

GILCIFRAN PRESTES DE ANDRADE

**GLICERINA BRUTA MAIS URÉIA EM SUBSTITUIÇÃO AO MILHO NA
ALIMENTAÇÃO DE OVINOS**

**RECIFE - PE
JULHO – 2015**

ANDRADE, G. P. de. Glicerina bruta mais uréia em substituição ao milho...

GILCIFRAN PRESTES DE ANDRADE

**GLICERINA BRUTA MAIS URÉIA EM SUBSTITUIÇÃO AO MILHO NA
ALIMENTAÇÃO DE OVINOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos obrigatórios para obtenção do título de Mestre.

COMITÊ DE ORIENTAÇÃO

ORIENTADOR: Francisco Fernando Ramos de Carvalho, Dr.

COORIENTADORES: Ângela Maria Vieira Batista, Dra.
Ricardo Alexandre Silva Pessoa, Dr.

**RECIFE - PE
JULHO – 2015**

Ficha Catalográfica

A553g Andrade, Gilcifran Prestes de
Glicerina bruta mais uréia em substituição ao milho na
alimentação de ovinos / Gilcifran Prestes de Andrade. -- Recife,
2015.

48f. : il.

Orientador : Francisco Fernando Ramos de Carvalho.
Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal
Rural de Pernambuco, Departamento de Zootecnia, Recife, 2015.
Referências.

1. Glicerina bruta 2. Ovinos 3. Desempenho I. Carvalho,
Francisco Fernando Ramos de, orientador II. Título

CDD 636

ANDRADE, G. P. de. Glicerina bruta mais uréia em substituição ao milho...

Glicerina bruta mais uréia em substituição ao milho na alimentação de ovinos

GILCIFRAN PRESTES DE ANDRADE

Dissertação defendida e aprovada em 20 de julho de 2015, pela banca examinadora:

Orientador:

Prof. Dr. Francisco Fernando Ramos de Carvalho
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Zootecnia

Examinadores:

Profa. Dra. Adriana Guim
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Zootecnia

Prof. Dr. João Paulo Ismério dos Santos Monnerat
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Zootecnia

RECIFE - PE
JULHO – 2015

ANDRADE, G. P. de. Glicerina bruta mais uréia em substituição ao milho...

DEDICO

À minha esposa Maria Betânia, por toda compreensão, companheirismo e amor.

ANDRADE, G. P. de. Glicerina bruta mais uréia em substituição ao milho...

OFEREÇO

Aos meus pais, Manoel Soares de Andrade e Raimunda Graciete Prestes Andrade, Rinaldo de Melo Rolim e Eliane Maria de Queiroz Rolim, à minha família e amigos que tanto me apoiam nos momentos de dificuldades.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por me guiar e por estar sempre junto de mim, dando-me força e proteção em todos os momentos da minha vida.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) pela oportunidade da realização profissional de cursar o mestrado.

Ao Prof. Francisco Fernando Ramos de Carvalho pela orientação, ensino, apoio e confiança depositada.

Aos professores do Departamento de Zootecnia pela atenção e ensinamentos repassados, que tanto contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional.

Aos colegas do curso de pós-graduação, em especial à Caio Alves da Costa e Daniel Barros Cardoso pelo apoio, amizade e valiosa ajuda.

Ao amigo Ângelo Polizel Neto pelo auxílio na tradução de muitos artigos de língua estrangeira que contribuíram para a feitura desta dissertação.

Aos técnicos Alex Freitas e Antônia Simas do Laboratório de Nutrição Animal e Biotecnologia da Universidade Federal do Amazonas pela prestatividade e ajuda nas análises dos alimentos e parâmetros sanguíneos.

À CAPES, pela bolsa de estudo concedida para minha formação acadêmica.

Aos animais, todo o meu respeito e gratidão pela pesquisa.

À toda a minha família pelo apoio incondicional em todos os momentos.

À todos o meu agradecimento!

