

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

**GLICERINA BRUTA SUBSTITUINDO O MILHO EM DIETAS
DE BAIXO AMIDO NA TERMINAÇÃO DE CORDEIROS**

Vanessa Barbosa de Carvalho
Zootecnista

2015

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

**GLICERINA BRUTA SUBSTITUINDO O MILHO EM DIETAS
DE BAIXO AMIDO NA TERMINAÇÃO DE CORDEIROS**

Vanessa Barbosa de Carvalho

Orientadora: Profa. Dra. Jane Maria Bertocco Ezequiel

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

2015

C331g Carvalho, Vanessa Barbosa de
Glicerina bruta substituindo o milho em dietas de baixo amido na
terminação de cordeiros / Vanessa Barbosa de Carvalho. – –
Jaboticabal, 2015
xiv, 78 p. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade
de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2015
Orientadora: Jane Maria Bertocco Ezequiel
Banca examinadora: Márcia Helena Machado da Rocha
Fernandes, Mauro Dal Secco de Oliveira, Rosemary Lais Galati,
Viviane Correa Santos
Bibliografia

1. Alto concentrado. 2. Comportamento ingestivo. 3.
Digestibilidade. 4. Glicerol. 5. Perfil de ácidos graxos. I. Título. II.
Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 636.084:636.3

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



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE JABOTICABAL
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE JABOTICABAL

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: GLICERINA BRUTA SUBSTITUINDO O MILHO EM DIETAS DE BAIXO AMIDO NA TERMINAÇÃO DE CORDEIROS

AUTORA: VANESSA BARBOSA DE CARVALHO

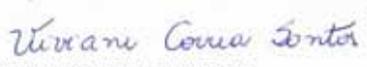
ORIENTADORA: Profa. Dra. JANE MARIA BERTOCCO EZEQUIEL

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM ZOOTECNIA , pela Comissão Examinadora:


Profa. Dra. JANE MARIA BERTOCCO EZEQUIEL
Departamento de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal


Prof. Dr. MAURO DAL SECCO DE OLIVEIRA
Departamento de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal


Profa. Dra. MÁRCIA HELENA MACHADO DA ROCHA FERNANDES
Departamento de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal


Profa. Dra. VIVIANE CORREA SANTOS
Departamento de Biologia e Zootecnia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Profa. Dra. ROSEMARY LAIS GALATI
Universidade Federal de Mato Grosso / Cuiabá/MT

Data da realização: 26 de fevereiro de 2015.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Vanessa Barbosa de Carvalho filha de Dionéia Barbosa de Carvalho e Luiz Antônio de Carvalho nasceu no dia 12 de abril de 1984 na cidade de Cambuí em Minas Gerais. Iniciou sua graduação em Zootecnia em outubro de 2002 na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Em agosto de 2004 foi transferida para a Universidade Federal de Lavras (UFLA), onde continuou cursando Zootecnia, colando grau no dia 01 de março de 2008. Ainda em março de 2008, deu início a pós graduação em Zootecnia na Universidade Federal de Lavras na área de nutrição de ruminantes, com a obtenção do título de Mestre no dia 23 de junho de 2010 sob orientação do Prof. José Cleto da Silva Filho. Em março de 2011 iniciou o doutorado na Universidade Estadual Paulista (UNESP) em Jaboticabal na mesma área sob orientação da Profa. Jane Maria Bertocco Ezequiel. No período de fevereiro a agosto de 2014 realizou estágio no exterior sob orientação do Prof. Dr. Tim a. McAllister na “Agriculture and Agri-Food Canada”, no Canadá.

“O sucesso não é a chave para a felicidade. A felicidade é a chave para o sucesso.”

Albert Schweitzer

DEDICO

A minha avó Dita e ao meu avô João Carneiro (*in memoriam*) pelos ensinamentos,
Ao meu tio João e tia Maria Helena por me fazerem sempre ter esperança
e aos meus pais, Dionéia e " Dumbo" pelos valores transmitidos.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me dar força para chegar até aqui!!

Ao meu pai, Dumbo, pelos momentos de alegria, pelo amor concedido e pelo apoio dado para que eu conseguisse continuar estudando.

À minha mãe, Dionéia, pela educação, pelo apoio e pelo exemplo de vida dado, mostrando que o sucesso é dependente da felicidade e que ambos podem ser alcançados, principalmente quando se faz o que gosta.

Ao meu tio *Jão* e a minha tia *Marlena*, que me apoiaram em todos os momentos, fazendo com que eu acreditasse que eu era capaz e merecedora das conquistas.

Ao meu irmão, Juarez, pela amizade e pelo crescimento pessoal que a convivência nos proporciona.

Em especial, à minha irmã e amiga Elisa, que me acompanhou nessa jornada desde o início da pós-graduação, mostrando ser um presente de Deus, sempre disposta a ajudar nas horas cruciais!!!

Ao Rafa que, além de namorado, foi um amigo, sempre me incentivando para que eu tivesse força para chegar até o fim. Esteve presente na maioria dos momentos importantes durante o mestrado e o doutorado, colaborando não só na condução do experimento de campo, mas também na conclusão da pós-graduação. Obrigada, sem você acredito que estar aqui não seria possível!!!

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/UNESP - Jaboticabal, ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia e aos Professores do Departamento de Zootecnia, pela contribuição na minha formação.

À CAPES, pela concessão da bolsa de doutorado e pela bolsa de estágio no exterior que contribuiu para meu crescimento pessoal e profissional.

À FAPESP, pelo auxílio concedido, possibilitando que o projeto fosse concluído.

À professora Dra. Jane, pelos ensinamentos e oportunidade de hoje estar aqui defendendo o doutorado.

Ao Dr. Emanuel, pela participação na qualificação, pela oportunidade de realização das análises de carne e ajuda no entendimento deste trabalho.

À Laís Simonetti, amiga que me auxiliou em análises que nunca havia realizado, possibilitando que os dados obtidos fossem consistentes.

À amiga Mary, pelos momentos de alegria que vivemos, pelos conhecimentos divididos e principalmente pela amizade que construímos durante esses anos.

À amiga Josi, que com o tempo se tornou presença indispensável, tanto nos momentos de alegria, churrascos e festas, como nos momentos de discussão científica, colaborando para o meu crescimento profissional.

Aos companheiros de equipe, Mamaki, Elisa, Vivi, Raxinha, Kpão, Vanessa Fávares, Kdera, Júnior, Eric e Tati pela ajuda dada durante o experimento e pelos momentos agradáveis que passamos juntos tornando os meus dias em Jaboticabal mais felizes.

Aos estagiários, Malhada, Carol, Édipo, Vitelo, Homer, Guanabara e Picanha que estiveram presentes me auxiliando em momentos importantes durante a condução do experimento e a realização das análises laboratoriais.

Aos professores e pesquisadores membros da banca, Dr. Cledson, Dra. Márcia, Dra. Viviane e Dr. Mauro pelo aceite do convite em participar da defesa do doutorado.

Aos funcionários do LANA, especialmente a Ana Paula que foi prestativa e me ajudou até o último momento para que eu pudesse ter alguns resultados importantes.

Às empresas Caramuru, pela doação da glicerina bruta e Cargill pelo fornecimento da glutenose utilizada no presente trabalho.

De maneira geral, a todos que contribuíram de alguma forma para a realização desse projeto.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	xii
ABSTRACT	xiv
CAPÍTULO 1 - Considerações gerais.....	1
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	2
3. OBJETIVOS	10
4. REFERÊNCIAS.....	10
CAPÍTULO 2 - Crescimento, digestibilidade e comportamento ingestivo de cordeiros alimentados com glicerina bruta substituindo o milho de dietas de baixo teor de amido.	17
RESUMO.....	17
1. INTRODUÇÃO	18
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3. RESULTADOS	26
4. DISCUSSÃO	30
5. CONCLUSÃO.....	36
6. REFERÊNCIAS.....	36
CAPÍTULO 3 - Características da carcaça e qualidade da carne de cordeiros alimentados com dietas de baixo amido associadas à glicerina bruta	41
RESUMO.....	41
1. INTRODUÇÃO	42
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	43
3. RESULTADOS	50
4. DISCUSSÃO	57
5. CONCLUSÃO.....	66
6. REFERÊNCIAS.....	66
CAPÍTULO 4 - Implicações	75



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Jaboticabal



CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

CERTIFICADO

Certificamos que o Protocolo nº 006558/12 do trabalho de pesquisa intitulado "Glicerina bruta na dieta de cordeiros confinados", sob a responsabilidade da Profª Drª Jane Maria Bertocco Ezequiel está de acordo com os Princípios Éticos na Experimentação Animal, adotado pelo Colégio Brasileiro de Experimentação (COBEA) e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), em reunião extraordinária de 18 de maio de 2012.

Jaboticabal, 21 de maio de 2012.


Prof. Dr. Andriago Barboza De Nardi
Coordenador - CEUA

GLICERINA BRUTA SUBSTITUINDO O MILHO EM DIETAS DE BAIXO AMIDO NA TERMINAÇÃO DE CORDEIROS

RESUMO - O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos do uso da glicerina bruta (GB) em até 30% de inclusão na MS em dietas de alto concentrado e baixo amido, substituindo o milho total da dieta de cordeiros em terminação sobre o consumo, digestibilidade, comportamento ingestivo, parâmetros sanguíneos, desempenho, características da carcaça, qualidade e perfil de ácidos graxos da carne. Utilizaram-se 40 animais com peso inicial de $23,5 \pm 1,35$ kg que foram distribuídos em delineamento em blocos casualizados com cinco tratamentos. Os tratamentos foram: sem inclusão da GB; inclusão de 7,5% de GB; inclusão de 15% de GB; inclusão de 22,5% de GB e inclusão de 30% de GB na MS. O volumoso utilizado foi o feno de Tifton 85 na proporção de 18,19% e o concentrado (81,81%) foi composto por milho, GB, glutenose, óleo de milho, ureia, farelo de girassol, casca de soja e sal mineral. O experimento teve duração média de 72 ± 7 dias e os animais foram abatidos com aproximadamente 38 kg. Os dados foram analisados como modelos mistos, utilizando-se o procedimento MIXED do pacote estatístico SAS. Os efeitos dos tratamentos foram decompostos em contrastes linear, quadrático, bem como o efeito da dieta com 0% de GB *versus* a média de todos os tratamentos que continham GB. Os contrastes foram considerados significativos quando $P \leq 0,05$ e tendência quando $P < 0,10$. O consumo da MS e dos nutrientes não foi afetado pela GB ($P > 0,10$), exceto o consumo de FDN que diminuiu linearmente no ensaio de comportamento e desempenho com o aumento da GB ($P = 0,01$). A digestibilidade da MS, MO e PB apresentou comportamento linear crescente a medida que a glicerina foi adicionada e a digestibilidade do EE apresentou comportamento quadrático ($P = 0,01$). Na avaliação de comportamento, o tempo despendido para ruminção e ingestão+ruminção em min/g de FDN aumentou linearmente com inclusão da GB ($P \leq 0,02$). A glicose, insulina e o desempenho dos animais não apresentaram diferenças significativas ($P \geq 0,11$). O peso e o rendimento da carcaça quente e fria diminuíram linearmente com a utilização da GB em até 30% ($P \leq 0,02$). A AOL, EGS, o peso e o rendimento de gordura omental, mesentérica e renal mantiveram-se entre os tratamentos ($P \geq 0,14$). O peso e rendimento do fígado aumentou linearmente com a inclusão de glicerina bruta ($P < 0,01$). Os animais alimentados com a dieta controle apresentaram menor peso e rendimento dos rins quando comparados controle vs GB ($P \leq 0,05$). O peso do lombo e costelas apresentou comportamento linear decrescente com a inclusão da GB ($P \leq 0,05$). No entanto, o rendimento dos cortes não sofreu influência dos tratamentos ($P \geq 0,10$). O pH inicial e final, cor da carne, capacidade de retenção de água, perdas por cocção, força de cisalhamento e extrato etéreo da carne mantiveram-se semelhantes com a inclusão da GB ($P \geq 0,38$). A utilização da GB reduziu a concentração total de ácidos graxos saturados e aumentou a concentração total de insaturados, e a relação de insaturado:saturado ($P < 0,01$). A concentração de ácido oleico apresentou comportamento linear crescente na presença de glicerina ($P < 0,01$) e o ácido linoleico conjugado (CLA) tendeu a aumentar em dietas com GB quando comparado com a dieta controle ($P = 0,06$). A GB em até 30% de inclusão na MS da dieta de cordeiros, substituindo o milho total, pode ser viável dependendo do objetivo. Em

situações que a produção visa uma carne de melhor qualidade a GB pode ser interessante, tendo em vista que a carne apresentou-se mais saudável com menor concentração de ácidos graxos saturados. Entretanto, ao substituir o milho, a GB reduziu o rendimento de carcaça.

Palavras-chave: alto concentrado, comportamento ingestivo, digestibilidade, glicerol, perfil de ácidos graxos

CRUDE GLICERIN REPLACING CORN IN DIET WITH LOW STARCH LEVEL OF LAMBS IN TERMINATION

ABSTRACT - This study aimed to evaluate the effects of crude glycerin (GB) inclusion until 30% of DM in diets with high level of concentrated and low starch, replacing total maize of lambs feedlot diet on intake, digestibility, feeding behavior, blood parameters, performance, carcass characteristics, quality and fatty acid profile of meat. Forty animals with 23.5 ± 1.35 kg initial body weight were distributed in a randomized block design with five treatments. The treatments were: no inclusion of GB; inclusion of 7.5% of GB; inclusion of 15% GB; inclusion of 22.5% and inclusion of 30% GB on DM basis. The roughage used was Tifton 85 hay at 18.19% and the concentrate (81.81%) was composed of corn, GB, corn gluten meal, corn oil, urea, sunflower meal, soybean hulls and mineral salt. Duration of experiment was on average 72 ± 7 days, and the animals were slaughtered around 38 kg of body weight. The procedure used for data analysis was the SAS program and the treatment effects were decomposed into linear, quadratic contrasts, as well as the effect of diet with 0% vs. GB (average of all treatments containing GB). The contrasts were considered significant when $P \leq 0.05$ and trend when $P > 0.10$. The DM and nutrients intake were not affected by GB ($P > 0.10$) except for NDF intake that decreases linearly in feeding behavior and performance with increasing GB ($P = 0.01$). The DM, OM and CP increased linearly with inclusion of GB and EE digestibility showed a quadratic behavior ($P = 0.01$). In the feeding behavior trail, time spent for rumination and intake+rumination on min/g NDF increased linearly with inclusion of GB ($P \leq 0.02$). Blood parameters and animals performance had no significant differences ($P \geq 0.11$). The weight and yield of hot and cold carcass linearly decreased with the inclusion of crude glycerin ($P \leq 0.02$). The AOL, EGS, weight and yield of omental, mesenteric and renal fat had no differences with the inclusion of GB ($P \geq 0.14$). The weight and yield of liver linearly increased with the inclusion of crude glycerin ($P < 0.01$). The animals fed with control diet had lower weight and yield of kidneys when compared control vs GB ($P \leq 0.05$). Weight of the loin and ribs decreased linearly with the inclusion of GB ($P \leq 0.05$). However, the yield of the cuts was not affected by the inclusion of GB ($P \geq 0.10$). The initial and final pH, meat color, water holding capacity, cooking losses, shear force and ether extract of meat remained similar with the addition of GB ($P \geq 0.38$). The use of GB reduced total concentration of saturated fatty acids and increased total concentration of unsaturated and the ratio of unsaturated: saturated ($P < 0.01$). The concentration of oleic acid showed linear increase with inclusion of GB ($P < 0.01$) and conjugated linoleic acid (CLA) tended to increase in diets with GB, when compared with the control diet ($P = 0.06$). The inclusion of GB until 30% of DM basis in lamb diets, replacing total maize, may be feasible depending on the objective. In situations that aims at producing better quality meat, the GB can be interesting, since meat is healthier with low concentration of saturated fatty acids. However, replacing corn by GB reduces carcass yield.

Keywords: digestibility, fatty acid profile, feeding behavior, glycerol, high concentrate

CAPÍTULO 1 - Considerações gerais

1. INTRODUÇÃO

A busca por alimentos alternativos que possam substituir ingredientes onerosos da dieta dos animais, em conjunto com a necessidade de aumentar a produção, colocaram os coprodutos da agroindústria em destaque, podendo estes serem utilizados como uma estratégia para reduzir os custos da dieta e melhorar a eficiência produtiva.

Dentre os produtos da indústria de biocombustíveis, o biodiesel é um substituto para o diesel de petróleo e pode ser produzido a partir de gordura animal, óleos vegetais e óleo de cozinha reciclado. No processo de produção do biodiesel, alguns coprodutos são gerados, tais como tortas, farelos e a glicerina bruta, sendo este último o coproduto de maior importância (COOPER; WEBER, 2012).

A utilização da glicerina na alimentação animal não é novidade, contudo, inicialmente era usada em dietas de vacas leiteiras, como estratégia de prevenção de distúrbios metabólicos associados ao período de transição (DEFRAIN et al., 2004). Atualmente, o interesse pela glicerina foi renovado devido ao aumento da disponibilidade e o preço favorável, resultado do aumento das indústrias de biodiesel (DONKIN, 2008) com a maior demanda mundial por combustíveis renováveis (DROUILLARD, 2012).

Na nutrição de ruminantes, a glicerina bruta é classificada como uma fonte energética de grande assimilação pelos microrganismos da flora ruminal com ampla metabolização no fígado (ABO EL-NOR et al., 2010), tendo potencial em aumentar o aporte energético através do aumento da produção de propionato (LEE et al., 2011) e diminuir a biohidrogenação no rúmen (KRUEGER et al., 2010).

Nesse sentido, a glicerina bruta tem sido amplamente estudada nas dietas de ruminantes (GUNN et al., 2010; MEALE et al., 2013; MORIEL et al., 2011; HALES et al., 2013; VAN CLEEF et al., 2014; CHANJULA; PAKDEECHANUAN; WATTANASIT, 2014). Entretanto, os resultados sugerem a utilização de teores relativamente baixos, sendo 10% na MS da dieta em bovinos (DROUILLARD, 2008) e 15% na MS da dieta de ovinos (GUNN et al., 2010a).

De maneira geral, quase a totalidade dos estudos utilizou a glicerina bruta associada a dietas contendo alto teor de amido. Schroder e Sudekum (1999) sugeriram que a utilização da glicerina associada a dietas de menor teor de amido pode ser mais eficiente em termos de valor energético. Adicionalmente, Drouillard (2008) relatou que a produção de propionato é maior para os animais alimentados com concentrado, podendo, assim, haver menos oportunidade para melhorar a eficiência energética quando glicerina é combinada com dieta de alto teor de amido em comparação com dietas à base de forragens.

Sendo assim, são necessários mais estudos com dietas de diferentes naturezas e com diferentes associações para avaliar o poder gliconeogênico da glicerina bruta em dietas de ruminantes, podendo consolidar alternativas de utilização em teores mais elevados.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Políticas de biocombustíveis associadas à crescente preocupação com o meio ambiente e aquecimento global têm contribuído para aumentar significativamente a produção de biocombustíveis nos últimos anos, colocando-os no centro das atenções e interesse. Os dois principais biocombustíveis produzidos são o etanol e o biodiesel, derivados predominantemente da agricultura (COOPER; WEBER, 2012). A principal matéria prima utilizada na produção de biodiesel é o óleo vegetal (AJANOVIC, 2010). Entretanto, produtos como gorduras de origem animal ou óleos e gorduras residuais também podem ser utilizados (ANP, 2013).

O biodiesel produzido por meio de uma reação chamada de transesterificação, transforma o triglicerídeo em ésteres de ácidos graxos na presença do metanol (MA; HANNA, 1999). Neste processo de produção do biodiesel, são gerados diversos coprodutos com alto potencial de uso em outros segmentos industriais, como por exemplo, tortas, farelos e a glicerina bruta. Em 100 kg de rendimento do óleo ou gordura, são gerados cerca de 10 kg de glicerina bruta (NATIONAL BIODIESEL BOARD, 2008). Atualmente, com o aumento da produção de biodiesel, os estoques de glicerina bruta nas indústrias têm aumentado e,

conseqüentemente, faz-se necessário investigar novas alternativas de uso para destinar esse coproduto.

O glicerol ($C_3H_8O_3$) é o principal constituinte da glicerina, podendo estar presente em diferentes concentrações. Segundo Hippen, Defrain e Linke (2008), a glicerina pode ser classificada em três diferentes graus de pureza: baixa pureza (40 a 70% de glicerol); média pureza (75 a 90% de glicerol) e alta pureza (mais que 99% de glicerol), sendo que a última pode ser obtida apenas após processos de purificação. A glicerina purificada pode ser utilizada na indústria farmacêutica e cosmética (DONKIN, 2008), entretanto, o processo de purificação apresenta alto custo. A glicerina, na sua forma bruta, pode ser utilizada na alimentação animal, pois o glicerol possui concentração energética líquida de lactação de 1,98 – 2,29 Mcal/kg, semelhante à energia contida no amido do milho (SCHRODER; SUDEKUM, 1999).

Em adição, o milho, além de ser utilizado na alimentação humana, é o principal concentrado energético utilizado na alimentação animal. Entretanto, em determinadas épocas do ano, pode apresentar elevado custo. Portanto, é de grande interesse a procura por alimentos alternativos, tal como a glicerina bruta, que possibilitem a redução do custo de produção, além de gerar destino para o coproduto, sem interferir no desempenho e saúde do animal.

A glicerina bruta foi utilizada na alimentação de suínos (LAMMERS et al., 2008; KERR et al., 2009) e aves (SIMON ; BERGENER; SCHWABE, 1996; DOZIER et al., 2008; LAMMERS et al., 2008a). Em ruminantes, inicialmente, a glicerina purificada foi avaliada em dietas para vacas leiteiras em menores concentrações (5,4% na MS) para prevenção de distúrbios metabólicos associados ao período de transição (DEFRAIN et al., 2004). Subseqüentemente, iniciaram-se estudos utilizando a glicerina bruta como eventual substituto do milho ou de outros ingredientes que possuem amido rapidamente fermentável na alimentação de ovinos (GUNN et al., 2010; GUNN et al., 2010a; GOMES et al., 2011; MEALE et al., 2013), bovinos (MORIEL et al., 2011; HALES et al., 2013; VAN CLEEF et al., 2014; LAGE et al., 2014; CARVALHO et al., 2014) e caprinos (CHANJULA; PAKDEECHANUAN; WATTANASIT, 2014).

O glicerol, nos ruminantes, pode ser absorvido diretamente pelo epitélio ruminal (43%) ou no intestino delgado (13%), sendo o precursor da glicose em vias

gliconeogênicas no fígado. A terceira forma de utilização é ser fermentado a propionato no rúmen (44%) e, no fígado, metabolizado a oxalacetato, podendo também ser utilizado na gliconeogênese (KREHBIEL, 2008). O desaparecimento do glicerol no rúmen acontece de 4 até 6 horas (ABO EL-NOR et al., 2010; MACH; BACH; DEVANT, 2009), proporcionando alta quantidade de energia prontamente disponível.

