 86, p. 602-608, 2008.

LANA. Relatório técnico - Análises laboratoriais. Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Paraná, 2010.

LEHNINGER, ALBERT L.; **Princípios de bioquímica**. 4 ed: São Paulo. Sarvier, 2006.

MACDOUGALD, O. A.; BURANT, C. F. Obesity and metabolic perturbations after loss of aquaporin 7, the adipose glycerol transporter. **Proceedings of the National Academy Science of the United States of America**, Washington, v.102, n.2, p. 10759-10760, 2005.

MACH, N.; BACH, A.; DEVANT, M. Effects of crude glycerin supplementation on performance and meat quality of Holstein bulls fed high-concentrate diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 87, p. 632-638, 2009.

MOTTA, V. T. **Bioquímica Clínica: Princípios e Interpretação**, 5 ed, 419, 2009.

MULLENAX, C. H.; KEELER, R. F.; ALLISON, M. J. Physiologic responses of ruminants to toxic factors extracted from rumen bacteria and rumen fluid. **American journal of veterinary research**, Schaumburg, v. 27, p. 857-868, 1966.

NAGARAJA, T. G.; CHENGAPPA, M. M. Liver abscesses in feedlot cattle: a review. **Journal of animal science**, Champaign, v. 76, n. 1, p. 287-298, 1998.

NAGARAJA, T. G.; LECHTENBERG, K. F. Liver abscess in feedlot cattle. **Veterinary Clinical of North American: Food Animal Practice**, v. 23, p. 351-369, 2007.

NELSON, D. L.; LEHNINGER, A. L.; COX, M. M. **Lehninger principles of biochemistry**. Macmillan, 2008.

NOCEK, J. E. Bovine acidosis: implications of laminitis. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 80, p.1005, 1997.

OLIVEIRA, C. A.; MILLEN, D. D. Survey of the nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists in Brazil. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 197, p. 64-75, 2014.

OMAZIC, A. W.; KRONQVIST, C.; ZHONGYAN, L.; MARTENS, H.; HOLTENIUS, K. The fate of glycerol entering the rumen of dairy cows and sheep. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, Medford, v. 99, p. 258-264, 2015.

OWENS, F. N., BASALAN, M., Ruminal fermentation, in: MILLEN, D. D., ARRIGONI, M. D. B., PACHECO, R. D. L. (Eds), **Rumenology**. Springer Nature, Switzerland, pp. 63-102, 2016.

OWENS, F. N.; SECRIST, D. S.; HILL, W. J.; GILL, D. R. Acidosis in cattle: A review. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, n. 1, p. 275-286, 1998.

PARRA, F. S. **Protocolos de adaptação a dietas com alta inclusão de concentrados para bovinos Nelore confinados**. 2011. 84f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

PASCHOALOTO, J. R.; EZEQUIEL, J. M. B.; ALMEIDA, M. T. C.; FÁVARO, V. R.; HOMEM JUNIOR, A. C.; CARVALHO, V. B. D.; PEREZ, H. L. Inclusion of crude glycerin with different roughages changes ruminal parameters and in vitro gas production from beef cattle. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 46, n. 5, p. 889-894, 2016.

PELLEGRIN, A. C. R. S.; PIRES, C. C.; CARVALHO, S.; PACHECO, P. S.; PELEGRINI, L. F. V.; GRIEBLER, L.; VENTURINI, R. S. Glicerina bruta no suplemento para cordeiros lactentes em pastejo de azevém. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 8, p. 1477-1482, 2012.

PENNER, G. B.; ASCHENBACH, J. R.; GÄBEL, G.; RACKWITZ, R.; OBA, M. Epithelial capacity for apical uptake of short chain fatty acids is a key determinant for

intraruminal pH and the susceptibility to subacute ruminal acidosis in sheep. **The Journal of nutrition**, v. 139, n. 9, p. 1714-1720, 2009.

PENNER, G. B.; BEAUCHEMIN, K. A.; MUTSVANGWA, T. Severity of ruminal acidosis in primiparous Holstein cows during the periparturient period. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 90, p. 365–375, 2007.

RAHIB, L.; SRIRAM, G.; HARADA, M. K.; LIAO, J. C.; DIPPLE, K. M. Transcriptomic and network component analysis of glycerol kinase in skeletal muscle using a mouse model of glycerol kinase deficiency. **Molecular genetics and metabolism**, v. 96, n. 3, p. 106-112, 2009.

REGO, F. C. A.; FRANÇOZO, M. C.; LUDOVICO, A.; LIMA, L. D.; LOPES, F. G.; BELAN, L.; SANTOS, M. D.; ZUNDT, M.; CUNHA FILHO, L. F. C.; CONSTANTINO, C. Development, economic viability and attributes of lamb carcass from confined animals fed on different amounts of crude glycerin. **Semina. Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 5, p. 3445–3454, 2015.

RUSSELL, J. B.; HINO, T. Regulation of lactate production in *Streptococcus bovis*: a spiraling effect that contributes to rumen acidosis. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 68, n. 7, p. 1712-1721, 1985.