SUMÁRIO

Capítulo 1 - Considerações Gerais	10
1. Revisão de Literatura	10
1.1. A ovinocultura no Nordeste	10
1.2. Panorama do biodiesel e a glicerina bruta no Brasil e Nordeste	11
1.3. Caracterização e composição da glicerina bruta	13
1.4. Fermentação ruminal e metabolismo do glicerol em ruminantes	14
1.5. Glicerina bruta na alimentação de ruminantes	16
1.6. Referências	19
Capítulo 2 - Glicerina bruta associada à uréia na alimentação de cordeiros em confinamento	23
Resumo	23
Introdução	25
Material e Métodos	27
Resultados e Discussão	32
Conclusões	45
Referências	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Composição físico-química da glicerina bruta	28
Tabela 2- Composição percentual dos ingredientes e composição química das dietas	28
Tabela 3- Médias de consumo de matéria seca e nutrientes por cordeiros consumindo dietas contendo glicerina bruta associada à uréia em substituição ao milho	33

Tabela 4- Coeficientes de digestibilidade da matéria seca e nutrientes em cordeiros consumindo dietas contendo glicerina bruta associada à uréia em substituição ao milho	36
Tabela 5- Peso corporal, ganho de peso e conversão alimentar de cordeiros consumindo dietas contendo glicerina bruta associada à uréia em substituição ao milho	38
Tabela 6- Perfil metabólico sanguíneo energético e protéico de cordeiros consumindo dietas contendo glicerina bruta associada à uréia em substituição ao milho	41
Tabela 7- Concentração de enzimas e minerais em cordeiros consumindo dietas contendo glicerina bruta associada à uréia em substituição ao milho	43

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fluxograma da produção do biodiesel	11
Figura 2. Esquema da fermentação do glicerol no rúmen	14

Capítulo 1 – Considerações Gerais

1. Revisão de Literatura

1.1. A ovinocultura no Nordeste

A criação de ovinos é uma atividade de grande relevância econômica e social para o Nordeste brasileiro, por suprirem com fonte de proteína de excelente qualidade as populações rurais e também aquelas das grandes cidades, porém, essa atividade ainda é considerada de baixo rendimento, devido à predominância da exploração extensiva com emprego de baixa tecnologia na maioria dos criatórios (Viana et al., 2014).

De acordo com dados do IBGE (2013), o rebanho ovino nacional possuía um efetivo de 17.290.519 cabeças distribuídas em todas as regiões, sendo a região Nordeste detentora de 56,5 % (9.774.436) do total. O estado de Pernambuco ocupava a terceira posição regional com 1.830.647 cabeças, destacando-se os municípios de Floresta, Dormentes e Petrolina.

Contudo, esses números devem ter mudado em função da estiagem prolongada que a região sofreu nos últimos anos, em que estima-se que rebanho de ovinos perdeu cerca de 800 mil de cabeças. Na região, as maiores perdas estimadas de rebanho ovino foi na Paraíba (16,4%), seguindo-se de Piauí (11,3%), Pernambuco (11%), Bahia (8,5%), Rio Grande do Norte (4,9%) e Ceará (3,3%) (IBGE, 2013).

Em contrapartida, a procura por carne ovina cresceu consideravelmente no Brasil e na região Nordeste, sendo que a demanda mostra-se superior à oferta. De acordo com Rego Neto et al. (2014), a demanda atual estimada para a carne ovina de boa qualidade apresenta um déficit da ordem de 24 mil toneladas/ano para região Nordeste.

Em adição, a falta de matéria prima faz com que os abatedouros na região trabalhem com capacidade bastante ociosa podendo chegar a valores acima de 80%. Além desse aspecto,

é importante ressaltar que em geral a carne ofertada é de baixa qualidade, resultante do abate de animais velhos, não atendendo às exigências do mercado consumidor (Viana et al., 2014).

Diante destes fatos, o confinamento de ovinos para terminação tem recebido uma crescente adoção em virtude dos benefícios trazidos por esta prática, como a manutenção da oferta de alimentos, que aliada à eficiência no controle sanitário, reduz o tempo para o abate e melhora a qualidade das carcaças (Oliveira et al., 2014).

Entretanto, este tipo de criação requer maior investimento de instalações, mão-de-obra e alimentação, sendo que esta última representa o maior custo da atividade pecuária, o que pode significar um entrave para produtividade. O milho e a soja ainda são muito utilizados, mas oneram a atividade, uma vez que são produtos também representativos na alimentação de humanos (Fernandes et al., 2012).

Uma das formas para superar o entrave neste sistema é a utilização de rações formuladas com fontes alternativas de nutrientes, sendo que a utilização de subprodutos da indústria do biodiesel disponíveis na região poderia substituir parcial ou totalmente alimentos concentrados sem comprometer o desempenho animal.

1.2. Panorama do biodiesel e glicerina bruta no Brasil e Nordeste

A crescente preocupação com o meio ambiente, aliada à busca por fontes alternativas de energia renovável, tornou o biodiesel o centro das atenções e interesses de vários países do mundo, por este promover substancial redução na emissão de monóxido de carbono e hidrocarbonetos para o meio ambiente (Mota et al., 2009).