Com isso, a glicerina bruta tem potencial para melhorar o *status* de energia em ruminantes. Segundo Chung et al. (2007), *status* de energia é definido como a disponibilidade de energia que pode ser avaliada através do perfil de concentração de metabólitos sanguíneos, tais como a insulina e glicose. Maior concentração de glicose sanguínea foi encontrada quando vacas foram alimentadas com glicerina seca (65% de glicerol) comparadas aos animais que não receberam glicerina (CHUNG et al., 2007).

Pesquisas recentes relataram que o uso da glicerina bruta em concentrações superiores a 10% de inclusão na MS pode causar efeitos negativos no consumo de MS e crescimento de bovinos (DROUILLARD, 2012). No entanto, em dietas que possuem até 10% de glicerina bruta na MS pode gerar efeitos positivos, como observado por Pyatt, Doane e Cecava (2007), que encontraram aumento de 19,2% na eficiência alimentar de bovinos que receberam glicerina bruta. Adicionalmente, Parsons, Shelor e Drouillard (2009) encontraram maior ganho de peso médio diário de bovinos confinados que receberam até 10% de glicerina bruta na MS da dieta.

Em relação à produção de ovinos, Gomes et al. (2011), trabalhando com inclusão de até 30% de glicerina bruta (83% de glicerol) na MS da dieta de cordeiros confinados, não encontraram diferença no consumo de MS e desempenho. Entretanto, Gunn et al. (2010a), ao utilizarem teores de glicerina bruta (89% de glicerol) em até 45% de inclusão na MS, encontraram resultados que implicaram a utilização de até 15% de inclusão na MS da dieta, sem causar efeitos deletérios no consumo de MS e desempenho. Avila-Stagno et al. (2013) alimentaram cordeiros em crescimento com teores de 0 a 21% de glicerina (99,5% de glicerol) e encontraram redução de 12,4% no consumo de MS entre 7 e 21% de inclusão com tendência a reduzir o ganho médio de peso diário em 15,8%.

As alterações no consumo de MS podem estar relacionadas ao comportamento ingestivo dos animais, o qual possui poucos relatos na literatura em relação a ruminantes recebendo glicerina bruta em suas dietas. Segundo Elam et al. (2008), a suplementação com glicerina bruta tem propriedades que podem modular o comportamento ingestivo de bovinos, tais como a redução no consumo de MS sugerida pela possibilidade de aumento na produção de butirato e, conseqüentemente, aumento de beta-hidroxibutirato (BHBA) no plasma que, por sua vez, pode inibir o consumo. Adicionalmente, a glicerina bruta tem potencial em aumentar a ingestão de água quando fornecida para vacas leiteiras (HIPPEN; DEFRAIN; LINKE, 2008) e melhorar a eficiência de ingestão (g/min), diminuindo o tempo de ingestão de alimento sem alterar o consumo de MS (MEALE et al., 2013).

Alguns estudos foram realizados com o propósito de analisar a fermentação ruminal e a influência nos microrganismos ruminais de dietas contendo glicerina. A hipótese era de que o glicerol, contido na glicerina, converte-se primeiramente em propionato no rúmen, sendo usado como precursor para a síntese de glicose (HALES et al., 2013). De maneira geral, as modificações observadas na produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), foram o aumento da produção do propionato e/ou diminuição do acetato (WANG et al., 2009; LEE et al., 2011; ABO EL-NOR et al., 2010; AVILA-STAGNO et al., 2011), resultando em alterações na relação acetato:propionato (WANG et al., 2009; RÉMOND; SOUDAY; JOUANY, 1993; SCHRÖDER; SÜDEKUM, 1999). No entanto, a glicerina também pode aumentar as concentrações de butirato e valerato (ABO EL-NOR et al., 2010; LAGE et al., 2014a).

Segundo Boadi et al. (2004), a maior formação de propionato é um caminho para utilização dos hidrogênios, sendo proposto como um dissipador e, conseqüentemente, essas mudanças em favor da fermentação do propionato podem diminuir a emissão de metano (CH_4). As bactérias metanogênicas são responsáveis pela produção do metano no rúmen, e essa produção por sua vez, depende da concentração de ácidos graxos livres de cadeia curta disponíveis no rúmen. Durante a formação de ácido acético e ácido butírico, ocorre a liberação de hidrogênio, enquanto que na formação de ácido propiônico ocorre a utilização desse hidrogênio, não possibilitando hidrogênios livres para a formação de CH_4 .

Lee et al. (2011) verificaram redução de emissão de metano quando a glicerina purificada foi incubada com alfafa ou milho em estudos *in vitro*. Avila-Stagno et al. (2011) não encontraram efeito na produção de metano *in vitro* quando utilizaram glicerina (99,5% de glicerol) em teores até 21%, corroborando os resultados de Meale et al. (2013) que, ao incluírem glicerina (99,2% de glicerol) em até 12% na MS da dieta como substituto do grão de trigo integral, não encontraram diferenças em condições *in vitro*. No entanto, todos os estudos supracitados trabalharam com dieta de alto amido.

Avila-Stagno et al. (2014), trabalhando com inclusão de glicerina - 99,5% de glicerol - (até 15% na MS) em dietas à base de forragens, utilizando fermentadores semi-contínuos, encontraram o aumento do propionato seguido do aumento do butirato. No entanto, encontraram maior produção de metano e, assim, os autores associaram esse aumento do metano ao butirato, alegando que, neste caso, o propionato não funcionou como dissipador de hidrogênios, não sendo capaz de reduzir a produção de metano.

Estudos realizados por Abo El-Nor et al. (2010) mostraram que a utilização da glicerina alterou a população microbiana. Os autores encontraram redução da concentração de DNA da bactéria *Butyrivibrio fibrisolvens* ao substituírem o milho pela glicerina (99,5 % de glicerol) nos teores de 30 e 45% na MS da dieta. Segundo Roger et al. (1992) e Paggi, Fay e Faverin (2004), a inclusão da glicerina bruta pode causar a diminuição na atividade celulolítica no rúmen por meio da inibição do crescimento de microrganismos, como *Ruminococcus flavefaciens* e *Fibrobacter succinogenes*. Essa inibição pode ocorrer devido à queda do pH (RÉMOND; SOUDAY; JOUANY, 1993), corroborando os resultados de Ramos e Kerley (2012), que encontraram redução linear no pH ruminal quando promoveram a substituição do milho pela glicerina bruta na dieta de bovinos em teores de 0% a 20% na MS.

A redução na atividade celulolítica no rúmen pode causar alterações na digestibilidade da fibra. Abo El-Nor et al. (2010) relataram redução na digestibilidade da fibra em detergente neutro (FDN) com maiores teores de glicerina (30 e 45% na MS) em ensaios *in vitro*. Outros estudos também observaram redução da digestibilidade da fibra, bem como alterações no consumo de MS (LAGE et al., 2010; RAMOS; KERLEY, 2012).

A associação do uso da glicerina bruta a dietas de alto concentrado, visando a maior eficiência dos animais, foi amplamente utilizada como citado anteriormente, tanto na dieta de bovinos (MACH; BACH; DEVANT, 2009; PARSONS; SHELOR; DROUILLARD, 2009), como na dieta de ovinos (GUNN et al., 2010a; AVILA-STAGNO et al., 2013). Entretanto, animais alimentados com dietas de alto concentrado podem apresentar aumento do tamanho dos órgãos e maior peso de gordura interna, como mostrado por Ferreira et al. (1998) e, assim, os animais podem ter um menor rendimento de carcaça. Segundo Owens et al. (1995), o rendimento de carcaça pode ser influenciado pelo peso das partes não integrantes da mesma, entre elas órgãos e vísceras. A modificação no tamanho e peso dos órgãos pode ocorrer para que o organismo consiga atender à elevada demanda do metabolismo dos nutrientes (CAMILO et al., 2012).

Adicionalmente, tendo em vista que o glicerol desaparece rapidamente do rúmen e é metabolizado no fígado, sugere-se que a glicerina bruta pode aumentar a atividade metabólica do fígado, podendo causar alterações no tamanho dos órgãos e na deposição de gordura interna devido ao maior aporte energético. No entanto, estudos com bovinos não mostraram diferenças no rendimento da carcaça quando utilizaram até 12% de inclusão de glicerina bruta (86% de glicerol) na MS da dieta (MACH; BACH; DEVANT, 2009) ou 10% de inclusão de glicerina bruta (80,3% de glicerol) na MS da dieta, substituindo o milho ou a casca de soja (LAGE et al., 2014).

O uso da glicerina bruta pode disponibilizar elevada quantidade de componentes gliconeogênicos devido a maior conversão em propionato e, assim, aumentar a disponibilidade de carbonos que podem ser utilizados na síntese de ácidos graxos (VERSEMANN; WIEGAND; KERLEY, 2008), causando alterações na qualidade da carne, especialmente no teor de ácidos graxos.

A carne de ruminantes contém maiores concentrações de ácidos graxos saturados, comparados com a carne de não ruminantes, devido à intensiva biohidrogenação que ocorre no rúmen, a qual é responsável pela saturação dos ácidos graxos dietéticos consumidos pelos ruminantes, limitando, assim, a disponibilidade de ácidos graxos insaturados livres para a assimilação nos tecidos (KRUEGER et al., 2010).

Segundo Wood et al. (2008), a relação ideal de ácidos graxos poliinsaturados:saturados (P:S) é em torno de 0,4 ou mais. Enser et al. (1996), comparando o perfil de ácidos graxos de cortes comerciais da carne de diferentes espécies, encontraram valores de 0,58; 0,15 e 0,11 para a relação P:S de lombos de suínos, ovinos e bovinos, respectivamente.

Devido a esse fato, o consumo de carne proveniente de ruminantes tem sido frequentemente criticado, pois o consumo de ácidos graxos saturados em excesso está associado a riscos da saúde humana. Os ácidos graxos saturados palmítico e mirístico, por exemplo, podem aumentar a síntese de colesterol e favorecer o acúmulo de lipoproteínas de baixa densidade, fato causador de doenças cardiovasculares (AUROUSSEAU et al., 2004).

A lipólise, processo de decomposição dos lipídeos em glicerol e ácidos graxos através da hidrólise, é um pré-requisito para a biohidrogenação que ocorre no rúmen. Segundo Krueger et al. (2010), a glicerina pode inibir a lipólise e aumentar a concentração de ácidos graxos insaturados na carne. Esses autores avaliaram, em condições *in vitro*, a inclusão de 2 ou 20% de glicerina purificada e, observaram redução no acúmulo de ácidos graxos livres no rúmen de 48% e 77%, respectivamente, quando comparados com o controle. Edwards et al. (2012), fundamentados também em estudos *in vitro*, reportaram que a suplementação com glicerina purificada de 8 a 15% na MS da dieta diminuiu a lipólise sem afetar a digestibilidade da MS no rúmen. Sendo assim, a glicerina bruta tem potencial de aumentar a quantidade de ácidos graxos insaturados disponíveis para serem depositados na carne.

Diversos estudos têm avaliado o perfil de ácidos graxos da carne de animais alimentados com glicerina bruta. Terré et al. (2011), utilizando glicerina bruta (86% de glicerol) nas concentrações de 5 e 10% na MS de dietas para cordeiros na fase de terminação, não encontraram diferença no perfil de ácidos graxos do músculo *Longissimus*. Entretanto, Carvalho et al. (2014) utilizaram concentrações de glicerina bruta (83% de glicerol), variando de 0 a 18% na alimentação de bovinos confinados e, encontraram aumento linear no conteúdo de gordura do músculo *Longissimus* e maior concentração de ácido oleico no músculo em relação à gordura subcutânea, o que pode ser melhor para a saúde humana. Lage et al. (2014), trabalhando com

10% de glicerina bruta e substituindo o milho ou a casca de soja, encontraram um aumento no conteúdo de ácidos monoinsaturados e ácido linoleico conjugado no *Longissimus* de bovinos. Os autores, no entanto, relataram que as mudanças ocorridas podem ser pequenas e/ou insignificantes em termos nutricionais.

Até o momento, as pesquisas, ao utilizarem a glicerina bruta na alimentação de bovinos, mostraram diversos fatores favoráveis à utilização de até 10% de inclusão na MS da dieta (PARSONS; SHELOR; DROUILLARD, 2009; RAMOS; KERLEY 2012; AVILA-STAGNO et al., 2013, MACH; BACH; DEVANT, 2009, EDWARDS et al., 2012, LAGE et al., 2014). Na alimentação de ovinos, os resultados mostraram ser viáveis em até 15% na MS da dieta (GUNN et al., 2010; GUNN et al., 2010a; TERRÉ et al., 2011; MEALE et al., 2013; MUSSELMANN et al., 2008).

De modo geral, os trabalhos supracitados utilizaram dietas de alto concentrado e, conseqüentemente com alto teor de amido. Schroder e Sudekum (1999) sugeriram que a utilização da glicerina associada a dietas de menor teor de amido pode ser mais eficiente em termos de valor energético, uma vez que concluíram que a glicerina adicionada em 20% na MS a dietas de alto amido reduziu a digestibilidade das frações fibrosas, diferentemente de quando adicionada à celulose, que não apresentou diferença. E ainda, os mesmos autores substituíram 10% do milho pela glicerina purificada em dietas de alto teor de concentrado (60% de concentrado) e obtiveram aproximadamente 85% do valor energético quando comparado à dieta de baixo amido com glicerina.

Adicionalmente, segundo Drouillard (2008), a produção de propionato é maior para os animais alimentados com concentrado, podendo haver menos oportunidade para melhorar a eficiência energética quando glicerina é combinada com dieta de alto teor de amido em comparação a dietas à base de forragens. O estudo *in vitro* de Rémond, Souday e Jouany (1993) apoia esta hipótese, uma vez que os autores encontraram aumento substancial na propiogênese quando a glicerina foi adicionada a dietas com alto teor de fibra em comparação a dietas com alto teor de amido.

3. OBJETIVOS

Baseado no que foi exposto, o objetivo deste estudo foi de avaliar o efeito da inclusão de até 30% de glicerina bruta em dietas de alto teor de concentrado, porém com baixo teor de amido, substituindo totalmente o milho na dieta de cordeiros Santa Inês confinados sobre o consumo, digestibilidade de nutrientes, comportamento ingestivo, parâmetros sanguíneos, desempenho, características da carcaça e qualidade de carne.

4. 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.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/biocombustiveis/biodiesel.asp>>, Acesso em: 23/08/2014.

AJANOVIC, A. Biofuels versus food production: Does biofuels production increase food prices? **Energy**, v. 36, n. 4, p. 2070-2076, 2010.

AUROSSEAU, B.; BAUCHART, D.; CALICHON, E.; MICOL, D.; PRIOLO, A. Effect of grass or concentrate feeding systems and rate of growth on triglyceride and phospholipid and their fatty acids in the M. *Longissimus thoracis* of lambs. **Meat Science**, Barking, v. 66, n. 3, p. 531–541, 2004.

AVILA-STAGNO, J.; CHAVES, A. V.; HE, M. L.; HARSTAD, O. M.; BEAUCHEMIN, K. A.; MCGINN, S. M.; MCALLISTER, T. A. Effects of increasing concentrations of glycerol in concentrate diets on nutrient digestibility, methane emissions, growth, fatty acid profiles and carcass traits of lambs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 91, n. 2, p. 829- 837, 2013.

AVILA-STAGNO, J.; CHAVES, A. V.; HERNANDEZ-CALVA, M.; BEAUCHEMIN, K. A.; MCGINN, S. M.; WANG, Y.; HASRTARD, O. M.; MCALLISTER, T. A. Effects of replacing barley grain in feedlot diets with increasing levels of glycerol on in vitro fermentation and methane production. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 166, n. esp., p. 265-268, 2011.

AVILA-STAGNO, J.; CHAVES, A. V.; RIBEIRO JR, G. O.; UNGERFELD, E. M.; MCALLISTER, T. A. Inclusion of glycerol in forage diets increases methane production in a rumen simulation technique system. **British Journal of Nutrition**, London, v. 111, n. 5, p. 829-835, 2014.

BOADI, D.; BENCHAAAR, C.; CHIQUETTE, J.; MASSÉ, D. Mitigation strategies to reduce enteric methane emissions from dairy cows: update review. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 84, n. 3, p. 319-335, 2004.

CAMILO, D. A.; PEREIRA, ; E. S.; PIMENTEL, P. G.; COSTA, M. R. G. F.; MIZUBUTI, I. Y.; RIBEIRO, E. L. A.; CAMPOS, A. C. N.; PINTO, A. P.; MORENO, G. M. B. Peso e rendimento dos componentes não-carcaça de ovinos Morada Nova alimentados com diferentes níveis de energia metabolizável. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 6, p. 2429-2440, 2012.

CARVALHO, J. R.; CHIZZOTTI, M. L.; RAMOS, E. M.; MACHADO NETO, O. R.; LANNA, D. P. D.; LOPES, L. S.; TEIXEIRA, P. D.; LADEIRA, M. M. Qualitative characteristics of meat from young bulls fed different levels of crude glycerin. **Meat Science**, Barking, v. 96, n. 2, p. 977-983, 2014.

CHANJULA, P; PAKDEECHANUAN, P; WATTANASIT, S. Effects of dietary crude glycerin supplementation on nutrient digestibility, ruminal fermentation, blood metabolites, and nitrogen balance of goats. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, Seoul, v. 27, n. 3, p. 365-374, 2014.

CHUNG, Y. H.; RICO, D. E.; MARTINEZ, C. M.; CASSIDY, T. W.; NOIROT, V.; AMES, A.; VARGA, G. A. Effects of feeding dry glycerin to early postpartum Holstein dairy cows on lactational performance and metabolic profiles. **Journal of Dairy Science**, Champaing, v. 90, n. 12, p. 5682-569, 2007.

COOPER, G; WEBER, J.A. An outlook on world biofuel production and its implications for the animal feed. . In: H. P. S. Makkar (Ed.), **Biofuel co-products as livestock feed** - Opportunities and challenges. Rome, 2012. p. 1-12.

DEFRAIN, J. M.; HIPPEN, A. R.; KALSCHEUR, K. F.; JARDON, P. W. Feeding glycerol to transition dairy cows: Effects on blood metabolites and lactation performance. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 87, n. 12, p. 4195-4206, 2004.

DONKIN, S. S. Use of glycerin in dairy diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 86, suppl. 2, p. 392, 2008.

DOZIER, W. A. III; KERR, B. J.; CORZO, A.; KIDD, M. T.; WEBER, T. E.; BREGENDAHL, K. Apparent metabolizable energy of glycerin for broiler chickens. **Poultry Science**, Oxford, v. 87, n. 2, p. 317-322, 2008.

DROUILLARD, J. S. Glycerin as a feed for ruminants: using glycerin in highconcentrate diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 86, suppl. 2, p. 392, 2008.

DROUILLARD, J. S. Utilization of crude glycerin in beef cattle. In: H. P. S. Makkar (Ed.). **Biofuel co-products as livestock feed** - Opportunities and challenges. Rome, 2012. p. 155- 161.

EDWARDS, H. D.; ANDERSON, R. C.; MILLER, R. K.; TAYLOR, T. M.; HARDIN, M. D.; SMITH, S. B.; KRUEGER, N. A.; NISBET, D. J. Glycerol inhibition of ruminal lipolysis *in vitro*. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 95, n. 9, p. 5176-5181, 2012.

ELAM, N. A.; ENG, K. S.; BECHTEL, B.; HARRIS, J. M.; CROCKER, R. Glycerol from Biodiesel Production: Considerations for feedlot diets. In: SOUTHWEST NUTRITION CONFERENCE, 21, 2008, Tempe, AZ, USA. **Proceedings...** Tempe: The University of Arizona, 2008. p. 1-13.

ENSER, M.; HALLETT, K.; HEWITT, B.; FURSEY, G. A. J.; WOOD, J. D. Fatty acid content and composition of english beef, lamb and pork at retail. **Meat Science**, Barking, v. 42, n. 4, p. 443-456, 1996.

FERREIRA, M. A.; VALADARES FILHO, S. C.; SILVA, J. F. C.; PAULINO, M. F.; VALADARES, R. F. D.; CECON, P. R.; MUNIZ, E. B. Composição corporal e exigência líquidas de proteína e energia para ganho de peso de bovinos F1 Simental x Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v. 28, n. 2, p. 352-360, 1998.

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**, Brasília, v. 40, n. 10, p. 2211-2219, 2011.

GUNN, P. J.; NEARY, M. K.; LEMENAGER, R. P.; LAKE, S. I. 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, 2010.

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, 2010a.

HALES, K. E.; BONDURANT, R. G.; LUEBBE, M. K.; COLE, N. A.; MACDONALD, J. C. Effects of crude glycerin in steam-flaked corn-based diets fed to growing feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 91, n. 8, p. 3875-3880, 2013.

HIPPEN, A.; DEFRAIN, J. M.; LINKE, P. L. Glycerol and Other Energy Sources for Metabolism and Production of Transition Dairy Cows. In: FLORIDA RUMINANT NUTRITION SYMPOSIUM – Best Western Gateway Grand Gainesville, 2008, Flórida. **Proceedings...** Gainesville: University of Florida, 2008.

KERR, B. J.; WEBER, T. E.; DOZIER, W. A. III; KID, M. T. Digestible and metabolizable energy content of crude glycerin originating from different sources in nursery pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 87, n. 12, p. 4042-4049, 2009.

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

KRUEGER, N. A.; ANDERSON, R. C.; TEDESCHI, L. O.; CALLAWAY, T. R.; EDRINGTON, T. S.; NISBET, D. J. Evaluation of feeding glycerol on free-fatty acid production and fermentation kinetics of mixed ruminal microbes *in vitro*. **Bioresource Technology**, Barking, v. 101, n. 21, p. 8469-8472, 2010.

LAGE, J. F.; BERCHIELLI, T. T.; SAN VITO, E.; SILVA, R. A.; RIBEIRO, A. F.; REIS, R. A.; DALLANTONIA, E. E.; SIMONETTI, L. R.; DELEVATTI, L. M.; MACHADO, M. Fatty acid profile, carcass and meat quality traits of young Nelore bulls fed crude glycerin replacing energy sources in the concentrate. **Meat Science**, Barking, v. 96, n. 3, p. 1158–1164, 2014.

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.

LAGE, J. F.; RIBEIRO, A. F.; SAN VITO, E.; RIBEIRO JUNIOR, C. S.; DELEVATTI, L. M.; DALANTTONIA, E. E.; BALDI, F.; REIS, R. A. Ruminal fermentation of steers fed crude glycerin replacing starch-vs fiber-based energy ingredients at low or high concentrate diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 92, suppl. 2, p. 798, 2014a.