SAKATA, T.; TAMATE, H. Rumen epithelium cell proliferation accelerated by propionate and acetate. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 62, n. 1, p. 49-52, 1979.

SAN VITO, E.; LAGE, J.; MESSANA, J.; DALLANTONIA, E.; FRIGHETTO, R.; REIS, R.; NETO, A.; BERCHIELLI, T. Performance and methane emissions of grazing Nellore bulls supplemented with crude glycerin. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 94, p. 4728-4737, 2016.

SCARPINO-VAN CLEEF, F. D. O. S.; EZEQUIEL, J. M. B.; D'AUREA, A. P.; ALMEIDA, M. T. C.; PEREZ, H. L.; VAN CLEEF, E. H. C. B. Feeding behavior, nutrient digestibility, feedlot performance, carcass traits, and meat characteristics of crossbred lambs fed high levels of yellow grease or soybean oil. **Small Ruminant Research**, v. 137, p. 151-156, 2016.

SCHWARTZKOPF-GENSWEIN, K. S., BEAUCHEMIN, K. A., GIBB, D. J., CREWS, D. H. J.; HICKMAN, D. D.; STREETER, M.; MCALLISTER, T. A. Effect of bunk management on feeding behavior, ruminal acidosis and performance of feedlot cattle: a review. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, p. 149-158, 2003.

SILVA, M. C. A.; MENDONÇA, G. A.; SOARES, D. B.; BUENO, J. P. R. Alterações anatomopatológicas identificadas na inspeção post mortem em bovinos no abatedouro frigorífico no município de Uberlândia- MG. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, p. 82-88, 2013.

SIMON, A.; BERGNER, H.; SCHWABE, M. Glycerol as a feed ingredient for broiler chickens. **Archives of Animal Nutrition**, v. 49, n. 2, p. 103-112, 1996.

SOUZA, S. P.; KLEM, M. C. A.; COSTA, K. P.; SILVA, L. F. Principais causas de condenação de fígado bovino em estabelecimento sob Serviço de Inspeção Federal na Zona da Mata mineira. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 69, n. 4, p. 1054-1061, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4162-9300>>.

SOUZA, V. K.; PESSÔA-SILVA, M. C.; KOWALCZUK, M.; MARTY, S.; THOMAZ-SOCCOL, V. Regiões anatômicas de maior ocorrência de *Cysticercus bovis* em bovinos submetidos à inspeção federal em matadouro-frigorífico no município de São José dos Pinhais, Paraná, de julho a dezembro de 2000. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, Jaboticabal, v. 16, p. 92-96, 2007.

STOCK, R.; KLOPFENSTEIN, T.; SHAIN, D. Feed intake variation. In: Symposium feed intake by feedlot cattle, Stillwater: Oklahoma State University, 56-59, 1983.

STONE, W. C. Nutritional approaches to minimize subacute ruminal acidosis and laminitis in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 87, p. E13-E26, 2004.

SWENSON, M. J.; REECE, W. O. **Fisiologia dos animais domésticos**. Circulação sanguínea e sistema cardiovascular, v. 11, p. 13-34, 1996.

TAMATE, H.; FELL, B. F. Cell deletion as a factor in the regulation of rumen epithelial populations. **Veterinary Science Communications**, v. 1, n. 1, p. 359-364, 1978.

TECPAR. 2010. Relatório de ensaio - produto glicerina. Instituto de Tecnologia do Paraná, Curitiba, Pr.

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

VALADARES FILHO, S. C.; PINA, D. S. Fermentação ruminal. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. (Ed.). **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2006. p.151-179.

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

VAN SOEST., P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. Ed. Cornell University. p. 476, 1994.

VECHIATO, T. A. F.; MASCHIO, W.; BOM, L. C.; LOPES, P. D.; ORTOLANI, L. Estudo retrospectivo de abscessos hepáticos em bovinos abatidos em um frigorífico paulista. Braz. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v. 48, p. 384-391, 2011.

VIEIRA, N. P.; FARIA P. B.; MATTOS, M. R.; PEREIRA, A. A. Condenação de fígados bovinos na região sul do estado do Espírito Santo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 63, p. 1605-1608, 2011.

WANG, C.; LIU, Q.; HUO, W. J.; YANG, W. Z.; DONG, K. H.; HUANG, Y. X.; GUO, G. Effects of glycerol on rumen fermentation, urinary excretion of purine derivatives and feed digestibility in steers. **Livestock Science**. v. 121, p.15- 20, 2009a.

WATANABE, D. H. M.; PEREIRA, M. C. S.; PINTO, A. C. J.; SILVA FILHO, W. I.; BERTOLDI, G. P.; RIGUEIRO, A. L. N.; SANTOS, A. A.; SANTOS, P. C. S.; OLIVEIRA, L. F. R.; SANTI, P. F.; DELLAQUA, J. V. T.; ARRIGONI, M. B.; MILLEN, D. D. Feedlot performance and carcass traits of Nellore and ½ Angus x Nellore cattle adapted either for 9 or 14 days. **Journal of Animal Science**, Orlando, v. 93(Suppl. 3), p. 727, 2015