O biodiesel é produzido através processo de transesterificação reversível que consiste na separação dos resíduos do óleo vegetal ou gordura animal na presença de um catalisador básico, hidróxido de sódio ou potássio, e de um álcool de cadeia curta de baixo peso

molecular, metanol ou etanol, gerando o biodiesel, resíduos de gorduras e principalmente glicerina bruta (Abdalla et al., 2008).

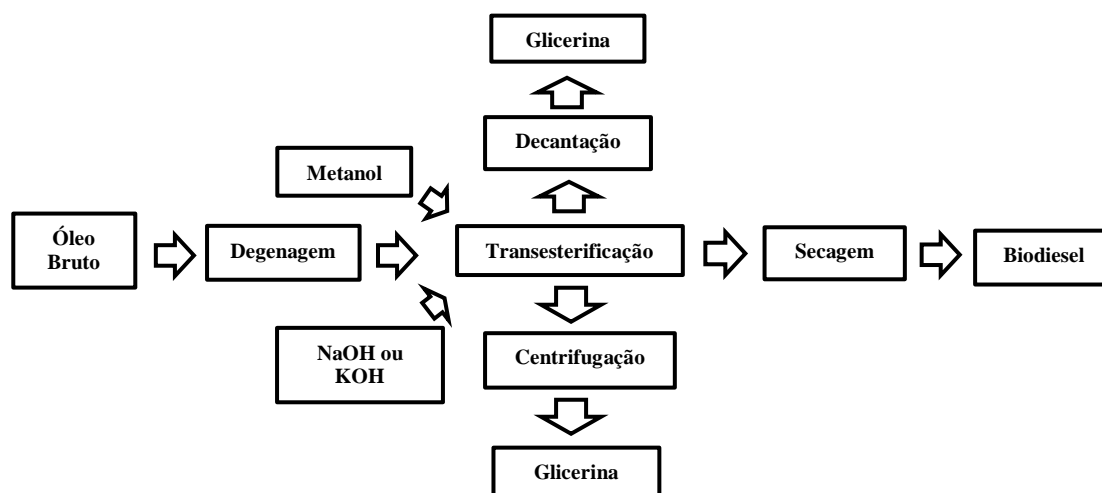


Figura 1. Fluxograma da produção do biodiesel. Adaptado de Dasari et al. (2005).

No Brasil, desde 2008, a adição de 2% de biodiesel no óleo diesel tornou-se obrigatória, e esse percentual aumentou para 7% em 2014, em cumprimento à Lei nº 13.033 de 24 de setembro de 2014, estabelecida pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), o que exigirá do país a produção interna de mais de 7,6 bilhões de litros de biodiesel por ano (ANP, 2014).

O país atualmente é o segundo maior produtor de biodiesel, com produção anual de 3,4 bilhões de litros e capacidade instalada de 5,8 bilhões de litros, gerando um faturamento de R\$ 6,4 bilhões de reais/ano, ficando só atrás dos EUA que lideraram a produção mundial com atuais 4,8 bilhões de litro/ano (ANP, 2014).

Neste cenário, com o aumento na produção do biodiesel também era esperado que a produção nacional de glicerina bruta fosse elevada nas usinas de refinamento, de maneira que para cada 90 m³ de biodiesel produzido, após reações de esterificação e hidrólise, são gerados aproximadamente 10 m³ de glicerina bruta (Dasari et al., 2005).

Estima-se que com a adição inicial de 2% de biodiesel ao diesel comum, de 2008 à 2014 foram gerados em torno de 464 milhões de litros/ano de glicerina bruta a partir do biodiesel, e com a adição dos atuais 7% a produção chegará a 857 milhões de litros/ano oriundo das usinas de biodiesel (ANP, 2014).

Desse modo, a elevação na produção do biodiesel trouxe como consequência grande oferta de glicerina bruta para o Nordeste, visto que a região é a terceira maior potência produtora do país, onde as principais usinas de biodiesel estão concentradas nos estados da Bahia, Maranhão, Ceará e Pernambuco (APROBIO, 2015).

De acordo com a ANP (2014), nas usinas nordestinas nos últimos cinco anos foram gerados em torno de 36,2 milhões de litros de glicerina bruta como subproduto na produção de biodiesel, sendo que a perspectiva de crescimento na produção é de 33% até 2030, o que poderia gerar divisas a partir da comercialização.