LAMMERS, P. J.; KERR, B. J.; HONEYMAN, M. S.; STALDER, K.; DOZIER, W. A. III; WEBER, T. E.; KIDD, M. T.; BREGENDAHL, K. Nitrogen-corrected apparent metabolizable energy value of crude glycerol for laying hens. **Poultry Science**, Oxford, v. 87, n. 1, p.104–107, 2008a.

LAMMERS, P. J.; KERR, B. J.; WEBER, T. E.; DOZIER, W. A. III; KIDD, M. T.; BREGENDAHL, K.; HONEYMAN, M. S. Digestible and metabolizable energy of crude glycerol in pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 86, n. 3, p. 602–608, 2008.

LEE, S. Y.; LEE, S. M.; CHO, Y. B.; KAM, D. K.; LEE, S. C.; KIM, C. H.; SEO, S. Glycerol as a feed supplement for ruminants: *In vitro* fermentation characteristics and methane production. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 166, n. esp., p. 269-274, 2011.

MA, F.; HANNA, M. A. Biodiesel production: A review. **Bioresource Technology**, Barking, v. 70, n. 1, p. 1–15, 1999.

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, n. 2, p. 632-638, 2009.

MEALE, S. J.; CHAVES, A. V.; DING, S.; BUSH, R. D.; MCALLISTER, T. A. Effects of crude glycerin supplementation on wool production, feeding behavior, and body condition of Merino ewes. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 91, n. 2, p. 878-885, 2013.

MORIEL, P.; NAYIGIHUGU, V.; CAPPELLOZZA, B. I.; GONÇALVES, E. P.; KRALL, J. M.; FOULKE, T.; CAMMACK, K. M.; HESS, B. W. Camelina meal and crude glycerin as feed supplements for developing replacement beef heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 89, n. 12, p. 4314–4324, 2011.

MUSSELMAN, A.F.; VAN EMON, M.L.; GUNN, P.J.; Rusk, C. P.; Neary, M. K.; Lemenager, R. P.; Lake, S. L. Effects of crude glycerin on feedlot performance and carcass characteristics of market lambs. In: WESTERN SECTION, AMERICAN SOCIETY OF ANIMAL SCIENCES, 59, 2008, West Lafayette. **Proceedings...** West Lafayette: American Society of Animal Sciences, 2008. p. 353-355.

NATIONAL BIODIESEL BOARD. Official site of the National Biodiesel Board. Disponível em: <<http://www.biodiesel.org/>>. Acesso em: 15/08/2014.

OWENS, F. N.; GILL, D. R.; SECRIST, D. S.; COLEMAN, S. W. Review of some aspects of growth and development of feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, n. 10, p. 3152-3172, 1995.

PAGGI, R. A.; FAY, J. P.; FAVERIN, C. *In vitro* ruminal digestibility of oat hay and cellulolytic activity in the presence of increasing concentrations of short-chain acids and glycerol. **Journal of Agriculture Science**, Cambridge, v. 142, n.1, p. 89-96. 2004.

PARSONS, G. L.; SHELOR, M. K.; DROUILLARD, J. S. Performance and carcass traits of finishing heifers fed crude glycerin. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 87, n. 2, p. 653- 657, 2009.

PYATT, N. A.; DOANE, P. H.; CECAVA, M. J. Effect of crude glycerin in finishing cattle diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 85, suppl. 1, p. 409-412, 2007.

RAMOS, M. H.; KERLEY, M. S. Effect of dietary crude glycerol level on ruminal fermentation in continuous culture and growth performance of beef calves. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 90, n. 3, p. 892-899, 2012.

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

ROGER, V.; FONTY, G.; ANDRE, C.; GOUET, P. Effects of glycerol on the growth, adhesion, and cellulolytic activity of rumen cellulolytic bacteria and anaerobic fungi. **Current Microbiology**, New York, v. 25, n. 4, p. 197-196, 1992.

SCHRODER, A.; SUDEKUM, K. H. Glycerol as a by-product of biodiesel production in diets of ruminants. In: 10TH INTERNATIONAL RAPESED CONGRESS, 1999, Canberra. **Proceedings...** Canberra: The Regional Institute, 1999.

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

TERRÉ, M.; NUDDA, A.; CASADO, P.; BACH, A. The use of glycerin in rations for light lamb during the fattening period. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 164, n. 3-4, p. 262–267, 2011.

VAN CLEEF, E. H. C. B.; EZEQUIEL, J. M. B.; D'AUREA, A. P.; FÁVARO, V. R.; SANCANARI, J.B.D. Crude glycerin in diets for feedlot Nellore cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v. 43, n. 2, p. 86-91, 2014.

VERSEMANN, B. A.; WIEGAND, B. R.; KERLEY, M. S.; PORTER, J. H.; ROBERTS, K. S.; EVANS, H. L. Dietary inclusion of crude glycerol changes beef steer growth performance and intramuscular fat deposition. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 86, n. 2, p. 478, 2008.

WANG, C.; LIU, Q.; HUO, W.; YANG, W.; DONG, K.; HUANG, Y.; GUO, G. Effects of glycerol on rumen fermentation, urinary excretion of purine derivatives and feed digestibility in steers. **Livestock Science**, Oxford, v. 121, n. 1, p. 15–20. 2009.

WOOD, J. D.; ENSER, M.; FISHER, A. V.; NUTE, G. R.; SHEARD, P. R.; RICHARDSON, R. I.; HUGHES, S. I.; WHITTINGTON, F. M. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. **Meat Science**, Barking, v. 78, n. 4, p. 343–358, 2008.

CAPÍTULO 2 - Crescimento, digestibilidade e comportamento ingestivo de cordeiros alimentados com glicerina bruta substituindo o milho de dietas de baixo teor de amido

RESUMO - O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos do uso da glicerina bruta (GB) em até 30% de inclusão em dietas de alto concentrado e baixo amido, substituindo totalmente o milho, na terminação de cordeiros sobre o consumo, digestibilidade, comportamento ingestivo, parâmetros sanguíneos e desempenho. Utilizaram-se 40 animais com peso inicial de $23,5 \pm 1,35$ kg que foram distribuídos em delineamento em blocos casualizados com cinco tratamentos. Os tratamentos foram: sem inclusão da GB; inclusão de 7,5% de GB; inclusão de 15% de GB; inclusão de 22,5% de GB e inclusão de 30% de GB na MS. O volumoso utilizado foi o feno de Tifton 85 na proporção de 18,19% e o concentrado (81,81%) foi composto por milho, GB, glutenose, óleo de milho, ureia, farelo de girassol, casca de soja e sal mineral. O experimento teve duração média de 72 ± 7 dias e os animais foram abatidos com aproximadamente 38 kg. O procedimento utilizado para análises dos dados foi o MIXED do programa SAS e os efeitos dos tratamentos foram decompostos em contrastes linear, quadrático, bem como o efeito da dieta com 0% de GB *versus* a média de todos os tratamentos que continham GB. Os contrastes foram considerados significativos quando $P \leq 0,05$ e tendência quando $P < 0,10$. O consumo da MS e dos nutrientes não foram afetados pela GB ($P > 0,10$), exceto o consumo de FDN que diminuiu linearmente no ensaio de comportamento e desempenho com o aumento da GB ($P = 0,01$). A digestibilidade da MS, MO e PB aumentou linearmente a medida que a GB foi adicionada e a digestibilidade do EE apresentou comportamento quadrático com o a inclusão da GB ($P = 0,01$). Na avaliação de comportamento, o tempo despendido para ruminção e ingestão+ruminção em min/g de FDN aumentou linearmente com a inclusão da GB ($P \leq 0,02$). Glicose, insulina e o desempenho dos animais não apresentaram diferença significativa ($P \geq 0,11$). A glicerina bruta utilizada em até 30% na MS tem potencial em substituir o milho total de dietas com baixo teor de amido para cordeiros confinados.

Palavras-chave: alto concentrado, consumo, desempenho, eficiência alimentar

1. INTRODUÇÃO

Com o aumento da produção de biodiesel, os estoques de glicerina bruta nas indústrias têm aumentado, podendo ocasionar a redução no preço. Com isso, a glicerina bruta tem-se tornado um coproduto altamente promissor na alimentação animal, especialmente na nutrição de ruminantes, em diferentes áreas de produção (DONKIN et al., 2009; AVILA-STAGNO et al., 2011; MEALE et al., 2013; LAGE et al., 2014), devido ao alto valor energético do glicerol, o principal componente da glicerina bruta.

Em ruminantes, o glicerol pode ser absorvido diretamente pelo epitélio ruminal ou no intestino delgado, sendo o precursor da glicose em vias gliconeogênicas no fígado. Ou ainda, ser fermentado a propionato no rúmen e, no fígado, ser metabolizado a oxalacetato, que também pode ser utilizado na gliconeogênese (KREHBIEL, 2008). Portanto, o fornecimento da glicerina bruta pode aumentar a concentração de glicose na corrente sanguínea, como mostrado por Chung et al. (2007) que, ao alimentarem vacas leiteiras com glicerina bruta (65% de glicerol), detectaram maior concentração de glicose no sangue e, conseqüentemente, maior energia disponível.

Quase todos os estudos com glicerina bruta na nutrição de ruminantes utilizaram dietas de alto teor de concentrado e, conseqüentemente, com alto teor de amido. Na maioria das vezes, foram encontraram resultados satisfatórios ou inalterados apenas com moderados teores de inclusões. A utilização da glicerina bruta na alimentação de bovinos entre 10 e 12% na MS da dieta não causou alterações no consumo, desempenho e digestibilidade da MS e nutrientes (SCHRODER; SUDEKUM, 1999; MACH; BACH; DEVANT, 2009; PARSONS; SHELOR; DROUILLARD, 2009).

Em ovinos, trabalhos demonstraram efeitos deletérios no consumo e desempenho de cordeiros quando alimentados com mais de 15% de glicerina bruta na MS da dieta (GUNN et al., 2010; GUNN et al., 2010a; TERRÉ et al., 2011) ou diminuição linear no consumo de MS em até 21% de inclusão na MS (AVILA-STAGNO et al., 2013), além de redução na digestibilidade da FDN com a

substituição do milho pela glicerina bruta (até 45% na MS) em condições *in vitro* (ABO EI-NOR et al., 2010).

Entretanto, Schroder e Sudekum (1999) sugeriram que a utilização da glicerina associada a dietas de menor teor de amido pode ser mais eficiente em termos de valor energético quando comparada à inclusão de glicerina em dietas com alto teor de amido. Rémond, Souday e Jouany (1993) observaram que as taxas máximas de desaparecimento da glicerina purificada foram ligeiramente superiores quando a glicerina foi adicionada a fermentadores contendo celulose, em vez de adicionada a fermentadores que continham amido. Adicionalmente, Schroder e Sudekum (1999) concluíram que a glicerina, quando adicionada a dietas de alto amido, reduziu a digestibilidade das frações fibrosas, diferentemente de quando adicionada à celulose, que não apresentou diferença.

A possibilidade de maior eficiência da glicerina bruta em dietas de baixo amido (SCHRODER; SUDEKUM, 1999; RÉMOND; SOUDAY; JOUANY, 1993), associada ao fato de que a produção de propionato é maior em animais alimentados com concentrado (DROUILLARD, 2008), levou-nos à hipotetizar que a associação de elevados teores de glicerina bruta em dietas de alto concentrado, porém com baixo teor de amido, pode elevar a eficiência energética e, conseqüentemente, melhorar ou manter o desempenho dos animais e a digestibilidade dos nutrientes.

Neste sentido, objetivou-se avaliar o consumo, digestibilidade, comportamento ingestivo, parâmetros sanguíneos e desempenho de cordeiros recebendo dietas de alto teor de concentrado e baixo teor de amido com teores crescentes de glicerina bruta, promovendo a substituição total do milho.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local do experimento

O experimento foi conduzido na Unidade Animal de Estudos Digestivos e Metabólicos pertencente ao Departamento de Zootecnia da Universidade Estadual Paulista (Unesp), localizada em Jaboticabal, São Paulo, Brasil (21°14'44.45" S e 48°17'43.55" W, 595 m de altitude). Os procedimentos experimentais seguiram as

diretrizes do Comitê de Ética e Bem-Estar Animal (CEBEA) e estão de acordo com os Princípios Éticos na Experimentação Animal adotados pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA) de acordo com o protocolo de número 006558/12.

2.2. Animais e instalações

Foram utilizados 40 cordeiros não castrados da raça Santa Inês, com peso médio inicial de $23,5 \pm 1,35$ kg e aproximadamente 90 dias de idade. Estes foram alojados em baias individuais ripadas de 1,0 x 2,0 m, providas de comedouro e bebedouro.

2.3. Dietas experimentais

Foram utilizadas as seguintes dietas experimentais: G0 – sem inclusão da glicerina bruta; G7.5 – inclusão de 7,5% de glicerina bruta; G15 – inclusão de 15% de glicerina bruta; G22.5 – inclusão de 22,5% de glicerina bruta e G30 – inclusão de 30% de glicerina bruta na MS. A glicerina bruta utilizada no experimento foi proveniente da indústria do biodiesel produzido a partir de óleos vegetais de soja e girassol, pela rota metílica, na Caramuru Alimentos S/A, São Simão – GO, Brasil e continha, aproximadamente, 83% de glicerol, 6% de sais (dos quais 99% era NaCl), 0,01% de metanol e 11% de água. O volumoso utilizado foi o feno moído de Tifton 85 na proporção de 18,19% e o concentrado (81,81%) era composto por milho moído, glicerina bruta, glutenose, óleo de milho, ureia, farelo de girassol, casca de soja e sal mineral. A glutenose e a ureia foram utilizadas como fontes proteicas para ajustar o teor de proteína bruta das dietas, e o óleo de milho para ajustar o teor de extrato etéreo (EE).

Os ingredientes foram amostrados no início do experimento e mantidos a -10 °C para posteriores análises. A composição bromatológica da dieta foi calculada a partir dos ingredientes coletados.

As dietas foram formuladas para atender às exigências de cordeiros em crescimento de acordo com as recomendações descritas no NRC (2007) para um ganho de 200 g/dia. Na Tabela 1 encontra-se a composição bromatológica dos

ingredientes e na Tabela 2 a porcentagem dos ingredientes e a composição bromatológica das dietas experimentais.

Tabela 1. Composição bromatológica dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais

Ingredientes	MS	MO	FDN	Amido	PB	EE
	%			% MS		
Feno de Tifton	86,2	94,3	78,3	2,2	9,6	1,5
Milho moído	85,0	98,5	25,2	64,5	10,6	5,6
Glutenose	87,3	94,0	0,0	17,7	67,7	3,9
Farelo de girassol	87,2	94,7	50,3	4,9	29,7	1,4
Casca de soja	86,2	95,6	72,3	2,3	11,4	1,7

Análises realizadas no laboratório de ingredientes e gases poluentes, da Universidade Estadual Paulista – Unesp, câmpus de Jaboticabal

Tabela 2. Concentrações dos nutrientes e a composição bromatológica das dietas experimentais com inclusão de glicerina bruta (0, 7,5, 15, 22,5 e 30%) na terminação cordeiros Santa Inês confinados

Item	Glicerina bruta (% MS)				
	0	7,5	15	22,5	30
Ingredientes, %					
Feno de Tifton	18,19	18,19	18,19	18,19	18,19
Milho moído	35,87	26,94	18,00	9,12	0,00
Glicerina bruta	0,00	7,50	15,00	22,50	30,05
Glutenose	0,00	1,05	2,11	3,10	4,30
Óleo de milho	0,00	0,30	0,59	0,88	1,18
Ureia	0,76	0,84	0,93	1,02	1,10
Farelo de girassol	23,37	23,37	23,37	23,37	23,37
Casca de soja	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
Sal mineral ¹	1,81	1,81	1,81	1,81	1,81
Nutrientes ² , %					
MS	86,28	86,80	87,33	87,86	88,40
PB	16,98	16,94	16,90	16,86	16,88
FDN	49,47	47,20	44,95	42,72	40,47
Cinzas	5,29	5,62	5,95	6,28	6,61
EE	2,81	2,72	2,63	2,54	2,45
EB	4,03	4,01	3,99	3,97	3,95
Amido	25,16	19,51	13,91	8,36	2,73

¹Composição: Cálcio 115 mg; Cobalto 100 mg; Cobre 600 mg; Enxofre 30 mg; Ferro 1200 mg; Fluor 600 mg; Fósforo 60 mg; Iodo 130 mg; Magnésio 10 mg; Manganês 600 mg; Selênio 12 mg; Sódio 175 mg; Zinco 4000 mg

²Todos os nutrientes foram analisados

2.4. Procedimentos experimentais

Os animais foram alimentados duas vezes ao dia, às 08 e 17 h e tiveram livre acesso à água. As dietas foram fornecidas em uma mistura completa em que o feno e o concentrado foram pesados separadamente e misturados à glicerina bruta no momento do fornecimento em cada uma das refeições diárias.

Os animais foram submetidos a um período pré-experimental de 14 dias para adaptação às instalações e às dietas experimentais. Posteriormente, iniciou-se a fase experimental que teve duração média de 72 ± 7 dias, até os animais atingirem, individualmente, o peso de abate pré-determinado de 38 kg. As dietas utilizadas na adaptação foram as mesmas do período experimental.

2.5. Digestibilidade aparente da MS e dos nutrientes

A avaliação da digestibilidade da MS e dos nutrientes foi realizada do 30° ao 32° dia do experimento, quando o peso médio dos animais atingiu 30 kg. A digestibilidade aparente foi determinada indiretamente, usando a fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) como indicador interno, o qual foi determinado pela técnica de incubação *in situ* do ofertado, das sobras e das fezes durante 288 horas segundo Valente et al. (2011).

As amostras de fezes foram coletadas durante três dias no seguinte esquema: 06 e 18 h no primeiro dia, 10 e 22 h no segundo dia, 14 e 02 h no terceiro dia, perfazendo um total de 24 horas de coleta com intervalo de 4 horas entre cada coleta. Amostras do ofertado e sobras foram também coletadas durante os dias de coleta de fezes e armazenadas a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ e, ao final, do período foram realizadas amostras compostas para posteriores análises bromatológicas.

A excreção fecal e os coeficientes de digestibilidade aparente da MS e dos demais nutrientes foram determinados utilizando as equações Eq. 1 e Eq. 2:

$$\text{Produção fecal de MS} = \frac{\text{FDNi ingerido}}{\text{FDNi das fezes}} \times 100 \quad \text{Eq. [1]}$$

A ingestão de FDNi foi expressa em grama e a quantidade de FDNi fecal foi expressa em porcentagem.

$$\text{Digestibilidade aparente} = \frac{(\text{nutriente ingerido} - \text{nutriente excretado})}{\text{nutriente ingerido}} \times 100 \quad \text{Eq. [2]}$$

2.6. Comportamento ingestivo

A avaliação do comportamento ingestivo foi realizada em seguida ao experimento de digestibilidade. Dois avaliadores treinados realizaram observações a cada cinco minutos durante dois dias, totalizando um período de 48 horas de avaliações. As atividades identificadas foram: ingestão de água, ingestão de alimento, ruminação, ócio e outras atividades. Além dessas atividades, foi calculada a eficiência de ingestão, de ruminação e da ingestão+ruminação (eficiência de mastigação) através da relação entre o tempo gasto em cada atividade com a ingestão de MS (min/kg de MS) e ingestão de FDN (min/kg de FDN). Os observadores foram posicionados de maneira estratégica para evitar distúrbios ou estresse dos animais durante as avaliações.

2.7. Glicose e insulina

A avaliação da glicose e insulina foi feita através de coleta de sangue nos animais no início do experimento (dia 1) e um dia antes do abate, sempre no período da manhã, quatro horas após a alimentação.

A colheita de sangue foi feita através de punção da veia coccígea em tubos de 4,0 mL (BD Vacuotainer® Fluoreto/EDTA) e em tubos de 10,0 mL (BD Vacuotainer® com ativador de coágulo).

As amostras foram colocadas no gelo e posteriormente foram centrifugadas a 2.500 rpm durante 15 min a 4 °C, resultando na separação do soro ou plasma que foram estocados a - 10 °C em tubos Eppendorf® até a análise laboratorial. As amostras foram analisadas para glicose (Kit Glicose Liquiform Vet, Labtest Diagnóstica SA, Lagoa Santa, Brasil) e insulina (Kit ADVIA Centaur CP Insulina - IRI

- fabricado no Japão pela Kyowa Medex Co., Ltd. Para a Siemens Healthcare Diagnostics Inc., Tarrytown, NY, EUA).

2.8. Desempenho

Após o período de adaptação, no qual os animais receberam as mesmas dietas do período experimental, todos os animais foram pesados no período pré-prandial, após jejum sólido de 16 horas para determinar o peso inicial.

Posteriormente, foram realizadas pesagens a cada sete dias para acompanhar o crescimento dos animais até atingirem peso corporal (PC) de abate pré-estabelecido de 38 kg. No entanto, nessas pesagens, os animais não passaram por jejum, sendo o peso final de cada animal determinado no dia do abate após jejum sólido de 16 horas.

O ganho médio diário (GMD) foi obtido através da diferença entre o peso inicial e o peso final, dividido pelo número de dias de confinamento que cada animal foi submetido. A eficiência alimentar (EA) foi calculada dividindo-se o GMD pelo consumo de MS.

Para o cálculo do consumo voluntário, as sobras foram contabilizadas diariamente, e a quantidade de alimento oferecida foi calculada de acordo com a ingestão do dia anterior, sendo feito ajustes quando necessários para que a sobra não ultrapassasse 10% do fornecido.

Amostragens das sobras foram realizadas diariamente para a formação de uma amostra composta ao final do experimento e, assim, ser analisada. O consumo de MS e dos nutrientes foi determinado através da diferença entre o ofertado e a sobra, baseando-se nas análises químico-bromatológicas das amostras compostas de cada animal.

2.9. Análises bromatológicas

As amostras de ingredientes, sobras e fezes foram secas em estufa de circulação forçada de ar em temperatura de 55 °C por 72 horas. Após a secagem, as amostras foram moídas em moinho de faca (Wiley; AH Thomas, Philadelphia, PA),

com peneira de crivo de 1mm e analisadas para a determinação dos teores de matéria seca (MS; AOAC,1995; método 930.15), matéria mineral (MM; AOAC, 1990; método 942.05), proteína bruta (PB; AOAC, 1990; método 981.10) e extrato etéreo (EE; AOAC, 1990; método 930.15).

A fibra em detergente neutro (FDN) foi determinada segundo método de Van Soest, Robertson e Lewis (1991), utilizando um ANKOM 2000 analisador de fibra (ANKOM Technologies, Macedon, NY) com adição de alfa-amilase termo estável. A concentração do amido das dietas experimentais foi determinada utilizando o método proposto por Hendrix (1993).

2.10. Análises estatísticas

Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, sendo que os animais foram blocados de acordo com o peso e distribuídos aleatoriamente em cinco tratamentos (teores de inclusão de glicerina bruta).

Os dados de consumo, digestibilidade aparente, comportamento ingestivo e desempenho foram analisados como modelos mistos, utilizando o procedimento MIXED do SAS 9.2 (SAS Inst. Inc., Cary, NC). Os tratamentos foram considerados como efeito fixo e os blocos como efeito aleatório. Os efeitos dos tratamentos foram decompostos em contrastes linear, quadrático, bem como o efeito da dieta com 0% de glicerina *versus* a média de todos os tratamentos que continham glicerina bruta. Os contrastes foram considerados significativos quando o valor de P foi $\leq 0,05$ e tendência quando o valor de P foi $< 0,10$.

Os dados de concentração de glicose e insulina foram analisados como medidas repetidas no tempo, utilizando o procedimento MIXED do SAS 9.2 (SAS Inst. Inc., Cary, NC). Neste modelo, foram inclusos os efeitos da dieta, do tempo e a interação da dieta x tempo como efeitos fixos e o bloco como efeito aleatório. O tempo refere-se aos dois momentos em que foram feitas as coletas (início do experimento - dia 1, e um dia antes do abate). A melhor matriz de covariância utilizada foi escolhida de acordo com o critério de Akaike. Os efeitos foram considerados significativos quando o valor de P foi $\leq 0,05$ e tendência quando o valor de P foi $< 0,10$.

3. RESULTADOS

3.1. Consumo

O consumo de MS não foi afetado pela inclusão da glicerina bruta durante as mensurações de digestibilidade, comportamento ingestivo e desempenho ($P \geq 0,10$; Tabelas 3, 4 e 6). O consumo de FDN tendeu a diminuir linearmente com o aumento da glicerina bruta em até 30% de inclusão na digestibilidade ($P = 0,06$; Tabela 3). No entanto, no ensaio de comportamento ingestivo e desempenho, o consumo de FDN diminuiu linearmente com a inclusão da glicerina bruta ($P = 0,01$; Tabelas 4 e 6). O consumo de EE tendeu a diminuir com a inclusão da glicerina bruta nas mensurações de desempenho ($P = 0,06$; Tabela 6).

3.2. Digestibilidade aparente da MS e nutrientes

A digestibilidade aparente da MS, MO e PB teve comportamento linear crescente com o aumento dos teores de glicerina bruta ($P \leq 0,03$). Quando feito o contraste comparando o tratamento controle com os demais tratamentos que continham glicerina bruta, a digestibilidade da MS, MO e EE das dietas que continham glicerina bruta foi maior que da dieta controle ($P \leq 0,05$). A digestibilidade do EE apresentou comportamento quadrático crescente com a inclusão de glicerina ($P = 0,04$; Tabela 3).

Tabela 3. Efeito da inclusão de glicerina bruta (0, 7,5, 15, 22,5 e 30%) em dieta de cordeiros Santa Inês confinados no consumo e digestibilidade aparente da matéria seca e nutrientes

Item	Glicerina bruta (% MS)					EPM ¹	P valor - contrastes		
	0	7,5	15	22,5	30		L ²	Q ³	Cont vs Gli ⁴
Consumo ⁵ , g/d									
MS	1197	1241	1346	1209	1360	56,6	0,10	0,88	0,15
MO	1124	1160	1253	1120	1254	52,7	0,18	0,87	0,22
PB	205	213	230	205	230	9,3	0,15	0,85	0,17
EE	34	35	36	31	34	1,4	0,24	0,79	0,69
FDN	590	580	600	514	548	26,1	0,06	0,85	0,31
Digestibilidade, %									
MS	63,0	64,7	67,3	69,1	67,9	1,52	0,01	0,28	0,02
MO	63,9	65,4	67,6	69,1	68,2	1,51	0,02	0,33	0,05
PB	64,5	65,3	68,0	68,4	69,7	1,89	0,03	0,85	0,14
EE	75,2	82,5	84,1	82,7	83,5	1,94	0,01	0,04	<0,01
FDN	50,8	49,4	50,2	50,3	44,7	2,36	0,14	0,31	0,44

¹Erro padrão da média

²Contraste linear

³Contraste quadrático

⁴Contraste tratamento controle x tratamentos com glicerina bruta

⁵Os dados de consumo de MS, MO e nutrientes são do 30° ao 32° dia de experimento, correspondendo aos dias de coleta de fezes

3.3. Comportamento ingestivo

O tempo despendido pelos animais ingerindo ração em min/d e em min/g de MS não foi afetado pela inclusão da glicerina bruta ($P \geq 0,15$). Entretanto, quando observado em min/g de FDN, o tempo gasto pelos animais ingerindo ração tendeu a aumentar com a inclusão da glicerina bruta ($P = 0,09$).

O mesmo ocorreu para o tempo gasto pelos animais ruminando, o qual não diferiu entre os tratamentos quando avaliado em min/d e min/g de MS ($P \geq 0,38$). No entanto, o tempo utilizado para ruminação em min/g de FDN aumentou linearmente com a inclusão da glicerina bruta ($P = 0,02$).

O somatório da ingestão e da ruminação não apresentou diferença estatística ($P \geq 0,25$) quando avaliado em min/d e min/g de MS. Porém, ao ser observado em min/g de FDN, apresentou comportamento linear crescente com o aumento da glicerina bruta ($P = 0,01$) e tendeu a ser maior nos tratamentos que continham glicerina bruta quando comparados com o tratamento controle ($P = 0,09$).

Para as atividades de ingestão de água e ócio (min/d) não houve diferenças significativas entre os tratamentos ($P \geq 0,10$), enquanto que os animais que receberam glicerina bruta em até 30% tenderam a gastar maior tempo em outras atividades (min/d) do que os animais que receberam o tratamento controle ($P = 0,06$; Tabela 4).

Tabela 4. Efeito da inclusão de glicerina bruta (0, 7,5, 15, 22,5 e 30%) em dieta de cordeiros Santa Inês confinados no comportamento alimentar

Item	Glicerina bruta (% MS)					EPM ¹	P valor - contrastes		
	0	7,5	15	22,5	30		L ²	Q ³	Cont vs Gli ⁴
Consumo ⁵ , g/d									
MS	1229	1242	1345	1181	1336	56,9	0,34	0,93	0,42
FDN	606	577	602	500	538	26,5	0,01	0,92	0,06
Atividades									
Ingestão									
min/d	230	238	259	235	226	14,1	0,78	0,15	0,58
min/g de MS	0,19	0,19	0,19	0,20	0,17	0,011	0,41	0,22	0,89
min/g de FDN	0,39	0,42	0,43	0,48	0,43	0,025	0,09	0,21	0,10
Ruminação									
min/d	428	399	455	418	424	16,6	0,84	0,70	0,84
min/g de MS	0,35	0,32	0,34	0,36	0,32	0,018	0,63	0,93	0,38
min/g de FDN	0,72	0,70	0,76	0,85	0,81	0,042	0,02	0,84	0,19
Ingestão+ruminação									
min/d	658	637	715	653	649	23,7	0,98	0,25	0,85
min/g de MS	0,55	0,52	0,53	0,56	0,50	0,024	0,46	0,52	0,48
min/g de FDN	1,10	1,12	1,19	1,33	1,23	0,058	0,01	0,47	0,09
Ingestão de água, min/d	13	19	20	18	17	3,7	0,48	0,20	0,15
Ócio, min/d	577	545	478	559	522	25,9	0,26	0,17	0,10
Outras atividades, min/d	192	239	228	210	252	17,5	0,12	0,80	0,06

¹Erro padrão da média

²Contraste linear

³Contraste quadrático

⁴Contraste tratamento controle x tratamentos com glicerina bruta

⁵Os dados de consumo de MS e FDN são referentes aos dias que ocorreram as observações do comportamento ingestivo

3.4. Glicose, insulina e desempenho dos animais

As concentrações sanguíneas de insulina e glicose não foram afetadas pela inclusão de glicerina bruta na dieta ($P \geq 0,11$), bem como não sofreram efeito do tempo (início e fim do período experimental) em que as coletas foram realizadas ($P \geq 0,19$; Tabela 5).

O peso inicial, peso final, dias de confinamento, GMD e EA não tiveram diferenças significativas ($P \geq 0,14$). O GMD apresentou média de 207 g/d, (Tabela 6).

Tabela 5. Efeito da inclusão de glicerina bruta (0, 7,5, 15, 22,5 e 30%) em dieta de cordeiros Santa Inês confinados na concentração sanguínea de insulina e glicose

Item	Glicerina bruta (% MS)					EPM	Tempo ¹		EPM ²	P valor		
	0	7,5	15	22,5	30		Início	Final		D ³	T ⁴	D*T ⁵
Insulina μ IU/mL	4,4	5,2	7,9	2,4	8,0	1,73	5,6	5,5	1,10	0,11	0,96	0,69
Glicose mg/dL	73,3	72,7	78,1	68,2	75,4	2,74	75,2	71,9	1,73	0,13	0,19	0,53

¹Momentos em que as coletas foram realizadas (início do experimento e final do experimento)

²Erro padrão da média

³Efeito das dietas (inclusão de glicerina bruta)

⁴Efeito do momento da coleta (início e final do experimento)

⁵Interação entre a dieta e o tempo

Tabela 6. Efeito da inclusão de glicerina bruta (0, 7,5, 15, 22,5 e 30%) em dieta de cordeiros Santa Inês confinados no consumo de MS e nutrientes e desempenho

Item	Glicerina bruta (% MS)					EPM ¹	P valor - contrastes		
	0	7,5	15	22,5	30		L ²	Q ³	Cont vs Gli ⁴
Consumo ⁵ , g/d									
MS	1222	1265	1343	1243	1312	51,1	0,33	0,51	0,25
MO	1148	1183	1249	1151	1209	47,5	0,55	0,51	0,36
PB	210	218	231	212	225	8,6	0,41	0,50	0,26
EE	36	36	36	32	33	1,3	0,06	0,52	0,43
FDN	601	588	595	522	524	23,6	0,01	0,56	0,11
Desempenho									
Peso Inicial, kg	23,2	23,6	23,6	23,3	23,8	1,36	0,43	0,96	0,39
Peso Final, kg	37,5	38,2	38,3	37,4	37,9	0,45	0,98	0,43	0,41
Dias de conf. ⁶	80	70	64	72	74	7,3	0,67	0,14	0,21
GMD ⁷ , g/d	198	209	228	202	198	19,4	0,88	0,23	0,58
EA ⁸ g ganho/g IMS	0,16	0,16	0,17	0,16	0,15	0,015	0,78	0,21	0,68

¹ Erro padrão da média

² Contraste linear

³ Contraste quadrático

⁴ Contraste tratamento controle x tratamentos com glicerina bruta

⁵ Os dados de consumos apresentados são referentes ao período total do experimento

⁶ Dias de confinamento

⁷ Ganho médio diário

⁸ Eficiência alimentar - g ganho de PC/g de ingestão de MS

4. DISCUSSÃO

4.1. Consumo

De maneira geral, dietas com alto teor de concentrado à base de ingredientes compostos por amido altamente fermentáveis tendem a reduzir a ingestão de MS. De acordo com Tremere et al. (1968), a redução no consumo pode ocorrer com o uso de 70 a 75% de concentrado. Segundo Huntington e Junell (2010), o aumento no consumo de amido aumenta a produção de ácidos orgânicos, acidificando o ambiente ruminal. Da mesma forma, Gunn et al. (2010) sugeriram que a glicerina bruta em concentrações superiores a 15% na MS da dieta pode alterar o ambiente ruminal devido à redução do pH (RAMOS; KERLEY, 2012), diminuindo a atividade

celulolítica (PAGGI; FAY; FAVERIN, 2004) e, conseqüentemente, reduzindo o consumo de MS.

No entanto, no presente estudo não encontramos diferença no consumo de MS com a inclusão da glicerina em até 30%, substituindo o milho total, em dietas com 81,81% de concentrado. A falta de efeito no consumo de MS está de acordo com a hipótese inicial, pois, com a adição da glicerina em substituição ao milho, a concentração de amido da dieta reduziu drasticamente, variando de 25,16% a 2,73%, sugerindo, então, que o ambiente ruminal pode não ter sido afetado ao ponto de prejudicar o consumo de MS dos animais. Os nossos resultados estão de acordo com os de Gomes et al. (2011) que substituíram o milho total pela glicerina bruta em dietas de alto concentrado (60%) com baixo amido (feno de aveia) e não encontraram diferença no consumo de MS de cordeiros confinados, sugerindo que a glicerina bruta pode substituir o milho total em dietas de baixo teor de amido sem causar efeitos deletérios no consumo de MS.

A diferença encontrada no consumo de FDN e EE pode estar associada aos teores desses nutrientes na dieta, que apresentaram redução numérica com a inclusão da glicerina bruta substituindo o milho (Tabela 2).

4.2. Digestibilidade da MS e dos nutrientes

Diferentemente do presente estudo, pesquisadores não encontraram diferença na digestibilidade dos nutrientes quando utilizaram glicerina bruta em até 21% na MS da dieta de cordeiros ou cabras em estudos *in vivo* (AVILA-STAGNO et al., 2013; CHANJULA; PAKDEECHANUAN; WATTANASIT, 2014), ou observaram redução na digestibilidade da FDN com a substituição do milho pela glicerina bruta (até 45% na MS) em condições *in vitro* (ABO EI-NOR et al., 2010; SHIN et al., 2012). No entanto, esses trabalhos utilizaram dietas de alto teor de amido.

Da mesma forma, Rémond, Souday e Jouany (1993), em ensaios *in vitro*, não encontraram diferenças na digestibilidade da MO quando o glicerol foi adicionado em até 20% a um substrato de amido de trigo. Entretanto, tiveram maior digestibilidade quando o substrato foi a celulose. Schroder e Sudekum (1999) avaliaram dietas de alto e baixo teor de amido, contendo 20% na MS de glicerina

purificada e observaram que a mesma não afetou ou teve efeito positivo sobre a digestibilidade da MO, amido e fibra quando adicionada em concentrado de baixo teor de amido, diferentemente de quando adicionaram a glicerina purificada em dietas de alto amido, causando redução na digestibilidade da FDN. Sendo assim, o aumento da digestibilidade da MS, MO, PB e EE e a ausência de efeito na digestibilidade de FDN encontrados no presente estudo sustentam a hipótese inicial de que a glicerina bruta adicionada em dieta de baixo amido pode manter ou melhorar a digestibilidade das dietas.

Os resultados encontrados anteriormente, utilizando-se dietas com alto teor de amido, podem estar associados ao fato de que a glicerina bruta reduziu a atividade celulolítica no rúmen (ROGER et al., 1992; PAGGI; FAY; FAVERIN, 2004), bem como a concentração das bactérias *Butyrivibrio fibrisolvens* e *Selenomonas ruminantium* (ABUGHAZALEH et al., 2011). Assim, sugere-se que esta redução na população bacteriana ocorreu devido ao menor pH que a associação da glicerina bruta com dietas de alto teor de amido pode proporcionar (MACH; BACH; DEVANT, 2009; RAMOS; KERLEY, 2012), uma vez que as espécies predominantes de bactérias celulolíticas do rúmen são prejudicadas em pH menor que 6,0 (RUSSELL; WILSON, 1996).

Baseando-nos em estudos de Rémond, Souday e Jouany (1993) que, ao adicionar glicerol em até 20% em fermentadores contendo amido ou celulose como substrato, encontraram menor queda do pH em celulose (de 7,01 a 6,73) do que em amido (de 6,95 a 5,72). Adicionalmente, Schroder e Sudekum (1999), ao alimentarem bovinos canulados com uma mistura de 40:60 (forragem:concentrado) com consumo médio diário de 13,4 kg de MS, identificaram queda mais acentuada no pH quando a dieta com amido foi associada à glicerina (15%) (consumo de 1,1 kg de glicerina e 1,4 kg de amido), comparada com a dieta com amido e livre de glicerina (consumo de 2,1 kg de amido). Sendo assim, podemos sugerir que a glicerina bruta em elevados teores, associada a dietas de baixo amido, tem potencial em proporcionar um ambiente ruminal mais favorável do que associada a dietas de alto amido.

Ainda em relação à digestibilidade da FDN, ao observarmos os resultados de comportamento ingestivo (Tabela 4), podemos considerar que a eficiência de

mastigação em min/g de FDN ingerido aumentou com a inclusão da glicerina bruta, podendo sugerir que os animais utilizaram de forma mais efetiva a FDN quando receberam glicerina bruta.

Alterações na digestibilidade do EE encontradas no presente estudo também podem estar relacionadas à inclusão crescente do óleo de milho nas dietas com presença de glicerina bruta (Tabela 2), a qual ocorreu para que a densidade energética das dietas fosse ajustada. Porém, os óleos são prontamente disponíveis para o animal, podendo alcançar digestibilidade de 90% ou mais. Portanto, alterações na digestibilidade do EE das dietas que continham glicerina bruta estão associadas à adição do óleo de milho e não à glicerina bruta.

Com base nas evidências citadas acima, é provável que a glicerina possa substituir o milho em dietas de baixo amido, não interferindo ou melhorando a digestibilidade da dieta. No entanto, pode ter efeitos deletérios em dietas compostas por ingredientes altamente fermentáveis.

4.2. Comportamento ingestivo

Como não foi observada diferença no consumo de MS, a atividade de ingestão de alimento (min/d) também não apresentou mudanças com a inclusão da glicerina. O aumento no tempo gasto pelos animais que receberam glicerina bruta para a ingestão de alimento expressa em min/g de FDN, bem como para a ruminação em min/g de FDN aconteceu devido à menor quantidade de FDN consumida pelos animais associada a não diferença no tempo gasto para o consumo de alimento em min/d. Portanto, ocorreu uma melhora na eficiência de ingestão, ruminação e mastigação em relação à ingestão de FDN, possibilitando melhorar a eficiência do uso de FDN.

Diferentemente do presente estudo, Meale et al. (2013) encontraram diminuição no tempo gasto pelos animais ingerindo alimento (min/d) quando substituíram o grão de trigo inteiro por até 12% de glicerina bruta em dietas para ovelhas Merino. Entretanto, não encontraram diferença no consumo de MS dessas ovelhas e, com isso, observaram tendência a aumentar o consumo de alimento em

g/min com a inclusão da glicerina bruta, indicando possibilidade de melhorar a eficiência de ingestão.

O tempo gasto pelos animais ingerindo água não sofreu alterações com a inclusão da glicerina bruta provavelmente devido ao tipo de glicerina bruta utilizada no presente estudo, uma vez que é classificada de média pureza (83% de glicerol) e possui baixa concentração de sais e metanol. Schroder e Sudekum (1999), estudando adição de 10% de glicerina de diferentes purezas (alta - 2,5% de água e 99,8% de glicerol; média - 1,1% de água, 85,3% de glicerol e 0,04% de metanol e baixa pureza - 26,8% de água, 63,3% de glicerol e 26,7% de metanol), observaram um leve aumento da ingestão de água quando os bovinos foram alimentados com glicerina de baixa e média pureza.

Informações sobre o comportamento ingestivo de ruminantes recebendo glicerina bruta na dieta ainda são escassas na literatura, sendo necessárias mais pesquisas para elucidar o efeito da glicerina bruta associada a diferentes tipos de dietas.

4.3. Glicose, insulina e desempenho dos animais

As concentrações plasmáticas de glicose encontradas nos animais no presente estudo (73,5 mg/dL) estão dentro dos valores de referência para a espécie em questão (50 - 80 mg/dL; FERNANDES et al., 2012). A semelhança entre as concentrações plasmáticas de glicose pode ter influenciado nas concentrações de insulina, uma vez que a produção de insulina está diretamente relacionada à concentração de glicose (UDUM et al., 2008). Em situações de hiperglicemia a concentração de insulina sanguínea frequentemente aumenta (FERNANDES et al., 2012). Os dados de Barton et al. (2013) corroboram os do presente estudo quando estudaram a inclusão de glicerina bruta em até 10% na MS de dietas de bovinos de corte em confinamento e não encontraram diferença na concentração de glicose sanguínea.

Em adição, Gunn et al. (2010) encontraram correlação entre o consumo de MS e a concentração de insulina plasmática. No presente estudo, não foram

encontradas diferenças significativas no consumo de MS, concordando com as concentrações semelhantes de insulina plasmáticas dos animais.

Os dados de glicose semelhantes entre os tratamentos podem indicar que os animais tiveram captação de glicose pelo tecido de maneira semelhante e, assim, não exibiram diferenças significativas no desempenho (Tabela 6). Sendo assim, acredita-se que a glicerina bruta, quando usada como substituto do milho em dietas de baixo amido, pode apresentar disponibilidade de energia semelhante, não interferindo no desempenho dos animais.

Em relação ao peso inicial e final dos animais no presente estudo, já era esperado que não houvesse diferença entre os tratamentos devido ao delineamento adotado, uma vez que os animais foram blocados no início do experimento de acordo com o peso corporal inicial e o peso final dos animais foi utilizado como critério de abate (38 kg).

Os dias de confinamento estão fortemente interligados com GMD e esse último, por sua vez, está diretamente relacionado ao consumo de MS e a EA. No presente estudo, com o consumo de MS similar entre os animais de todos os tratamentos, os dias de confinamento, GMD e EA permaneceram similares com a substituição do milho total da dieta pela glicerina bruta. Os valores de GMD, consumo de MS em relação ao PC e o consumo médio diário de MS dos animais estão de acordo com os valores preditos pelo NRC (2007) para a categoria utilizada, sendo 200 g de GMD, 3,99% de consumo de MS (%PC) e 1,2 kg de consumo de MS/dia.

A maioria dos estudos com glicerina bruta na dieta de ruminantes, utilizando alto teor de amido, encontrou resultados satisfatórios ou inalterados apenas com moderadas inclusões da glicerina bruta. Mach, Bach e Devant (2009) e Moriel et al. (2011) não encontraram diferenças no desempenho, quando incluíram 12 e 15% de glicerina bruta, respectivamente, na dieta de bovinos. Em ovinos, Gunn et al. (2010a), trabalhando com teores de até 45% de glicerina e substituindo totalmente o milho, encontraram maior ingestão de MS e GMD em até 15% de inclusão na MS.

Neste sentido, as observações do presente estudo indicam que a glicerina bruta, quando adicionada em maiores teores (30%) em dietas de baixo teor de amido, pode manter o desempenho dos animais.

5. CONCLUSÃO

A glicerina bruta tem potencial em substituir o milho total de dietas com baixo teor de amido por promover maior digestibilidade aparente da MS e MO e melhorar a eficiência de uso da FDN, permitindo manter a digestibilidade da FDN e o desempenho de cordeiros confinados.

6. 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**, Berlin, v. 95, n. 3, p. 313-319, 2011.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis of the association of official analytical chemists**. 16 ed. Washington, 1995.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis of the association of official analytical chemists**. 15 ed. Washington, 1990.