Contudo, as usinas da região utilizam apenas 50% da sua capacidade para refinar glicerina bruta à indústria farmacêutica e cosmética, seus principais mercados, não sendo estas suficientes para absorver toda a produção e a legislação ambiental brasileira não permite simplesmente depositar a glicerina residual em aterros, sugerindo outras formas de utilização deste subproduto (Farias et al. 2012).

1.3. Caracterização e composição da glicerina bruta

A glicerina bruta que é obtida após o processo de transesterificação e hidrólise dos óleos ou gorduras para a produção do biodiesel é composta basicamente por glicerol e quantidades variadas de água, sais, álcoois e catalisadores (Dasari et al., 2005).

Segundo Kerr et al. (2009), dependendo do processamento da matéria prima, a glicerina bruta pode conter entre 75% a 90% de glicerol, e em função da variação dos níveis de glicerol ela pode ser classificada em função do seu grau de pureza.

De acordo com Donkin (2008) a glicerina bruta é considerada de baixa pureza quando contém entre 50 a 70% de glicerol, média pureza quando há 75 a 90% de glicerol e de alta pureza quando os níveis de glicerol se encontram acima de 90%.

Ainda segundo Kerr et al.(2009) em função do processamento a glicerina bruta pode conter de 8 a 15 % de água, 2 a 10 % de sal principalmente NaCl e KCl, 0,5 a 23% de ácidos graxos livres e aproximadamente 0,05 a 10,45% de metanol.

A glicerina bruta é considerada um líquido de cor amarelada, não apresenta odor e tem sabor adocicado, sendo sua temperatura de fusão 17,8 °C, e sua decomposição normalmente ocorre aos 290 °C, sendo também é miscível em água e álcool (Dasari et al., 2005).

1.4. Fermentação ruminal e metabolismo do glicerol em ruminantes

Estudos recentes sugerem três prováveis rotas metabólicas do glicerol quando ingerido por ruminantes que podem ser a fermentação por microrganismos no rúmen, passagem com a digesta pelo trato gastrointestinal e absorção pelas células do epitélio ruminal para depois ser direcionado para o fígado para a gliconeogênese.

De maneira geral, o glicerol é fermentado no rúmen a ácidos graxos de cadeia curta, de modo que 50 a 80% do glicerol desaparecem do rúmen em média 4 horas, levando a um aumento na produção de ácido propiônico, acetato e ainda à uma fração de butirato (Donkin, 2008; Hales et al., 2013).

Dentre as espécies de bactérias ruminais fermentadoras de glicerol as *Selenomonas ruminantium*, *Megasphaera elsdenii* e *Streptococcus bovis* demonstraram ser os principais microorganismos que fermentam este composto, tendo como principais produtos ácidos graxos de cadeia curta, principalmente propionato e o acetato (Trabue et al., 2007; El-Nor et al., 2010; Lee et al., 2011).

Do total de propionato resultante da fermentação ruminal, 40% é metabolizado pelas células do epitélio ruminal e nas demais células do trato gastrointestinal, a maior parte é absorvido pela veia porta e carregado para o fígado, onde uma pequena fração do propionato é convertida em piruvato, seguindo à rota gliconeogênica (Krehbiel, 2008).