AVILA-STAGNO, J.; CHAVES, A. V.; HE, M. L.; HARSTAD, O. M.; BEAUCHEMIN, K. A.; MCGINN, S. M.; MCALLISTER, T. A. Effects of increasing concentrations of glycerol in concentrate diets on nutrient digestibility, methane emissions, growth, fatty acid profiles and carcass traits of lambs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 91, n. 2, p. 829- 837, 2013.

AVILA-STAGNO, J.; CHAVES, A. V.; HERNANDEZ-CALVA, M.; BEAUCHEMIN, K. A.; MCGINN, S. M.; WANG, Y.; HASRTARD, O. M.; MCALLISTER, T. A. Effects of replacing barley grain in feedlot diets with increasing levels of glycerol on in vitro fermentation and methane production. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 166, n. esp., p. 265-268, 2011.

BARTON, L.; BURES, D.; HOMOLKA, P.; JANCIK, F.; MAROUNEK, M.; REHAK, D. Effects of long-term feeding of crude glycerin on performance, carcass traits, meat quality, and blood and rumen metabolites of finishing bulls. **Livestock Science**, Oxford, v. 155, n. 1, p. 53-59. 2013.

CHANJULA, P; PAKDEECHANUAN, P; WATTANASIT, S. Effects of dietary crude glycerin supplementation on nutrient digestibility, ruminal fermentation, blood metabolites, and nitrogen balance of goats. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, Seoul, v. 27, n. 3, p. 365-374, 2014.

CHUNG, Y. H.; RICO, D. E.; MARTINEZ, C. M.; CASSIDY, T. W.; NOIROT, V.; AMES, A.; VARGA, G. A. Effects of feeding dry glycerin to early postpartum Holstein dairy cows on lactational performance and metabolic profiles. **Journal of Dairy Science**, Champaing, v. 90, n. 12, p. 5682-569, 2007.

DONKIN, S. S.; KOSER, S. L.; WHITE, H. M.; DOANE, P. H.; CECAVA, M. J. Feeding value of glycerol as a replacement for corn grain in rations fed to replacement dairy cow. **Journal of Dairy Science**, Champaing, v.92, n. 10, p.5111-5119, 2009.

DROUILLARD, J. S. Glycerin as a feed for ruminants: using glycerin in high concentrate diets. **Journal of Animal Science**, Champaing, v. 86, suppl. 2, p. 392, 2008.

FERNANDES, S. R.1; FREITAS, J. A.; SOUZA, D. F.; KOWALSKI, L. H. ; DITTRICH, R. L.; JUNIOR, P. R.; SILVA, C. J. A. Serum lipid profile in the assessment of energy metabolism in ruminants. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 18, n. 1-4, p. 21-32, 2012.

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**, Brasília, v. 40, n. 10, p. 2211-2219, 2011.

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

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, 2010a.

HENDRIX, D. L. Rapid extraction and analyses of nonstructural carbohydrates in plant tissues. **Crop Science**, Madison, v. 33, n. 6, p. 1306–1311. 1993.

HUNTINGTON, G; JUNELL, B. Starch digestion, glucose absorption and metabolism in beef cattle. In: VII Simpósio de Produção de Gado de Corte, 2010, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2010. p. 1-22.

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

LAGE, J. F.; PAULINO, P. V. R.; PEREIRA, L. G. R.; DUARTE, M. S.; VALADARES FILHO, S. C.; OLIVEIRA, A. S.; SOUZA, N. K. P.; LIMA, J. C. M. Carcass characteristics of feedlot lambs fed crude glycerin contaminated with high concentrations of crude fat. **Meat Science**, Barking, v. 96, n. 1, p. 108-113, 2014.

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, n. 2, p. 632-638, 2009.

MEALE, S. J.; CHAVES, A. V.; DING, S.; BUSH, R. D.; MCALLISTER, T. A. Effects of crude glycerin supplementation on wool production, feeding behavior, and body condition of Merino ewes. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 91, n. 2, p. 878-885, 2013.

MORIEL, P.; NAYIGIHUGU, V.; CAPPELLOZZA, B. I.; GONÇALVES, E. P.; KRALL, J. M.; FOULKE, T.; CAMMACK, K. M.; HESS, B. W. Camelina meal and crude glycerin as feed supplements for developing replacement beef heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 89, n. 12, p. 4314–4324, 2011.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of small ruminant**. Washington: National Academy, 2007. 362 p.

PAGGI, R. A.; FAY, J. P.; FAVERIN, C. *In vitro* ruminal digestibility of oat hay and cellulolytic activity in the presence of increasing concentrations of short-chain acids and glycerol. **Journal of Agriculture Science, Cambridge**, v. 142, n.1, p. 89-96. 2004.

PARSONS, G. L.; SHELOR, M. K.; DROUILLARD, J. S. Performance and carcass traits of finishing heifers fed crude glycerin. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 87, n. 2, p. 653- 657, 2009.

RAMOS, M. H.; KERLEY, M. S. Effect of dietary crude glycerol level on ruminal fermentation in continuous culture and growth performance of beef calves. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 90, n. 3, p. 892-899, 2012.

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

ROGER, V.; FONTY, G.; ANDRE, C.; GOUET, P. Effects of glycerol on the growth, adhesion, and cellulolytic activity of rumen cellulolytic bacteria and anaerobic fungi. **Current Microbiology**, New York, v. 25, n. 4, p. 197-196, 1992.

RUSSELL, J. B.; WILSON, D. B. Why are ruminal cellulolytic bacteria unable to digest cellulose at low pH? **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 79, n. 8, p. 1503–1509. 1996.

SAS - Statistical Analysis Systems Institute, 2002. **SAS users guide**: Statistics Version 2002. SAS, Cary, N.C

SCHRODER, A.; SUDEKUM, K. H. Glycerol as a by-product of biodiesel production in diets of ruminants. In: 10TH INTERNATIONAL RAPESEED CONGRESS, 1999, Canberra. **Proceedings...** Canberra: The Regional Institute, 1999.

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

TERRÉ, M.; NUDDA, A.; CASADO, P.; BACH, A. The use of glycerin in rations for light lamb during the fattening period. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 164, n. 3-4, p. 262–267, 2011.

TREMERE, A. W.; MERRILL, W. G.; LOOSLI, J. K. Adaptation to high concentrate feeding as related to acidosis and digestive disturbances in dairy heifers. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 51, n. 7, p. 1065–1072, 1968.

UDUM, C. D.; CETIN, M.; BALCI, F.; GUNES, N.; HECER, C. Effects of Plasma Insulin, Glucose and NEFA Concentrations of Feeding Frequency During Long Term in Lambs. **Journal of Biodiversity and Environmental Sciences**, Dhaka, v. 2. n. 5, p. 45-51, 2008.

VALENTE, T. N. P.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C.; CUNHA, M.; QUEIROZ, A. C.; SAMPAIO, C. N. *In situ* estimation of indigestible compounds contents in cattle feed and feces using bags made from different textiles. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v. 40, n. 3, p. 666-675, 2011.

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

CAPÍTULO 3 - Características da carcaça e qualidade da carne de cordeiros alimentados com dietas de baixo amido associadas à glicerina bruta

RESUMO - O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da inclusão de glicerina bruta (GB) em até 30% em dietas de alto concentrado e baixo amido, substituindo o milho total na terminação de cordeiros sobre as características de carcaça e a qualidade da carne. Utilizaram-se 40 animais com peso inicial de $23,5 \pm 1,35$ kg que foram distribuídos em delineamento em blocos casualizados com cinco tratamentos. Os tratamentos foram: G0 – sem inclusão da GB; G7.5 – inclusão de 7,5% de GB; G15 – inclusão de 15% de GB; G22.5 – inclusão de 22,5% de GB e G30 – inclusão de 30% de GB na MS. O volumoso utilizado foi o feno de Tifton 85 na proporção de 18,19% e o concentrado (81,81%) foi composto por milho, GB, glutenose, óleo de milho, ureia, farelo de girassol, casca de soja e sal mineral. O experimento teve duração média de 72 ± 7 dias e os animais foram abatidos com aproximadamente 38 kg. Foi utilizado o procedimento MIXED do programa SAS, e os efeitos dos tratamentos foram decompostos em contrastes linear, quadrático, bem como o efeito da dieta com 0% de GB *versus* a média de todos os tratamentos que continham GB. Os contrastes foram considerados significativos quando $P \leq 0,05$ e tendência quando $P < 0,10$. O peso e o rendimento da carcaça quente e fria apresentaram comportamento linear decrescente com a inclusão da GB ($P \leq 0,02$). Os animais da dieta controle tiveram maior rendimento de carcaça quente e fria quando comparados com a média de todos os animais alimentados com GB ($P \leq 0,04$). A AOL, EGS, peso e o rendimento de gordura omental, mesentérica e renal mantiveram-se entre os tratamentos ($P \geq 0,14$). Entretanto, o peso e rendimento do fígado aumentou linearmente com a inclusão de GB ($P < 0,01$). Os animais alimentados com a dieta controle apresentaram menor peso e rendimento dos rins quando comparados controle *vs* GB ($P \leq 0,05$). O peso do lombo e costelas diminuiu linearmente com a inclusão da GB ($P \leq 0,05$). No entanto, o rendimento dos cortes não sofreu influência ($P \geq 0,10$). O pH inicial e final, cor da carne, capacidade de retenção de água, perdas por cocção, força de cisalhamento e extrato etéreo da carne não sofreram influência dos tratamentos ($P \geq 0,38$). A utilização da GB reduziu a concentração total de ácidos graxos saturados e aumentou a concentração total de insaturados, e a relação de insaturado:saturado ($P < 0,01$). A concentração de ácido oleico apresentou comportamento linear com a inclusão da GB ($P < 0,01$) e o CLA tendeu a aumentar em dietas com GB *vs* controle ($P = 0,06$). Apesar de menor rendimento de carcaça dos animais recebendo GB, essa pode ser uma alternativa viável como fonte energética na dieta de cordeiros confinados, podendo ser utilizada em até 30% de inclusão na MS, substituindo totalmente o milho em dietas de baixo amido, proporcionando uma carne com perfil de ácidos graxos mais saudável para a saúde humana.

Palavras-chave: ácidos graxos, glicerol, maciez, rendimento de carcaça

1. INTRODUÇÃO

A glicerina bruta é conhecida por ser um coproduto da indústria do biodiesel com potencial de ser utilizada na alimentação de ruminantes como fonte energética, tendo como principal componente o glicerol que possui concentração energética líquida de lactação de 1,98 – 2,29 Mcal/kg, semelhante à energia contida no amido (SCHRODER; SUDEKUM, 1999). O uso da glicerina bruta na alimentação de ruminantes pode resultar em maior disponibilidade de compostos gliconeogênicos (DONKIN et al., 2009) e, proporcionar mudanças na carcaça e qualidade da carne (ELAM et al., 2008) por aumentar a disponibilidade de carbono para a síntese de ácidos graxos (VERSEMANN, et al., 2008).

Estudos anteriores não encontraram efeitos da glicerina bruta sobre o rendimento de carcaça, área de olho de lombo e espessura de gordura subcutânea (MACH, BACH; DEVANT, 2009). Outros autores também não encontraram alterações para as mesmas variáveis em cordeiros alimentados com até 20% de glicerina bruta (GUNN et al., 2010). No entanto, estes estudos anteriores utilizaram dietas ricas em amido, que são menos eficientes do que as dietas de baixo teor de amido suplementadas com glicerina (SCHRODER; SUDEKUM, 1999).

Com a hipótese de que a glicerina pode reduzir a lipólise, estudos como o de Krueger et al. (2010) foram realizados, nos quais os autores estudaram a adição de 2 ou 20% de glicerina purificada em estudos *in vitro* e encontraram uma redução no acúmulo de ácidos graxos livres em 48% e 77%, respectivamente. Adicionalmente, Edwards et al. (2012), em estudos *in vitro*, relataram que a suplementação com glicerina purificada de 8 a 15% pode causar a diminuição da lipólise sem afetar a digestibilidade da MS no rúmen. A lipólise é um pré-requisito da biohidrogenação que ocorre no rúmen, a qual é responsável pela saturação dos ácidos graxos dietéticos consumidos pelos ruminantes, diminuindo, então, a disponibilidade de ácidos graxos insaturados para serem incorporados à carne (KRUEGER et al., 2010). Esta hipótese foi apoiada em estudos que encontraram diferenças no perfil de ácidos graxos da carne e na gordura intramuscular de ruminantes alimentados com até 21% de glicerina bruta (Avila-Stagno et al, 2013; Lage et al, 2014; Carvalho et al., 2014).

Os efeitos da utilização da glicerina bruta em dietas de baixo teor de amido na qualidade da carne de cordeiro e na composição de ácidos graxos têm recebido pouca atenção. Portanto, objetivou-se neste estudo avaliar as características de carcaça e a qualidade da carne de cordeiros em confinamento alimentados com dietas de alto teor de concentrado, porém com baixo amido, com a substituição total do milho pela glicerina.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local do experimento

O experimento foi conduzido na Unidade Animal de Estudos Digestivos e Metabólicos pertencente ao Departamento de Zootecnia da Universidade Estadual Paulista (Unesp), localizada em Jaboticabal, São Paulo, Brasil (21°14'44.45" S e 48°17'43.55" W, 595 m de altitude). Os procedimentos experimentais seguiram as diretrizes do Comitê de Ética e Bem-Estar Animal (CEBEA) e estão de acordo com os Princípios Éticos na Experimentação Animal adotados pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA) de acordo com o protocolo de número 006558/12.

2.2. Animais e instalações

Foram utilizados 40 cordeiros não castrados da raça Santa Inês com peso médio inicial de $23,5 \pm 1,35$ kg e aproximadamente 90 dias de idade. Estes foram alojados em baias individuais ripadas de 1,0 x 2,0 m e providas de comedouro e bebedouro.

2.3. Dietas experimentais

Foram usadas as seguintes dietas experimentais: G0 – sem inclusão da glicerina bruta; G7.5 – inclusão de 7,5% de glicerina bruta; G15 – inclusão de 15% de glicerina bruta; G22.5 – inclusão de 22,5% de glicerina bruta e G30 – inclusão de 30% de glicerina bruta na MS. A glicerina bruta utilizada no experimento foi proveniente da indústria do biodiesel produzido a partir de óleos vegetais de soja e

girassol, pela rota metilica, na Caramuru Alimentos S/A, São Simão – GO, Brasil e continha, aproximadamente, 83% de glicerol, 6% de sais (dos quais 99% era NaCl), 0,01% de metanol e 11% de água. O volumoso utilizado foi o feno moído de Tifton 85 na proporção de 18,19% e o concentrado (81,81%) foi composto por milho moído, glicerina bruta, glutenose, óleo de milho, ureia, farelo de girassol, casca de soja e sal mineral. A glutenose e a ureia foram utilizadas como fontes proteicas para ajustar o teor de proteína bruta das dietas, e o óleo de milho, para ajustar o teor de extrato etéreo (EE).

Os ingredientes foram amostrados no início do experimento e mantidos a -10 °C para posteriores análises. A composição bromatológica da dieta foi calculada a partir dos ingredientes coletados.

As dietas foram formuladas para atender às exigências de cordeiros em crescimento de acordo com as recomendações descritas no NRC (2007) para ganho de 200 g/dia. Na Tabela 1 encontra-se a composição bromatológica dos ingredientes e na Tabela 2 a porcentagem dos ingredientes e a composição bromatológica das dietas experimentais.

Tabela 1. Composição bromatológica dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais

Ingredientes	MS %	MO	FDN	Amido % MS	PB	EE
Feno de Tifton	86,2	94,3	78,3	2,2	9,6	1,5
Milho moído	85,0	98,5	25,2	64,5	10,6	5,6
Glutenose	87,3	94,0	0,0	17,7	67,7	3,9
Farelo de girassol	87,2	94,7	50,3	4,9	29,7	1,4
Casca de soja	86,2	95,6	72,3	2,3	11,4	1,7

Análises realizadas no laboratório de ingredientes e gases poluentes, da Universidade Estadual Paulista – Unesp, câmpus de Jaboticabal

Tabela 2. Concentrações dos nutrientes e a composição bromatológica das dietas experimentais com inclusão de glicerina bruta (0, 7,5, 15, 22,5 e 30%) na terminação cordeiros Santa Inês confinados

Item	Glicerina bruta (% MS)				
	0	7,5	15	22,5	30
Ingredientes, %					
Feno de Tifton	18,19	18,19	18,19	18,19	18,19
Milho moído	35,87	26,94	18,00	9,12	0,00
Glicerina bruta	0,00	7,50	15,00	22,50	30,05
Glutenose	0,00	1,05	2,11	3,10	4,30
Óleo de milho	0,00	0,30	0,59	0,88	1,18
Ureia	0,76	0,84	0,93	1,02	1,10
Farelo de girassol	23,37	23,37	23,37	23,37	23,37
Casca de soja	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
Sal mineral ¹	1,81	1,81	1,81	1,81	1,81
Nutrientes ² , %					
MS	86,28	86,80	87,33	87,86	88,40
PB	16,98	16,94	16,90	16,86	16,88
FDN	49,47	47,20	44,95	42,72	40,47
Cinzas	5,29	5,62	5,95	6,28	6,61
EE	2,81	2,72	2,63	2,54	2,45
EB	4,03	4,01	3,99	3,97	3,95
Amido	25,16	19,51	13,91	8,36	2,73

¹Composição: Cálcio 115 mg; Cobalto 100 mg; Cobre 600 mg; Enxofre 30 mg; Ferro 1200 mg; Fluor 600 mg; Fósforo 60 mg; Iodo 130 mg; Magnésio 10 mg; Manganês 600 mg; Selênio 12 mg; Sódio 175 mg; Zinco 4000 mg

²Todos os nutrientes foram analisados

2.4. Procedimentos experimentais

Os animais foram alimentados duas vezes ao dia, às 08 e 17 h e tiveram livre acesso à água. As dietas foram fornecidas em uma mistura completa em que o feno e o concentrado foram pesados separadamente e misturados à glicerina bruta no momento do fornecimento em cada uma das refeições diárias.

Os animais foram submetidos a um período pré-experimental de 14 dias para adaptação às instalações e às dietas experimentais. Posteriormente, iniciou-se a fase experimental que teve duração média de 72 ± 7 dias, até os animais atingirem,

individualmente, o peso de abate pré-determinado de 38 kg. As dietas utilizadas na adaptação foram as mesmas do período experimental.

2.5. Abate e características quantitativas da carcaça

Os animais foram submetidos a jejum sólido de 16 horas e, em seguida, pesados para a determinação do peso de abate (PA). O abate dos animais foi realizado através de atordoamento por concussão cerebral, seguido de sangria, por meio da secção da carótida e jugular e, após a evisceração, as gorduras mesentérica, omental e renal foram coletadas e pesadas bem como o fígado, coração, rins e pâncreas. Os valores de rendimento das gorduras e dos órgãos foram expressos em relação ao PA.

As carcaças foram pesadas para a determinação do peso de carcaça quente (PCQ) e do rendimento de carcaça quente ($RCQ = (PCQ/PA) \times 100$). Em seguida, foram refrigeradas por 24 horas a 4°C e foram pesadas novamente para a determinação do peso de carcaça fria (PCF) e do rendimento de carcaça fria ($RCF = (PCF/PA) \times 100$).

Foi feito um corte na carcaça esquerda entre a 12° e 13° costelas, proporcionando a exposição músculo *Longissimus* para a mensuração da espessura de gordura subcutânea (EGS) e da área de olho de lombo (AOL). As medidas foram feitas com o auxílio de um paquímetro digital. Para a EGS, a medida foi feita a $\frac{3}{4}$ de distância a partir do lado medial para o lado lateral do músculo. A determinação da AOL foi calculada pela fórmula $(A/2 \times B/2)\pi$, proposta por Silva Sobrinho (1999), em que A é o comprimento máximo e B é a profundidade máxima do músculo, em cm.

A meia carcaça direita de cada animal foi seccionada em cinco regiões anatômicas: pescoço, paleta, costela, lombo e perna, conforme Silva Sobrinho (2001). As cinco regiões anatômicas foram pesadas individualmente para determinação do peso dos cortes e do rendimento de cada corte em relação ao PCF.

2.6. Análises Bromatológicas das dietas

As amostras de ingredientes, sobras e fezes foram secas em estufa de circulação forçada de ar em temperatura de 55 °C por 72 horas. Após a secagem, as amostras foram moídas em moinho de faca (Wiley; AH Thomas, Philadelphia, PA), com peneira de crivo de 1mm e analisadas para a determinação dos teores de matéria seca (MS; AOAC, 1995; método 930.15), matéria mineral (MM; AOAC, 1990; método 942.05), proteína bruta (PB; AOAC, 1990; método 981.10) e extrato etéreo (EE; AOAC, 1990; método 930.15).

A fibra em detergente neutro (FDN) foi determinada segundo método de Van Soest et al. (1991), utilizando ANKOM 2000 analisador de fibra (ANKOM Technologies, Macedon, NY) com adição de alfa-amilase termo estável. A concentração do amido das dietas experimentais foi determinada utilizando o método proposto por Hendrix (1993).

2.7. Cor e pH da carne

As determinações da cor da carne foram realizadas como descritas por Houben et al. (2000), utilizando-se um colorímetro (Modelo CR 400, Minolta Choma Meter). Avaliaram-se a luminosidade (L^*) 0 = preto; 100 = branco, a intensidade da cor vermelha (a^*) - 60 = verde; 60 = vermelho e a intensidade da cor amarela (b^*) - 60 = azul; 60 = amarelo. Trinta minutos antes da realização das avaliações, em pontos diferentes da amostra da carne, foi realizado um corte transversal ao músculo para exposição da mioglobina ao oxigênio, conforme descrito por Abularach, Rocha e Felício (1998). Após esse período, a cor foi mensurada em três diferentes pontos, utilizando-se o valor médio. A calibração do aparelho foi realizada antes da leitura das amostras com um padrão branco e outro preto.

As medidas de pH da carcaça foram tomadas logo após o abate dos animais (pH inicial) e após 24 horas de refrigeração (pH final), utilizando-se peagâmetro com eletrodo de penetração (Texto, modelo 205), introduzindo-o em um corte de 2 a 4 cm de profundidade feito no músculo *Longissimus*, na carcaça esquerda entre a 12° e 13° costelas.

2.8. Capacidade de retenção de água, força de cisalhamento e perdas por cocção

O músculo *Longissimus*, situado na meia carcaça esquerda, foi totalmente retirado com o auxílio de bisturi e facas, sendo separadas as devidas amostras para realização das análises de capacidade de retenção de água, força de cisalhamento, perdas por cocção e composição química. As amostras foram embaladas em sacos plásticos, identificadas e armazenadas em freezer a -10 °C. A capacidade de retenção de água foi obtida através da diferença entre os pesos das amostras de carne de aproximadamente 2 g que estiveram sob pressão de 10 kg durante 5 minutos (HAMM, 1986).

Para a análise de perdas por cocção, foram utilizados três bifes de 2,54 cm de espessura, e cada amostra foi assada em forno pré-aquecido (175 °C) com sua temperatura interna monitorada por termopares. Após atingir a temperatura interna de 71 °C, a amostra foi retirada do forno e refrigerada em geladeira por uma noite à temperatura de 2 a 5 °C. Os pesos dos bifes antes e após a cocção foram utilizados para os cálculos das perdas totais. Para a análise de força de cisalhamento, foram utilizadas as mesmas amostras da análise de perdas por cocção e a determinação foi segundo as recomendações de Wheeler et al. (2002). De cada bife foram retirados dois cilindros homogêneos, de 1,27 cm de diâmetro, de forma paralela à orientação das fibras musculares, evitando-se tecido conectivo e gorduras, utilizando-se um amostrador de aço inox. No total, obtivemos seis cilindros por animal e as amostras cilíndricas foram cisalhadas perpendicularmente à orientação das fibras musculares, utilizando-se texturômetro (Warner-Bratzler).

2.9. Análises químicas da carne

A análise de composição química foi realizada para se obterem os teores de umidade e extrato etéreo (EE) do músculo *Longissimus*. As amostras de carne foram liofilizadas por um período de 72 horas, sendo a pesagem das amostras realizada

antes e após a liofilização para a determinação do teor de umidade. O teor de EE foi determinado segundo o protocolo da AOAC (1995).

2.10. Perfil de ácidos graxos

Para determinar a composição de ácidos graxos da carne, amostras do músculo *Longissimus* situado na meia carcaça esquerda foram coletadas, liofilizadas e congeladas para a extração de lipídios e metilação. Os lipídeos foram extraídos com uma mistura de clorofórmio e metanol, como descrito por Bligh e Dyer (1959). As determinações qualitativas do perfil de ácidos graxos foram feitas por meio de cromatografia gasosa em cromatógrafo Shimadzu, modelo GC-14B, com detector de ionização de chama (FID), utilizando coluna capilar de sílica fundida de 30 m de comprimento, diâmetro de 0,25 mm e 0,25 µm de espessura do filme (Supelco Omegawax 250). O gás de arraste utilizado foi o hidrogênio, com fluxo ajustado a 1 mL/minuto. O volume de injeção foi de 1 µL, com razão “split” de 1:100. A temperatura do forno foi programada para iniciar em 100°C, permanecendo assim por 2 minutos e, então, levada a 220°C, à taxa de 4°C/minuto, e permanecendo nessa temperatura por 25 minutos. A temperatura do detector foi de 280°C e a do injetor, de 250°C, com o fluxo dos gases de 23, 50 e 180 kPa para o ar sintético, o hidrogênio e o nitrogênio, respectivamente.

2.11. Análises Estatísticas

Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, sendo que os animais foram blocados de acordo com o peso e distribuídos aleatoriamente em cinco tratamentos (teores de inclusão de glicerina bruta).

Todos os dados foram analisados utilizando-se o procedimento MIXED do SAS 9.2 (SAS Inst. Inc., Cary, NC). Os tratamentos foram considerados como efeito fixo e os blocos como efeito aleatório. Os efeitos dos tratamentos foram decompostos em contrastes linear, quadrático, bem como o efeito da dieta com 0% de glicerina versus a média de todos os tratamentos que continham glicerina bruta.

Os contrastes foram considerados significativos quando o valor de P foi $\leq 0,05$ e tendência quando o valor de P foi $< 0,10$.

3. RESULTADOS

3.1. Características de carcaça

O peso de carcaça quente (PCQ) e o peso de carcaça fria (PCF) foram afetados com a inclusão da glicerina bruta ($P = 0,01$), diminuindo linearmente com a substituição do milho pela glicerina bruta. O PCQ tendeu a apresentar menores valores nos animais que receberam os tratamentos que continham glicerina bruta ($P = 0,08$; Tabela 3).

O rendimento de carcaça quente e fria (RCQ e RCF) também foi afetado com a inclusão da glicerina bruta ($P \leq 0,02$). Os dados apresentaram comportamento linear decrescente conforme se aumentou o teor de inclusão da glicerina bruta na dieta dos animais. Quando feito o contraste entre a média dos animais que não receberam glicerina bruta comparada com a média de todos os animais dos demais tratamentos que possuíam glicerina bruta, o RCQ e RCF foram maiores no tratamento sem glicerina ($P \leq 0,04$; Tabela 3).

A área de olho de lombo (AOL) e a espessura de gordura subcutânea (EGS) não apresentaram diferenças com a inclusão da glicerina bruta ($P \geq 0,14$; Tabela 3).

Tabela 3. Médias e EPM de peso de abate (PA), peso de carcaça quente (PCQ), peso de carcaça fria (PCF), rendimento de carcaça quente (RCQ), rendimento de carcaça fria (RCF), área de olho de lombo (AOL) e espessura de gordura subcutânea (EGS) do músculo *Longissimus* de ovinos Santa Inês alimentados com diferentes teores de glicerina bruta (0, 7,5, 15, 22,5 e 30%)

Item	Glicerina bruta (% MS)					EPM ¹	P valor - contrastes		
	0	7,5	15	22,5	30		L ²	Q ³	Cont vs Gli ⁴
PA, kg	37,5	38,2	38,3	37,4	37,9	0,45	0,98	0,43	0,41
PCQ, kg	18,8	18,9	18,3	17,9	18,3	0,25	0,01	0,35	0,08
PCF, kg	18,3	18,4	17,8	17,4	17,7	0,27	0,01	0,55	0,12
RCQ, %	50,1	49,6	47,7	47,7	48,2	0,62	0,01	0,11	0,02
RCF, %	48,6	48,1	46,4	46,5	46,6	0,70	0,02	0,25	0,04
AOL, cm ²	14,4	14,7	13,8	14,8	14,5	0,69	0,87	0,82	0,92
EGS, mm	2,2	2,5	2,1	1,9	2,1	0,16	0,14	0,94	0,92

¹Erro padrão da média

²Contraste linear

³Contraste quadrático

⁴Contraste tratamento controle x tratamentos com glicerina bruta

3.2. Peso e rendimento das gorduras internas e dos órgãos

O peso e o rendimento de gordura omental ($P \geq 0,28$), mesentérica ($P \geq 0,34$) e renal ($P \geq 0,29$) não foram afetados pela inclusão da glicerina bruta (Tabela 4).

A substituição total do milho pela glicerina bruta não interferiu no tamanho e no rendimento do pâncreas ($P \geq 0,70$). Entretanto, o tamanho e rendimento do fígado aumentaram linearmente com a inclusão da glicerina bruta ($P < 0,01$) e o tamanho e rendimento do coração apresentaram tendência em ter o mesmo comportamento do fígado ($P = 0,06$). Os rins dos animais que consumiram dietas contendo glicerina bruta apresentaram maior tamanho e maior rendimento em relação aos rins dos animais que consumiram a dieta controle ($P \leq 0,05$; Tabela 4).

Tabela 4. Média de peso (kg) e rendimento (%) das gorduras omental, mesentérica e renal e dos órgãos de cordeiros Santa Inês confinados alimentados com diferentes teores de glicerina bruta (0, 7,5, 15, 22,5 e 30%)

Item	Glicerina bruta (% MS)					EPM ¹	P valor - contrastes		
	0	7,5	15	22,5	30		L ²	Q ³	Cont vs Gli ⁴
Gordura,g									
Omental	914	1037	817	749	1049	131,4	0,97	0,31	0,99
Mesentérica	653	699	565	588	655	59,1	0,58	0,38	0,71
Renal	382	377	352	385	463	63,2	0,40	0,34	0,87
Rendimento Gordura, %									
Omental	2,4	2,7	2,1	2,0	2,8	0,36	0,96	0,28	0,93
Mesentérica	1,7	1,8	1,5	1,6	1,7	0,16	0,59	0,34	0,65
Renal	1,0	1,0	0,9	1,0	1,2	0,17	0,42	0,29	0,96
Órgãos, g									
Fígado	702	673	817	744	835	34,2	<0,01	0,87	0,11
Coração	166	179	173	182	187	7,3	0,06	0,95	0,10
Rins	95	106	104	102	104	3,3	0,17	0,15	0,02
Pâncreas	46	45	44	46	46	4,9	0,95	0,77	0,82
Rendimento Órgãos, %									
Fígado	1,9	1,8	2,1	2,0	2,2	0,09	<0,01	0,76	0,12
Coração	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,02	0,06	0,92	0,15
Rins	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,01	0,18	0,27	0,05
Pâncreas	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,01	0,98	0,70	0,76

¹ Erro padrão da média

² Contraste linear

³ Contraste quadrático

⁴ Contraste tratamento controle x tratamentos com glicerina bruta

3.3. Peso e rendimento de cortes

Não houve diferença significativa entre os tratamentos para os pesos do pescoço e da paleta ($P \geq 0,13$), bem como para os rendimentos dos cortes pescoço, paleta, lombo e costela ($P \geq 0,10$). Entretanto, os pesos do lombo e da costela diminuíram linearmente com a inclusão da glicerina bruta ($P \leq 0,05$). Adicionalmente, os lombos dos animais que consumiram glicerina bruta tenderam a ser mais leves ($P = 0,06$).

Em relação à perna, o peso desta região anatômica tendeu linearmente a ser menor com a inclusão da glicerina bruta ($P = 0,07$). Porém, o rendimento da perna dos cordeiros quando alimentados com glicerina bruta tendeu a ser maior quando comparado com o rendimento da perna dos animais que receberam a dieta controle ($P = 0,07$; Tabela 5).

Tabela 5. Peso (g) e rendimento em relação ao peso de carcaça fria (%) dos cortes pescoço, paleta, lombo, costela e perna de cordeiros Santa Inês confinados alimentados com diferentes teores de glicerina bruta (0, 7,5, 15, 22,5 e 30%)

Item	Glicerina bruta (% MS)					EPM ¹	P valor - contrastes		
	0	7,5	15	22,5	30		L ²	Q ³	Cont vs Gli ⁴
Peso, g									
Pescoço	839	763	791	827	769	28,8	0,42	0,68	0,13
Paleta	1723	1740	1755	1693	1724	29,7	0,64	0,66	0,89
Lombo	1046	1024	936	934	952	36,4	0,03	0,24	0,06
Costelas	2712	2746	2579	2525	2568	78,2	0,05	0,66	0,25
Perna	2823	2957	2819	2716	2815	42,9	0,07	0,83	0,94
Rendimento, %									
Pescoço	9,2	8,3	8,9	9,5	8,7	0,31	0,77	0,95	0,39
Paleta	18,9	19,0	19,8	19,5	19,5	0,34	0,10	0,36	0,17
Lombo	11,0	11,2	10,5	10,7	10,8	0,35	0,51	0,67	0,71
Costelas	29,6	29,9	29,0	29,0	29,1	0,56	0,27	0,81	0,55
Perna	30,9	31,7	31,8	31,2	31,9	0,34	0,16	0,48	0,07

¹Erro padrão da média

²Contraste linear

³Contraste quadrático

⁴Contraste tratamento controle x tratamentos com glicerina bruta

3.4. Cor e pH da carne

A glicerina bruta não afetou o pH inicial e final ($P \geq 0,39$), bem como as coordenadas estudadas para avaliação da cor de carne L^* ($P = 0,23$), a^* ($P = 0,13$) e b^* ($P = 0,26$; Tabela 6).

Tabela 6. Média e EPM do pH inicial e final e da cor (L^* , a^* e b^*) da carne de cordeiros Santa Inês confinados alimentados com diferentes teores de glicerina bruta (0, 7,5, 15, 22,5 e 30%)

Item	Glicerina bruta (% MS)					EPM ¹	P valor - contrastes		
	0	7,5	15	22,5	30		L ²	Q ³	Cont vs Gli ⁴
pH									
Inicial	6,50	6,44	6,54	6,44	6,50	0,072	0,96	0,88	0,84
Final	5,80	5,79	5,84	5,84	5,80	0,031	0,61	0,39	0,66
Cor									
L^*	29,11	26,59	29,86	28,86	29,60	0,913	0,23	0,48	0,70
a^*	12,24	12,90	12,79	13,05	13,99	0,737	0,13	0,73	0,27
b^*	3,59	4,45	4,03	3,90	4,59	0,512	0,36	0,98	0,26

¹Erro padrão da média

²Contraste linear

³Contraste quadrático

⁴Contraste tratamento controle x tratamentos com glicerina bruta

L^* = luminosidade, a^* = intensidade da cor vermelha, b^* = intensidade da cor amarela

3.5. Extrato etéreo, umidade, capacidade de retenção de água, perdas por cocção e força de cisalhamento da carne

A umidade, extrato etéreo (EE), capacidade de retenção de água (CRA) e perdas por cocção (Pcoc) da carne dos cordeiros não foram alterados com a substituição total do milho pela glicerina bruta ($P \geq 0,17$). Contudo, a força de cisalhamento (FC) tendeu a ser menor quando a glicerina bruta foi adicionada às dietas, indicando que a carne de cordeiros que receberam glicerina bruta pode ser mais macia comparada à carne de animais que receberam a dieta controle ($P = 0,07$; Tabela 7).

Tabela 7. Média e EPM da Umidade, extrato etéreo (EE), capacidade de retenção de água (CRA), perdas por cocção (Pcoc) e força de cisalhamento (FC) da carne de cordeiros Santa Inês confinados alimentados com diferentes teores de glicerina bruta (0, 7,5, 15, 22,5 e 30%)

Item	Glicerina bruta (% MS)					EPM ¹	P valor - contrastes		
	0	7,5	15	22,5	30		L ²	Q ³	Cont vs Gli ⁴
Umidade, %	74,04	74,21	73,84	73,84	73,75	0,462	0,53	0,93	0,81
EE, % da MN	3,50	3,61	3,46	3,82	3,83	0,312	0,38	0,80	0,62
CRA, %	65,62	64,20	65,88	63,16	65,78	1,265	0,85	0,43	0,54
Pcoc, %	35,09	31,20	34,88	33,85	33,69	1,043	0,97	0,49	0,17
FC, kgf	3,96	2,79	2,86	3,78	2,90	0,413	0,38	0,34	0,07

¹Erro padrão da média

²Contraste linear

³Contraste quadrático

⁴Contraste tratamento controle x tratamentos com glicerina bruta

3.6. Perfil de ácidos graxos da carne

A inclusão da glicerina bruta em até 30% na MS da dieta de cordeiros promoveu modificações na composição dos ácidos graxos da carne. Os ácidos graxos saturados pentadecanoico (C15:0) e margárico (C17:0) aumentaram linearmente com a inclusão da glicerina bruta ($P < 0,01$) e apresentaram maior concentração nos animais que receberam glicerina bruta quando comparados aos animais que receberam dieta controle ($P \leq 0,01$). O mesmo comportamento aconteceu com os ácidos graxos monoinsaturados palmitoleico (C16:1), heptadecanoico (C17:1) e oleico (C18:1) ($P \leq 0,01$), sendo esses dois últimos ácidos

significativos também quando comparamos as médias dos animais que receberam glicerina versus os animais que receberam a dieta controle, apresentando menores concentrações nos animais que não receberam glicerina bruta ($P \leq 0,01$).

Os ácidos graxos saturados palmítico (C16:0) e esteárico (C18:0) tiveram comportamento linear decrescente significativo com a inclusão da glicerina bruta ($P < 0,01$) e o ácido mirístico (C14:0) apresentou tendência quadrática decrescente ($P = 0,06$). Esses mesmos ácidos apresentaram menores concentrações nas amostras dos animais que receberam glicerina bruta quando comparadas com amostras de animais que receberam a dieta controle ($P \leq 0,02$). Da mesma maneira, as concentrações de ácido transvacênico (C18:1 t11) diminuíram linearmente com a glicerina bruta e apresentaram tendência a ter maior concentração nos animais que receberam dieta controle ($P < 0,01$ e $P = 0,09$, respectivamente).

O ácido graxo poliinsaturado linoleico conjugado (CLA) tendeu a ter maiores concentrações nos músculos de animais que receberam glicerina bruta quando comparadas com as dos animais que não receberam ($P = 0,06$; Tabela 8).

A proporção de ácidos graxos saturados diminuiu linearmente com a inclusão de glicerina bruta e apresentou menor concentração na carne de animais que receberam os tratamentos com glicerina bruta quando comparada com a de animais que receberam dieta controle ($P < 0,01$; Tabela 9).

Os ácidos graxos monoinsaturados e insaturados totais e suas relações com a proporção de ácidos saturados totais aumentaram linearmente com a substituição do milho pela glicerina bruta em até 30% na MS da dieta e apresentaram maiores valores para os animais que receberam glicerina bruta quando comparados com os animais que não receberam ($P < 0,01$; Tabela 9).

Tabela 8. Média e EPM dos principais ácidos graxos presentes na carne de cordeiros Santa Inês confinados alimentados com diferentes teores de glicerina bruta (0, 7,5, 15, 22,5 e 30%)

Item, %	Glicerina bruta (% MS)					EPM ¹	P valor - contrastes		
	0	7,5	15	22,5	30		L ²	Q ³	Cont vs Gli ⁴
Saturados									
Cáprico (C10:0)	0,10	0,10	0,11	0,11	0,11	0,007	0,26	0,70	0,63
Láurico (C12:0)	0,08	0,07	0,08	0,08	0,08	0,010	0,74	0,87	0,97
Mirístico (C14:0)	2,09	1,73	1,89	1,75	1,89	0,119	0,23	0,06	0,02
Pentadecanoico (C15:0)	0,25	0,26	0,36	0,47	0,52	0,029	<0,01	0,42	<0,01
Palmitico (C16:0)	24,5	23,7	22,7	22,4	21,7	0,615	<0,01	0,60	0,01
Margárico (C17:0)	0,86	1,01	1,50	1,99	2,34	0,173	<0,01	0,51	<0,01
Esteárico (C18:0)	17,6	16,2	15,5	14,3	14,0	0,733	<0,01	0,47	<0,01
Monoinsaturados									
Miristoleico (C14:1 c9)	0,07	0,07	0,08	0,07	0,09	0,010	0,28	0,80	0,56
Palmitoleico (C16:1 c9)	1,97	1,98	2,18	2,25	2,35	0,121	0,01	0,87	0,10
Heptadecanoico (C17:1)	0,41	0,53	0,79	1,13	1,40	0,106	<0,01	0,34	<0,01
Oleico (C18:1 c9)	44,5	46,0	47,3	48,2	48,1	0,957	<0,01	0,33	0,01
Cisvacênico (C18:1 c11)	1,20	1,31	1,60	1,34	1,42	0,168	0,38	0,33	0,27
Transvacênico (C18:1 t11)	1,60	1,65	1,37	1,15	1,17	0,135	<0,01	0,96	0,09
Gadoleico (C20:1)	0,11	0,11	0,11	0,10	0,11	0,012	0,64	0,52	0,59
Poliinsaturados									
Linoleico (C18:2 n6)	3,16	3,50	2,95	3,03	2,96	0,352	0,44	0,89	0,90
γ linolênico (C18:3 n6)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,003	0,57	0,75	1,00
α linolênico (C18:3 n3)	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09	0,010	0,53	0,83	0,52
CLA (C18:2 c9 t11)	0,48	0,62	0,55	0,54	0,58	0,040	0,33	0,40	0,06
Araquidônico (C20:4 n6)	0,78	0,82	0,70	0,77	0,70	0,143	0,63	0,95	0,84
EPA (C20:5 n3)	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,014	0,16	0,81	0,48
DPA (C22:5 n3)	0,12	0,14	0,17	0,17	0,15	0,030	0,45	0,39	0,38
DHA (C22:6 n3)	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,010	0,66	0,44	0,92

¹Erro padrão da média

²Contraste linear

³Contraste quadrático

⁴Contraste tratamento controle x tratamentos com glicerina bruta

CLA = Ácido linoleico conjugado; EPA = Ácido eicosapentanoico; DPA = Ácido docosapentanoico;

DHA = Ácido docosahexanoico

Tabela 9. Média e EPM das proporções (%) de ácidos graxos saturados, monoinsaturados, poliinsaturados da carne de cordeiros Santa Inês confinados alimentados com diferentes teores de glicerina bruta (0, 7,5, 15, 22,5 e 30%)

Item, %	Glicerina bruta (% MS)					EPM ¹	P valor - contrastes		
	0	7,5	15	22,5	30		L ²	Q ³	Cont vs Gli ⁴
Saturados totais	45,5	43,1	42,0	41,0	40,7	0,766	<0,01	0,16	<0,01
Monoinsaturados totais	49,8	51,7	53,4	54,3	54,7	0,993	<0,01	0,32	<0,01
Poliinsaturados totais	4,71	5,23	4,52	4,68	4,58	0,513	0,63	0,85	0,94
Insaturados totais	54,5	56,9	57,9	58,9	59,3	0,766	<0,01	0,16	<0,01
Insaturado:saturado	1,21	1,33	1,38	1,44	1,46	0,043	<0,01	0,22	<0,01
Poliinsaturado:saturado	0,10	0,12	0,11	0,11	0,11	0,012	0,76	0,71	0,47
Moinsaturado:saturado	1,10	1,20	1,27	1,33	1,35	0,044	<0,01	0,27	<0,01
n6 : n3 ⁵	18,7	16,9	13,0	15,9	13,9	2,634	0,11	0,39	0,11

¹Erro padrão da média

²Contraste linear

³Contraste quadrático

⁴Contraste tratamento controle x tratamentos com glicerina bruta

⁵Relação entre somatório dos ácidos ômega-6 e ômega-3

4. DISCUSSÃO

4.1. Características de carcaça

No presente estudo, o peso de abate semelhante entre os tratamentos já era esperado uma vez que o mesmo foi pré-determinado. A diminuição linear encontrada no peso de carcaça quente (PCQ) e peso de carcaça fria (PCF) com a utilização da glicerina bruta na dieta dos cordeiros pode ser relacionada com o peso e rendimento do fígado, coração e rins, que aumentaram com a inclusão da glicerina bruta. O peso dos componentes não carcaça, incluindo fígado, coração e rim, varia de 40 a 60% do peso de abate e pode ser influenciado por diversos fatores, tais como peso corporal, sexo, genética, idade e alimentação (CARVALHO et al., 2005).

A glicerina apresenta grande assimilação pelos microrganismos da flora ruminal com ampla metabolização no fígado. O desaparecimento da glicerina no rúmen ocorre de 4 até 6 horas (ABO EL-NOR et al., 2010; MACH, BACH e DEVANT, 2009), proporcionando alta quantidade de energia prontamente disponível. Adicionalmente, Schroder e Sudekum (1999) observaram que a glicerina é mais rapidamente degradada em relação ao amido. De acordo com Burrin et al. (1990),

maior entrada de energia aumenta a massa das vísceras em relação à massa total do corpo, alterando a atividade metabólica desses tecidos. Contudo, o aumento do peso e rendimento do fígado, coração e rins observado nesse estudo podem estar ligados ao metabolismo da glicerina bruta, uma vez que os órgãos podem ter apresentado maiores desenvolvimentos para conseguir atender ao maior aporte de energia resultante da rápida degradação da glicerina.

O rendimento de carcaça é definido como a relação entre o peso da carcaça e o peso de abate do animal expresso em porcentagem. Como no presente trabalho foi observada redução no peso de carcaça sem alteração no peso corporal final dos animais, o rendimento de carcaça quente e fria foi menor com a inclusão da glicerina bruta nas dietas. Esses resultados evidenciaram que a dieta foi provavelmente o fator de maior influência na variação do peso e do rendimento de carcaça, tendo em vista que os animais eram do mesmo sexo, idade semelhante e mesmo padrão racial.

As medidas de AOL e EGS têm correlação com a composição da carcaça, sendo que quanto maior for a AOL maior será a proporção de músculo na carcaça. Já a EGS tem correlação positiva com o teor de gordura da carcaça (KOWALSKI et al., 2013). No presente estudo, a AOL e a EGS apresentaram em média 14,44 cm² e 2,16 mm, respectivamente. Os valores observados para AOL não apresentaram diferença entre os tratamentos e estão semelhantes ao valor médio encontrado por Gomes et al., (2011) de 15,48 cm². Esses autores também alimentaram cordeiros Santa Inês em confinamento com até 30% de glicerina bruta em substituição ao milho. O valor médio da EGS do presente estudo indicou classificação mediana das carcaças (2 a 5 mm; SILVA SOBRINHO, 2001) e, como não foram significativos, pode-se inferir que o grau de acabamento foi uniforme entre os tratamentos.

Os resultados observados para AOL e EGS estão de acordo com trabalhos com cordeiros que avaliaram a inclusão de glicerina bruta até 45% na MS (MUSSELMAN et al., 2008; GUNN et al., 2010; GUNN et al., 2010a, GOMES et al., 2011) e bovinos com inclusão de até 30% de glicerina na MS (MACH, BACH e DEVANT, 2009; LAGE et al., 2014; VAN CLEEF et al., 2014). No entanto, esperávamos maior deposição de tecido em animais alimentados com glicerina bruta e baixo teor de amido, uma vez que Schröder e Südekum (2009) relataram que o

valor energético da glicerina é maior quando associada a dietas de baixo teor de amido.

Da mesma maneira, era esperada uma alteração na deposição de gordura interna dos animais alimentados com glicerina bruta. Na literatura, tem sido relatado que a inclusão de glicerina bruta na dieta de ruminantes pode modificar a produção de ácidos graxos no rúmen, favorecendo a produção do propionato em relação ao acetato (DROUILLARD, 2008). Segundo Kozloski (2002), o aumento da concentração de ácido propiônico no rúmen resulta em maior disponibilidade de energia na forma de glicose, o que favorece a lipogênese e a consequente deposição de gordura interna e visceral. No entanto, no presente estudo a inclusão de glicerina bruta não promoveu diferenças na deposição de gordura mesentérica, omental e renal, indicando que a lipogênese nesses tecidos foi semelhante.

A diferença encontrada para os pesos dos cortes (lombo, costela e perna) provavelmente está associada à diminuição do peso de carcaça fria, que influenciou nos pesos absolutos dos cortes. Segundo Osório, Osório e Oliveira (2002), quando o peso de carcaça aumenta em valor absoluto, o peso dos cortes comerciais também aumenta. Quanto ao peso relativo, à proporção que o peso de carcaça aumenta, as porcentagens dos cortes comerciais consideradas de desenvolvimento precoce (paleta e perna) são reduzidas (OSÓRIO; OSÓRIO; OLIVEIRA, 2002). Essa informação explica o resultado verificado no presente estudo, no qual os animais que apresentaram menor peso de carcaça fria apresentaram tendência a ter maior rendimento em um dos cortes mais precoce (perna). Em todos os tratamentos, a perna, considerada corte mais nobre de carcaças ovinas, contribuiu com o maior rendimento, possivelmente decorrente da maior quantidade de tecido muscular desse corte em comparação aos demais.

4.2 Qualidade da carne

O pH muscular pós-abate normalmente decresce para 5,8 - 5,3 após o resfriamento (SAVELL; MUELLER; BAIRD, 2005). As variações encontradas do pH final da carne são frequentemente associadas ao conteúdo de glicogênio *postmortem*, o qual está interligado ao manejo pré-abate, uma vez que animais

estressados podem apresentar carne com pH maior devido ao fato de a reserva de glicogênio dos músculos desses animais ser parcialmente ou totalmente exaurida (FELÍCIO, 1997). Tal fato provavelmente não ocorreu em nosso estudo, uma vez que os animais não passaram por fatores estressantes, tais como jejum prolongado e transportes longos.

Adicionalmente, a suplementação de animais com glicerina bruta (CHUNG et al., 2007; SAN VITO et al., 2015) ou alto teor de concentrado (NEATH et al., 2007) aumentam a reserva de energia e, conseqüentemente, a disponibilidade de glicogênio no abate, proporcionando valores inferiores de pH final. Desta maneira, era esperada alteração no pH final com a inclusão da glicerina bruta. Entretanto, o pH final do *Longissimus* dos cordeiros não foi alterado entre os tratamentos.

No presente estudo, o pH final das carcaças apresentou média de 5,8, valor este considerado dentro do limite da normalidade. Segundo Lawrie (2005), valores mais baixos de pH final podem proporcionar carnes com maior tempo de prateleira, devido à maior acidez e, conseqüentemente, menor crescimento de microrganismos. Quando o pH é superior a 6,2, a carne apresenta uma anomalia conhecida como DFD (*dark, firm and dry*), sendo considerada uma carne escura, dura e seca. Esse tipo de anomalia pode ser encontrado em carne de cordeiro (APPLE et al., 1995). Nesse sentido, o controle do pH da carcaça é de extrema importância, uma vez que tem alta relação com a qualidade da carne, podendo afetar algumas características como coloração (WULF et al., 1997), suculência, capacidade de retenção de água (WHITMAN; FORREST; MORGAN, 1996) e maciez (WATANABE; DALY; DEVINE, 1996).

A coordenada L* corresponde à luminosidade da carne, podendo ser afetada por diversos fatores tal como o pH, que pode modificar as propriedades de dispersão da luz (KADIM et al., 2013), sendo que menores valores de pH irão proporcionar uma maior luminosidade da carne. No entanto, os valores de pH encontrado nesse estudo são considerados normais e não diferenciam entre os tratamentos, explicando, assim, ausência de diferenças na intensidade de L*.

Segundo Mancini e Hunt (2005), a determinação da cor da carne é dada pela concentração do pigmento e o estado químico do grupo heme. Segundo Carvalho et al. (2014), alterações na AOL podem influenciar na coloração da carne uma vez que,

com aumento da AOL, ocorre o aumento da presença dos pigmentos (mioglobina). No presente estudo, não houve diferenças na AOL, contribuindo para a explicação da semelhança da coloração da carne entre os tratamentos. Além disso, frequentemente, em pH elevado, as enzimas do músculo que usam oxigênio são mais ativas, resultando em menos oxigenação da mioglobina de superfície e em uma cor mais escura (LEDWARD; JOHNSTON; KNIGHT, 1992), conseqüentemente, maior valor da coordenada a^* . Sendo assim, devido ao valor de pH semelhante entre os tratamentos do presente estudo, não foram identificados efeitos negativos na cor da carne.

Carvalho et al. (2014) associaram as alterações encontradas na coordenada b^* no músculo aos teores mais elevados de EE encontrados em bovinos Nelore confinados que receberam as dietas com 12 e 18% de glicerina bruta. Contudo, a ausência da diferença na composição de EE do *longissimus* dos animais do presente estudo pode explicar o resultado encontrado para a coordenada b^* .

Trabalhos que avaliaram a cor da carne de bovinos alimentados com diferentes teores de glicerina bruta, em até 30%, também não encontraram diferenças (LAGE et al., 2014; SAN VITO et al., 2015). Em ovinos, são descritos valores médios das coordenadas de 31,36 a 38,0, para L^* ; 12,27 a 18,01, para a^* ; e 3,34 a 5,65, para b^* (BRESSAN et al., 2001). Esses valores são próximos aos observados no presente estudo, indicando, assim, que a glicerina bruta pode ser utilizada na alimentação de cordeiros, substituindo totalmente o milho sem interferir na coloração da carne.

Esperávamos aumento no conteúdo de EE do músculo *Longissimus* dos animais, devido ao fato de que a produção de propionato (precursor de glicose) pode ser superior em animais alimentados com glicerina bruta (Drouillard, 2008). Segundo Chung et al. (2007), a glicose é o maior doador de carbono para síntese de ácidos graxos na gordura intramuscular. Em adição, Schroder e Sudekum (1999) relataram que a utilização da glicerina associada à dieta de menor teor de amido é mais eficiente em termos de valor energético do que quando utilizada em conjunto com dietas de alto amido. No entanto, a inclusão de glicerina bruta nas dietas nesse estudo não foi suficiente para aumentar o marmoreio independentemente do teor utilizado. Outros estudos também não encontraram diferença no conteúdo de EE da

carne dos animais quando utilizaram glicerina bruta (GOMES et al., 2011; LAGE et al., 2014; SAN VITO et al., 2015).

Baixos valores de CRA da carne não são desejados, pois irão influenciar na suculência da mesma (OLIVEIRA et al, 2012). A perda por cocção também é uma importante característica de qualidade, associada ao rendimento de carne no momento do consumo e pode ser influenciada pela CRA (PARDI et al., 1993). O pH exerce extrema influência na CRA, sendo que carne com pH mais elevado apresenta tendência a maior CRA (HUFF-LONERGAN; LONERGAN, 2005). Como no presente estudo o pH não foi alterado, a CRA da carne também não foi alterada e, conseqüentemente, a perda por cocção não diferiu entre os tratamentos. Pesquisas recentes demonstraram que a alimentação com glicerina bruta não interfere na perda por cocção da carne de bovinos (LAGE et al., 2014; SAN VITO et al., 2015) e de ovinos (GOMES et al., 2011; LAGE et al., 2014a).

Os valores de maciez encontrados no presente estudo variaram de 2,79 a 3,96 kgf. Segundo Shackelford et al. (1991), a força de cisalhamento até 4,5 kgf classifica a carne como macia e garante boa aceitação pelo consumidor. Nós não conseguimos encontrar uma explicação para o aumento da maciez da carne de animais alimentados com glicerina. Parâmetros importantes, que podem influenciar na maciez, foram semelhantes entre os tratamentos, incluindo EE, pH, e CRA. Nós não avaliamos atividades enzimáticas associadas à maciez da carne e tipo de fibras que podem apoiar estes resultados.

4.3 Perfil de ácidos graxos

Os ácidos graxos de cadeia ímpar, como o ácido pentadecanoico (C15:0), o margárico (C17:0) e o heptadecanoico (C17:1), são constituintes dos lipídios microbianos (MANSBRIDGE; BLAKE, 1997). Esses ácidos graxos são formados por meio de alongamento de propionato ou valerato (OR-RASHID; ODONGO; McBRIDE, 2007). Segundo Ingram et al. (1977), o propionato pode ser utilizado para a formação de ácidos graxos de cadeia ímpar, e o aumento da concentração de propionato pode aumentar a concentração de ácidos graxos de cadeia ímpar (C15:0, C17:0 e C17:1). Diversas pesquisas reportaram que, no rúmen, a glicerina é

fermentada principalmente a propionato (LEE et al., 2011; AVILA-STAGNO et al., 2011; RAMOS; KERLEY 2012; CHANJULA et al., 2014). Portanto, o aumento da concentração desses ácidos graxos de cadeia ímpar na carne pode estar relacionado ao incremento na produção de propionato oriundo da fermentação da glicerina. Os resultados encontrados neste estudo estão de acordo com San Vito et al. (2015), que utilizaram até 28% de glicerina bruta em substituição ao milho do suplemento de bovinos criados em pastejo e também encontraram aumento na concentração do ácido margárico na carne dos animais.

A concentração do ácido oleico (C18:1 c9) e do ácido palmitoleico (C16:1 c9) foi positivamente afetada pelo uso da glicerina bruta. Esses resultados suportam a hipótese inicial de que a glicerina bruta pode reduzir a lipólise e, conseqüentemente, diminuir a biohidrogenação que ocorre no rúmen, a qual é responsável pela saturação dos ácidos graxos alimentares consumidos pelos ruminantes (EDWARDS et al., 2012).

Essa hipótese pode ser reforçada pela redução nas concentrações dos ácidos saturados esteárico (C18:0), palmítico (C16:0) e mirístico (C14:0) encontradas no presente estudo, indicando possível redução na biohidrogenação ruminal. Desta maneira, maior quantidade de ácidos graxos insaturados pode chegar ao intestino delgado e pode ser absorvida e assimilada pela carne. A redução nas concentrações do ácido mirístico e ácido palmítico com a inclusão da glicerina está em concordância com os resultados de Eiras et al. (2014), sendo esses resultados de relevância para a saúde humana, uma vez que esses ácidos possuem efeitos hipercolesterolêmicos e trombogênicos (BRITISH DEPARTMENT OF HEALTH, 1994).

O ácido oleico é o ácido graxo mais abundante na carne de cordeiros (DIAZ et al., 2005) e, de acordo com Wood et al. (2008), o ácido esteárico é convertido em ácido oleico pela enzima esteroil Co-A dessaturase também conhecida por Δ -9 dessaturase. Sendo assim, o aumento do ácido oleico no presente estudo pode estar associado à diminuição da concentração do ácido esteárico. Além disso, Carvalho et al. (2014) observaram maior atividade da enzima Δ -9 dessaturase na carne e na gordura subcutânea de bovinos confinados alimentados com glicerina

bruta em até 18% de glicerina bruta na MS da dieta, reforçando a possibilidade de maior conversão do ácido esteárico a ácido oleico no músculo dos animais.

O aumento na concentração do ácido oleico é benéfico para a saúde humana, pois aumenta as concentrações das lipoproteínas de alta densidade (HDL) no sangue e contribui para a redução das concentrações das lipoproteínas de baixa densidade (LDL) no plasma (WOOD et al., 2003; GILMORE et al., 2011). Resultados similares foram reportados por Avila-Stagno et al. (2013) em ovinos e por Lage et al. (2014) e Eiras et al. (2014) em bovinos que encontraram aumento na concentração do ácido oleico quando alimentaram os animais com glicerina em até 21, 10 e 18% na MS, respectivamente.

A concentração de ácido linoleico na carne dos animais (C18:2) manteve-se semelhante com a inclusão da glicerina bruta na dieta corroborando os relatos de Carvalho et al. (2014). Esses resultados podem estar relacionados à menor concentração deste ácido graxo na glicerina bruta, o que induz ao menor fornecimento quando o milho é substituído pela glicerina bruta. O milho possui em torno de 46,25% de ácido linoleico, valor este observado por Lage et al. (2014). Desta maneira, a menor concentração de ácido linoleico na dieta dos animais que receberam glicerina bruta pode ter sido compensada pela inibição da lipólise, mantendo semelhante à concentração deste ácido graxo na carne.

Em revisão, Schimid et al. (2006) relataram que o ácido graxo conjugado (CLA) exerce efeitos positivos sobre o câncer, doença cardiovascular, diabetes, composição corporal, sistema imunológico e saúde óssea. Ainda de acordo com relatos desses autores, maiores concentrações de CLA foram encontradas nas carnes de cordeiros comparadas às carnes bovinas e, a dieta tem estreita influência na concentração desses ácidos graxos. A utilização da glicerina bruta em dietas de ruminantes promoveu maior concentração de CLA na carne de bovinos em estudo anterior (LAGE et al., 2014).

Em condições normais de biohidrogenação no rúmen, os ácidos graxos linoleico (C18:2) e linolênico (C18:3) são convertidos a CLA que rapidamente é convertido a ácido vacênico (C18:1 t11), o qual produz ácido esteárico (C18:0) como produto final da rota (BAUMAN et al., 1999). Todavia, com a o processo de biohidrogenação incompleto na presença da glicerina bruta, pode ter ocorrido maior

chance do CLA atingir o intestino e ser absorvido. Assim, a tendência a maior CLA (C18:2 c9 t11) observada na carne dos animais, que receberam glicerina no presente estudo, pode ser explicada pelo fato do referido ácido graxo ser um intermediário do processo de biohidrogenação no rúmen.

Segundo Bauman et al. (1999), além da formação do CLA dependente da biohidrogenação no rúmen, a enzima Δ -9 dessaturase presente na gordura intramuscular propicia a conversão do ácido graxo transvacênico (C18:1 t11), que alcança o tecido muscular, à CLA. Desta maneira, a redução na concentração do ácido transvacênico observada na carne dos animais que receberam glicerina bruta pode ter associação com a maior concentração de CLA. Esses resultados indicam que o ácido transvacênico, produzido no rúmen durante o processo incompleto de biohidrogenação, pode ter sido absorvido no intestino e, no músculo convertido novamente em CLA através da enzima Δ -9 dessaturase.

Resultados como, a redução da concentração de ácidos graxos saturados, o aumento das concentrações dos ácidos monoinsaturados e do total de insaturados, além do aumento das relações de insaturado:saturado e de monoinsaturado:saturado observados no presente estudo, estão de acordo com outros trabalhos que utilizaram glicerina na alimentação de bovinos (CARVALHO et al., 2014; EIRAS et al., 2014). Esses resultados são importantes, pois os ácidos graxos saturados têm relação com o aumento de LDL, causando riscos de doenças cardiovasculares em humanos (SIRI-TARINO et al., 2010). Adicionalmente, ácidos graxos monoinsaturados podem inibir agregação de plaquetas nas artérias (SMITH et al., 2003).

Os resultados do presente estudo evidenciaram claramente que a lipólise e a biohidrogenação são influenciadas pela utilização da glicerina bruta na alimentação de cordeiros. Entretanto, o mecanismo envolvido na redução desses processos ainda não está completamente elucidado (EDWARDS et al., 2012). De acordo com Krueger et al. (2010), uma possível explicação para o efeito inibitório da glicerina no processo de lipólise deve-se à ação negativa sobre as bactérias que produzem as enzimas lipases, tal como *Anaerovibrio lipolytica*. Entretanto, Castagnino et al. (2015) encontraram aumento na concentração da bactéria *Anaerovibrio lipolytica*

quando utilizaram 15% de glicerina bruta em ensaio *in vitro* associada a três diferentes dietas com ou sem adição de óleo.

Ainda nesse sentido, Abo El-Nor et al. (2010) observaram que as concentrações de DNA para *Clostridium proteoclasticum* e *Butyrivibrio fibrisolvens* diminuíram quando a glicerina substituiu o milho. Alguns estudos relataram que estas duas últimas bactérias citadas desempenham um papel fundamental no processo de biohidrogenação no rúmen (SCHMID et al., 2006; WALLACE et al., 2006; MAIA et al., 2007; LOURENÇO; MORALES; WALLACE, 2010).

5. CONCLUSÃO

Apesar do menor rendimento de carcaça, a inclusão de até 30% de glicerina bruta na MS da dieta não influenciou os aspectos físicos da carne e reduziu a concentração de ácidos graxos saturados, bem como aumentou os ácidos graxos insaturados na carne de cordeiros. Portanto, a glicerina bruta provou ser uma alternativa de alimento para cordeiros que proporciona uma carne com perfil de ácidos graxos mais saudável para a saúde humana.

6. 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.

ABULARACH, M. L.; ROCHA, C. E.; FELÍCIO, P. E. Características de qualidade do contra-filé (m. *L. dors*) de touros jovens da raça Nelore. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 2, p. 205–210, 1998.

APPLE, J. K.; DIKEMAN, M. E.; MINTON, J. E.; MCMURPHY, R. M.; FEDDE M. R.; LEITH, D. E.; UNRUH, J.A. Effects of restrain and isolation stress and epidural blockade on endocrine and blood metabolite status, muscle glycogen metabolism, and indice of dark-cutting longissimus muscle of sheep. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, n. 8, p. 2295-2307, 1995.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis of the association of official analytical chemists**. 16 ed. Washington, 1995.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis of the association of official analytical chemists**. 15 ed. Washington, 1990.

AVILA-STAGNO, J.; CHAVES, A. V.; HE, M. L.; HARSTAD, O. M.; BEAUCHEMIN, K. A.; MCGINN, S. M.; MCALLISTER, T. A. Effects of increasing concentrations of glycerol in concentrate diets on nutrient digestibility, methane emissions, growth, fatty acid profiles and carcass traits of lambs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 91, n. 2, p. 829- 837, 2013.

AVILA-STAGNO, J.; CHAVES, A. V.; HERNANDEZ-CALVA, M.; BEAUCHEMIN, K. A.; MCGINN, S. M.; WANG, Y.; HASRTARD, O. M.; MCALLISTER, T. A. Effects of replacing barley grain in feedlot diets with increasing levels of glycerol on in vitro fermentation and methane production. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 166, n. esp., p. 265-268, 2011.

BAUMAN, D. E.; BAUMGARD, L. H.; CORL, B. A.; GRIINARI, J. M. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants. In: ANNUAL MEETING OF THE AMERICAN SOCIETY OF ANIMAL SCIENCE, 1999, Indianapolis. **Proceedings...** Indianapolis: American Society of Animal Science, 1999. p. 1-15.

BLIGH, E.G.; DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, Ottawa, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959.

BRESSAN, M. C.; PRADO, O. V.; PÉREZ, J. R. O.; LEMOS, A. L. S. C; BONAGURIO, S. Efeito do peso ao abate de cordeiros Santa Inês e Bergamácia sobre as características físico-químicas da carne. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 3, p. 293-303, 2001.

BRITISH DEPARTMENT OF HEALTH. **Nutritional aspects of cardiovascular disease**. London: HSMO, 1994.

BURRIN, D. G.; FERREL, C. L.; BRITTON, R.A.; BAUER, M. Level of nutrition and visceral organ size and metabolic activity in sheep. **British Journal of Nutrition**, London, v. 64, n. 2, p. 439-448, 1990.

CARVALHO, J. R.; CHIZZOTTI, M. L.; RAMOS, E. M.; MACHADO NETO, O. R.; LANNA, D. P. D.; LOPES, L. S.; TEIXEIRA, P. D.; LADEIRA, M. M. Qualitative characteristics of meat from young bulls fed different levels of crude glycerin. **Meat Science**, Barking, v. 96, n. 2, p. 977-983, 2014.

CARVALHO, S.; SILVA, M. F.; CERUTTI, R.; KIELING, R.; OLIVEIRA, A.; DALEASTRE, M. Desempenho e componentes do peso vivo de cordeiros submetidos a diferentes sistemas de alimentação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 650-655, 2005.

CASTAGNINO, P. S.; MESSANA, J. D.; FIORENTINI, G.; JESES, R. B.; SAN VITO, E.; CARVALHO, I. P. C.; BERCHIELLI, T. T. Glycerol combined with oils did not limit biohydrogenation of unsaturated fatty acid but reduced methane production *in vitro*. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.12.004>. 2015>.

CHANJULA, P; PAKDEECHANUAN, P; WATTANASIT, S. Effects of dietary crude glycerin supplementation on nutrient digestibility, ruminal fermentation, blood metabolites, and nitrogen balance of goats. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, Seoul, v. 27, n. 3, p. 365-374, 2014.

CHUNG, Y. H.; RICO, D. E.; MARTINEZ, C. M.; CASSIDY, T. W.; NOIROT, V.; AMES, A.; VARGA, G. A. Effects of feeding dry glycerin to early postpartum Holstein dairy cows on lactational performance and metabolic profiles. **Journal of Dairy Science**, Champaing, v. 90, n. 12, p. 5682-569, 2007.

DIAZ M. T; ÁLVAREZ, I.; DE LA FLUENTE, J.; SAÑUDO, C; CAMPO M. M.; OLIVER, M. A.; FONT I FURNOLS, M.; MONTOSI, F.; SAN JULIÁN, R.; NUTE, G. R.; CAÑEQUE, V. Fatty acid composition of meat from typical lamb production systems of Spain, United Kingdom, Germany and Uruguay. **Meat Science**, Barking, v. 71, n. 2, p. 256–263, 2005.

DONKIN, S. S.; KOSER, S. L.; WHITE, H. M.; DOANE, P. H.; CECAVA, M. J. Feeding value of glycerol as a replacement for corn grain in rations fed to replacement dairy cow. **Journal of Dairy Science**, Champaing, v.92, n. 10, p.5111-5119, 2009.

DROUILLARD, J. S. Glycerin as a feed for ruminants: using glycerin in highconcentrate diets. **Journal of Animal Science**, Champaing, v. 86, suppl. 2, p. 392, 2008.

EDWARDS, H. D.; ANDERSON, R. C.; MILLER, R. K.; TAYLOR, T. M.; HARDIN, M. D.; SMITH, S. B.; KRUEGER, N. A.; NISBET, D. J. Glycerol inhibition of ruminal lipolysis *in vitro*. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 95, n. 9, p. 5176-5181, 2012.

EIRAS, C. E.; MARQUES, J. A.; PRADO, R. M.; VALERO, M. V.; BONAFÉ, E. G.; ZAWADZKI, F.; PEROTTO, D.; PRADO, I. N. Glycerine levels in the diets of crossbred bulls finished in feedlot: carcass characteristics and meat quality. **Meat Science**, Barking, v. 96, n. 2, p. 930-936, 2014.

ELAM, N. A.; ENG, K. S.; BECHTEL, B.; HARRIS, J. M.; CROCKER, R. Glycerol from Biodiesel Production: Considerations for feedlot diets. In: SOUTHWEST NUTRITION CONFERENCE, 21, 2008, Tempe, AZ, USA. **Proceedings...** Tempe: The University of Arizona, 2008. p. 1-13.

FELÍCIO, P. E. Fatores que influenciam na qualidade da carne bovina. In: FEALQ (Ed.). **Produção de Novilho de Corte**. Piracicaba: FEALQ, 1997. p. 79-97.

GILMORE, L. A.; WALZEM, R. L.; CROUSE, S. F.; SMITH, D. R.; ADAMS, T. H.; VAIDYANATHAN, V.; CAO, X.; SMITH, S.B. Consumption of High-Oleic Acid Ground Beef Increases HDL-Cholesterol Concentration but Both High- and Low-Oleic Acid Ground Beef Decrease HDL Particle Diameter in Normocholesterolemic Men. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 141, n. 6, p. 1188-1194, 2011.

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**, Brasília, v. 40, n. 10, p. 2211-2219, 2011.

GUNN, P. J.; NEARY, M. K.; LEMENAGER, R. P.; LAKE, S. I. 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, 2010.

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, 2010a.

HAMM, R. Functional properties of the miofibrillar system and their measurement. In: BECHTEL, P. J. (Ed.). **Muscle as food**. Orlando: Academic Press, 1986. p. 135-199.

HENDRIX, D. L. Rapid extraction and analyses of nonstructural carbohydrates in plant tissues. **Crop Science**, Madison, v. 33, n. 6, p. 1306–1311. 1993.

HOUBEN, J. H.; VAN DIJK, A.; EIKELENBOOM, G.; HOVING-BOLINK, A.H. Effect of dietary vitamin E supplementation, fat level and packaging on color stability and lipid oxidation in minced beef. **Meat Science**, Barking, v. 55, n. 3, p. 331-336, 2000.

HUFF-LONERGAN E.; LONERGAN S. M. Mechanisms of water holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. In: International Congress of Meat Science and Technology, 51, 2005, Baltimore. **Proceedings...** Baltimore: American *Meat Science* Association, 2005. p. 194-204.

INGRAM, L. O., CHEVALIER, L. S., GABBA, E. J., LEY, K. D., WINTERS, K. Propionate induced synthesis of odd-chain-length fatty acids by *Escherichia coli*. *J Bacteriol.* **Journal of Bacteriology**, Washington, v. 131,n. 3, p. 1023–1025, 1977.

KADIM, I. T.; AL-KAROUSHI A.; MAHGOUB, O.; AL-MARZOOQI, W.; KHALAF, S. K.; AL-MAQBALI, R. S.; AL-SINANI, S. S. H.; RAIYMBEK, G. Chemical composition, quality and histochemical characteristics of individual dromedary camel (*Camelus dromedarius*) muscles. **Meat Science**, Barking, v. 93, n. 3, p. 564-571, 2013.

KOWALSKI, L. H.; FERNANDES, S. R.; MONTEIRO, A. L. G.; PRADO, O. R.; FERNANDES, M. A. M. Características do lombo de cordeiros terminados em sistemas com amamentação controlada e desmame precoce em confinamento e pastagem. **Synergismus scyentifica UTFPR**, Pato Branco, v. 8, n. 2, p. 1-4, 2013.

KOZLOSKI, G. V. **Bioquímica dos ruminantes**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2002. 140 p.

KRUEGER, N. A.; ANDERSON, R. C.; TEDESCHI, L. O.; CALLAWAY, T. R.; EDRINGTON, T. S.; NISBET, D. J. Evaluation of feeding glycerol on free-fatty acid production and fermentation kinetics of mixed ruminal microbes in vitro. **Bioresource Technology**, Barking, v. 101, n. 21, p. 8469-8472, 2010.

LAGE, J. F.; BERCHIELLI, T. T.; SAN VITO, E.; SILVA, R. A.; RIBEIRO, A. F.; REIS, R. A.; DALLANTONIA, E. E.; SIMONETTI, L. R.; DELEVATTI, L. M.; MACHADO, M. Fatty acid profile, carcass and meat quality traits of young Nelore bulls fed crude glycerin replacing energy sources in the concentrate. **Meat Science**, Barking, v. 96, n. 3, p. 1158–1164, 2014

LAGE, J. F.; PAULINO, P. V. R.; PEREIRA, L. G. R.; DUARTE, M. S.; VALADARES FILHO, S. C.; OLIVEIRA, A. S.; SOUZA, N. K. P.; LIMA, J. C. M. Carcass characteristics of feedlot lambs fed crude glycerin contaminated with high concentrations of crude fat. **Meat Science**, Barking, v. 96, n. 1, p. 108-113, 2014a.

LAWRIE, R.A. **Ciência da carne**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 384p.

LEDWARD, D. A.; JOHNSTON, D. E.; KNIGHT, M. K. **The Chemistry of Muscle-Based Foods**. Cambridge, 1992.

LEE, S. Y.; LEE, S. M.; CHO, Y. B.; KAM, D. K.; LEE, S. C.; KIM, C. H.; SEO, S. Glycerol as a feed supplement for ruminants: *In vitro* fermentation characteristics and methane production. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 166, n. esp., p. 269-274, 2011.

LOURENÇO, M.; RAMOS-MORALES, E.; WALLACE, R. J. The role of microbes in rumen lipolysis and biohydrogenation and their manipulation. **Animal**, Cambridge, v.4, n. 7, p. 1008–1023, 2010.

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, n. 2, p. 632-638, 2009.

MAIA, M. R.; CHAUDHARY, L. C.; FIGUERES, L.; WALLACE, R. J. Metabolism of polyunsaturated fatty acids and their toxicity to the microflora of the rumen. **Antonie van Leeuwenhoek**, Dordrecht, v. 91, n. 4, p. 303-314, 2007.

MANCINI, R. A.; HUNT, M. C. Current research in meat color. **Meat Science**, Barking, v. 71, n.3, p. 100–121, 2005.

MANSBRIDGE R. J.; BLAKE J. S. Nutritional factors affecting the fatty acid composition of bovine milk. **British Journal of Nutrition**, London, v. 78, Suppl. 1, p. 37- 47, 1997.

MUSSELMAN, A.F.; VAN EMON, M.L.; GUNN, P.J.; Rusk, C. P.; Neary, M. K.; Lemenager, R. P.; Lake, S. L. Effects of crude glycerin on feedlot performance and carcass characteristics of market lambs. In: WESTERN SECTION, AMERICAN SOCIETY OF ANIMAL SCIENCES, 59, 2008, West Lafayette. **Proceedings...** West Lafayette: American Society of Animal Sciences, 2008. p. 353-355.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of small ruminant.** Washington: National Academy, 2007. 362 p.

NEATH, K. E.; DEL BARRIO, A. N.; LAPITAN, R. M.; HERRERA, J. R. V.; CRUZ, L. C.; FUJIHARA, T.; MUROYA, S.; CHIKUNI, K.; HIRABAYASHI, M.; KANAI, Y. Difference in tenderness and pH decline between water buffalo meat and beef during postmortem aging. **Meat Science**, Barking, v.75, n. 3, p. 499-505, 2007.

OLIVEIRA, E. A.; SAMPAIO, A. A. M.; HENRIQUE, W.; PIVARO, M. T.; ROSA, B. L.; FERNANDES, A. R. M.; ANDRADE, A. T. Quality traits and lipid composition of meat from Nellore young bulls fed with different oils either protected or unprotected from rumen degradation. **Meat Science**, Barking, v. 90, n. 1, p. 28-35, 2012.

OR-RASHID, M. M.; ODONGO, N. E.; MCBRIDE, B.W. Fatty acid composition of ruminal bacteria and protozoa, with emphasis on conjugated linoleic acid, vaccenic acid, and odd-chain and branched-chain fatty acids. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 85, n. 5, p. 1228-1234, 2007.

OSÓRIO, J. C. S.; OSÓRIO, M. T. M.; OLIVEIRA, N. M.; SIEWERDT, L. **Qualidade, morfologia e avaliação de carcaças.** Pelotas: Universitária, 2002. 197p.

PARDI M.C.; SANTOS I.F.; SOUZA E.R; PARDI H.S. **Ciência, higiene e tecnologia da carne: tecnologia da sua obtenção e transformação.** Goiânia: Centro Editorial e Gráfico Universidade de Goiás, v.1, 1993. 586p.

RAMOS, M. H.; KERLEY, M. S. Effect of dietary crude glycerol level on ruminal fermentation in continuous culture and growth performance of beef calves. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 90, n. 3, p. 892-899, 2012.

SAN VITO, E.; LAGE, J. F.; RIBEIRO, A. F.; SILVA, R. A.; BERCHIELLI, T.T. Fatty acid profile, carcass and quality traits of meat from Nellore young bulls on pasture supplemented with crude glycerin, **Meat Science**, Barking, v. 100, p. 17-23, 2015.

SAS - Statistical Analysis Systems Institute, 2002. **SAS users guide**: Statistics Version 2002. SAS, Cary, N.C.

SAVELL, J. W.; MUELLER; S. L.; BAIRD, B. E. The chilling of carcasses. **Meat Science**, Barking, v. 70, n. 3, p. 449-459, 2005.

SCHMID, A.; COLLOMB, M.; SIEBER, R.; BEE, G. Conjugated linoleic acid in meat and meat products: A review. **Meat Science**, Barking, v. 73, n. 1, p. 29–41, 2006.

SCHRODER, A.; SUDEKUM, K. H. Glycerol as a by-product of biodiesel production in diets of ruminants. In: 10TH INTERNATIONAL RAPESED CONGRESS, 1999, Canberra. **Proceedings...** Canberra: The Regional Institute, 1999.

SHACKELFORD, S. D.; MORGAN, J. B.; CROSS, H. R.; SAVELL, J. W. Identification of threshold levels for Warner-Bratzler shear force in beef top loin steaks. **Journal of Muscle Foods**, Trumbull, v. 2, n. 4, p. 289-296, 1991.

SILVA SOBRINHO, A.G. Aspectos quantitativos e qualitativos da produção de carne ovina. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 425-453.

SILVA SOBRINHO, A.G. **Body composition and characteristics of carcasses from lambs of different genotypes and age at slaughter**. 1999. Post Doctoral (Sheep meat production) – Massey University, Palmerston North, New Zealand, 1999.

SIRI-TARINO, P. W.; SUN, Q.; HU, F. B.; KRAUSS, R. M. Saturated fatty acids and risk of coronary heart disease: modulation by replacement nutrients. **Current Atherosclerosis Reports**, Philadelphia, v. 12, n. 6, p. 384-390, 2010.

SMITH, R. D.; KELLY, C. N.; FIELDING, B. A.; HAUTON, D.; SILVA, K. D.; NYDAHL, M.C.; MILLER, G. J.; WILLIAMS, C.M. Long-term monounsaturated fatty acid diets reduce platelet aggregation in healthy young subjects. **British Journal of Nutrition**, London, v. 90, n. 3, p. 597-606, 2003.

VAN CLEEF, E. H. C. B.; EZEQUIEL, J. M. B; D'AUREA, A. P.; FÁVARO, V. R.; SANCANARI, J.B.D. Crude glycerin in diets for feedlot Nelore cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v. 43, n. 2, p. 86-91, 2014.

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

VERSEMANN, B. A.; WIEGAND, B. R.; KERLEY, M. S.; PORTER, J. H.; ROBERTS, K. S.; EVANS, H. L. Dietary inclusion of crude glycerol changes beef steer growth performance and intramuscular fat deposition. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 86, n. 2, p. 478, 2008.

WALLACE, R. J.; CHAUDHARY, L. C.; MCKAIN, N.; MCEWAN, N. R.; RICHARDSON, A. J.; VERCOE, P. E.; WALKER, N. D.; PAILLARD, D. Clostridium proteoclasticum: a ruminal bacterium that forms stearic acid from linoleic acid. **FEMS Microbiology Letters**, Amsterdam, v. 265, n. 2, p. 195- 201, 2006.

WATANABE, A.; DALY, C. C.; DEVINE, C. E. The effects of the ultimate pH of meat on tenderness changes during ageing. **Meat Science**, Barking, v. 42, n. 9, p. 67–78, 1996.

WHEELER, T. L.; VOTE, D.; LEHESKA, J. M.; SHACKELFORD, S. D.; BELK, K. E.; WULF, D. M.; GWARTNEY, B. L.; KOOHMARAIE, M. The efficacy of three objective systems for identifying beef cuts that can be guaranteed tender. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.80, n. 12, p.3315-3327, 2002.

WHITMAN, T. A.; FORREST, J. C.; MORGAN, M. T. Electrical measurement for detecting early postmortem changes in porcine muscle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 74, n. 1, p. 80–90, 1996.

WOOD, J. D.; ENSER, M.; FISHER, A. V.; NUTE, G. R.; SHEARD, P. R.; RICHARDSON, R. I.; HUGHES, S. I.; WHITTINGTON, F. M. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. **Meat Science**, Barking, v. 78, n. 4, p. 343–358, 2008.

WOOD, J. D.; RICHARDSON, R. I.; NUTE, G. R.; FISHER, A. V.; CAMPO, M. M.; KASAPIDOU, E.; SHEARD, P. R.; ENSER, M. Effects of fatty acids on meat quality: A review. **Meat Science**, Barking, v. 66, n. 1, p. 21–32, 2003.

WULF, D. M.; O'CONNOR, S. F.; TATUM, J. D.; SMITH, G. C. Using objective measures of muscle color to predict beef *longissimus* tenderness. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, n. 3, p. 684-692, 1997.

CAPÍTULO 4 - Implicações

A utilização da glicerina bruta como substituto parcial do milho tem sido amplamente estudada pela comunidade científica. Existem trabalhos utilizando a glicerina bruta na alimentação de monogástrico e de ruminantes, sendo os bovinos terminados em confinamento, recebendo altos níveis de concentrados, os mais estudados entre os ruminantes.

A maioria dos resultados obtidos no Brasil são contraditórios, devido às diferentes proporções de ingredientes utilizadas nas dietas e ao fato da glicerina bruta disponível no país ter composição variável. Esses fatores diminuem as chances de se determinar um teor ideal de inclusão que alcance melhor eficiência dos animais associada ao menor custo de produção.

Diversas pesquisas que avaliaram a inclusão de glicerina bruta na dieta utilizaram da variação na composição dos ingredientes para obter teores similares de nutrientes desejados. Com isso, pode acontecer a modificação da qualidade de fibra, da disponibilidade de minerais e alteração da dinâmica de digestão dos nutrientes que irão afetar a ingestão, digestibilidade e desempenho dos animais. Dessa maneira, pode haver confundimento dos resultados, tais como se as modificações devem-se à utilização da glicerina ou a outro fator.

Em relação à purificidade da glicerina, no Brasil é possível encontrarmos glicerina bruta com teor de glicerol variando de 36 a 90%, e essa variação pode ocorrer devido ao processo de produção do biodiesel, que ainda não foi padronizado entre as empresas produtoras.

A glicerina bruta com menor teor de glicerol tem menor custo, porém possui maior concentração de metanol ou etanol, extrato etéreo (proveniente dos triglicerídeos que não foram convertidos em biodiesel) e sais. Com isso, a inclusão dessa glicerina bruta torna-se limitada, pois pode acarretar aumento nos teores de extrato etéreo da dieta, interferindo na fermentação ruminal.

Quando utilizamos a glicerina bruta de média pureza, assim chamada a que possui de 75 a 90% de glicerol, os resultados aproximam-se dos encontrados em trabalhos realizados utilizando glicerina purificada (99,9% de glicerol) em outros

países. No entanto, a inclusão recomendada da glicerina bruta ainda é considerada baixa, estando em aproximadamente 10% na MS.

O crescimento da produção de biodiesel do ano de 2014 em relação ao ano de 2013 foi de 15%, tornando o país menos dependente do diesel fóssil importado. Assim, se observamos o desempenho da indústria do biodiesel no Brasil, desde que a lei, em 2005, tornou obrigatório o uso de biodiesel na proporção de 2%, até os dias atuais, em que a lei suporta a adição de 7%, podemos perceber a necessidade de encontrarmos alternativas economicamente viáveis e ecologicamente corretas para a utilização da glicerina bruta (em maior teor), tendo em vista o fato de que as indústrias de cosméticos e alimentícias, entre outras, são incapazes de absorver toda a produção.

Desta maneira, estudos com diferentes tipos de dietas e diferentes associações (como, por exemplo, dietas com baixo teor de amido e associação com óleo essencial) têm sido feitos para que seja possível utilizar maiores teores de glicerina, colaborando com a utilização do excedente desse coproduto. No entanto, quando utilizamos maiores concentrações de glicerina, temos que destacar alguns pontos, tais como transporte e mistura aos outros ingredientes.

Nesse estudo, utilizamos até 30% de glicerina bruta na MS da dieta, o que provocou uma certa dificuldade em realizar uma mistura homogênea, a qual é importante para a redução na seleção da dieta pelos animais. Neste caso, a glicerina foi pesada separadamente e misturada manualmente ao concentrado e, posteriormente, ao feno no momento de fornecer a dieta, processo que demanda tempo e cuidado. Sendo assim, sugerimos que testes sejam feitos em misturadores apropriados a fim de verificar a possibilidade de facilitar o processo de mistura.

Outro ponto que deve ser levado em consideração é a umidade da ração quando a glicerina não é misturada diariamente. Pesquisas devem ser realizadas com o objetivo de avaliar o tempo de armazenamento dos concentrados misturados com glicerina bruta, uma vez que, com maior umidade, existe a possibilidade de proliferação de fungos, além de possibilitar a rancificação em casos de utilização de glicerina bruta com alto teor de extrato etéreo.

O transporte é outro ponto que deve ser considerado na tomada de decisão. Em muitos casos, o uso da glicerina apenas se tornará viável com presença de

usinas de biodiesel na região, caso contrário, o transporte pode ser oneroso. Além disso, a glicerina bruta é transportada em reservatórios (em torno de 1.000 litros), o que torna trabalhoso o processo ao descarregar e o manuseio.

Nesse sentido, a utilização da glicerina bruta nas fazendas ainda requer alguns cuidados, pois, como citado anteriormente, a mistura manual, o transporte e a dificuldade de manuseio da glicerina podem tornar a glicerina bruta inviável.

Em relação aos resultados obtidos neste estudo, podemos inferir que a glicerina bruta pode ser utilizada em até 30% na MS da dieta de cordeiros, substituindo o milho total, dependendo do objetivo.

Os animais do experimento apresentaram desempenho semelhante, no entanto, tiveram o rendimento de carcaça reduzido com a inclusão da glicerina bruta. Levando em conta que, no Brasil, alguns produtores de ovinos ainda recebem pelo peso corporal dos animais no frigorífico, diferentemente dos produtores de bovinos que recebem pelo rendimento de carcaça e, em algumas vezes, são bonificados pela qualidade da carcaça, a substituição do milho pela glicerina bruta em dietas de cordeiros pode ser uma alternativa economicamente viável.

Outro aspecto que deve ser levado em consideração são os dias de confinamento observados no presente estudo, pois, apesar de não termos encontrado diferença estatística, dias de confinamento para animais recebendo 15% de glicerina bruta foram menores comparados com os demais tratamentos. A diferença do tratamento 15% de glicerina para o tratamento controle foi de 16 dias. Assim, considerando um confinamento de 80 dias, a diminuição em 16 dias implicaria redução de 20% no tempo. De fato, se fosse contabilizado o custo para manter esses animais por mais 16 dias, provavelmente encontraríamos diferença. Essas observações evidenciam que, provavelmente, a dieta de 15% apresentaria maior rentabilidade econômica caso uma análise de custo fosse feita.

Em relação à cadeia de carne no Brasil, um novo nicho de mercado mais exigente, formado pela classe média alta, impulsiona o crescimento do mercado da carne ovina. Esse nicho procura por carne de qualidade garantida e está disposto a pagar um preço diferenciado por esses produtos. O fato de a carne dos animais alimentados com glicerina bruta apresentar melhor perfil de ácidos graxos e ser semelhante em relação à coloração, leva-nos a sugerir que essa carne terá boa

aceitação pelo consumidor, levando em consideração que melhor perfil de ácidos graxos é mais saudável para a saúde humana e a cor é a característica de maior influência na aceitação do produto.