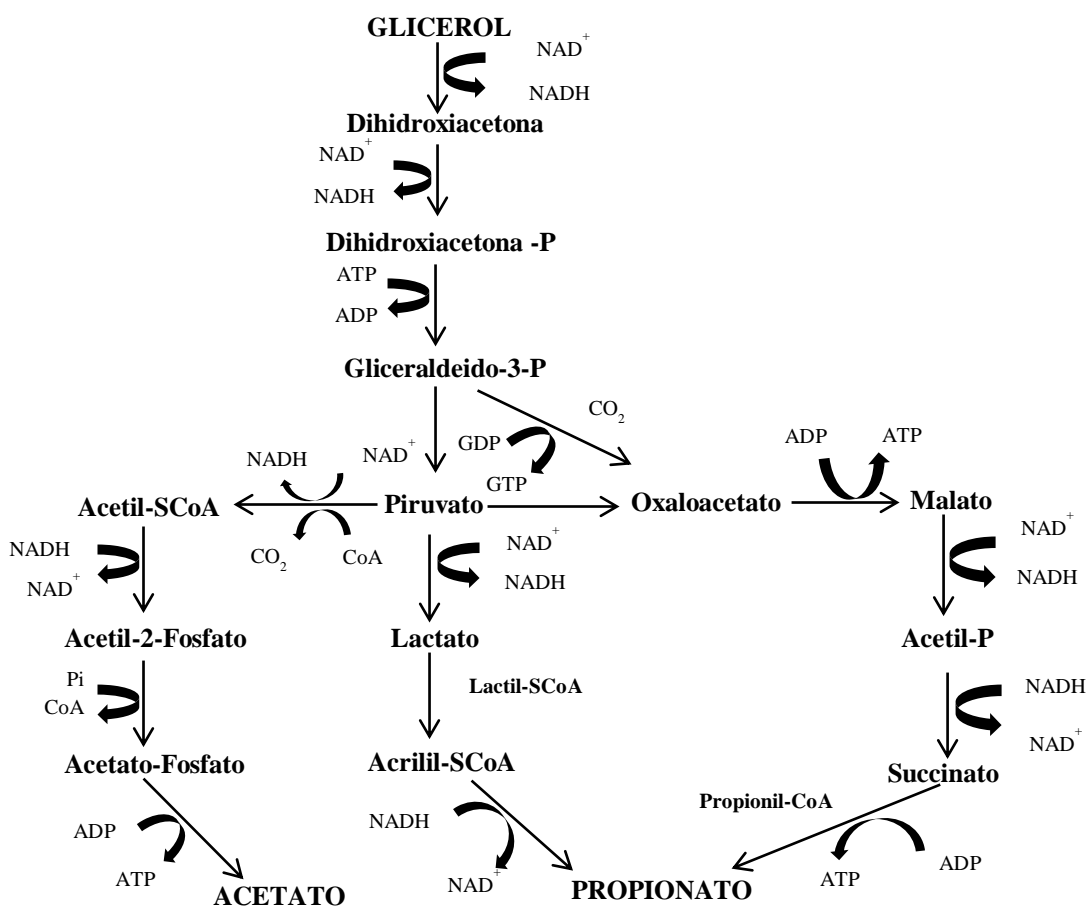


Figura 1. Esquema da fermentação do glicerol no rúmen. Adaptado de Donkin (2008).

A via gliconeogênica inicia-se com o propionato, sendo metabolizado a succinil-SCoA, o qual entra no ciclo de Krebs originando succinato, depois fumarato e finalmente o malato, que sai da mitocôndria e no citoplasma é transformado em fosfoenolpiruvato e, em seguida, a glicose, a qual é liberada para a circulação (Kozloski, 2011).

De acordo com Brisson et al. (2001), a densidade do glicerol (1,26 g/mL) corresponde estreitamente a densidade ideal para a passagem através do rúmen pelo orifício retículo-omasal. Desse modo, o mesmo pode seguir para o abomaso e ser absorvido pelo intestino, após é direcionado para o fígado (Trabue et al., 2007).

De acordo com Rojek et al. (2008) cerca de 13% do glicerol que chega ao rúmen é absorvido pelas papilas ruminais, mediado por proteínas homólogas ao do canal de água, alguns dos quais funcionam também como transportadores de glicerol conhecido como aquagliceroporinas.

Após a absorção através do intestino e através da parede do rúmen, o glicerol segue para o fígado onde a enzima glicerol quinase mais ATP o converte em glicerol-3-fosfato e ADP, em que o glicerol pode ser direcionado para a gliconeogênese (Leningher et al., 2006).

Em condições de energia excedente, o glicerol é direcionado para a síntese de gordura, entretanto, em situações de energia deficiente normalmente é oxidado, em que 1 mol de glicerol chega a produzir 22 moles de ATP (Kristensen e Raun, 2007).

Além de servir como fonte de energia, o glicerol pode ter efeitos positivos sobre a retenção de aminoácidos, inibindo a atividade das enzimas fosfoenolpiruvato carboxiquinase e glutamato desidrogenase, o que resultaria em economia dos aminoácidos gliconeogênicos, favorecendo a deposição de proteína corporal (Cerrate et al. (2006).

1.5. Glicerina bruta na alimentação de ruminantes

O uso da glicerina na alimentação animal já foi alvo de estudos no passado (Jonhson, 1954, Bernal, 1978) citado por Trabue et al. (2007), contudo somente com o recente estímulo à produção de biodiesel e a consequente disponibilidade de glicerina bruta, houve novo interesse no uso desse subproduto nas dietas de animais.

Os estudos sobre a utilização da glicerina bruta em dietas de ruminantes têm sido desenvolvidos em vários países principalmente com bovinos de corte e vacas em lactação, mas são poucos os estudos com ovinos, onde o consumo, digestibilidade, ganho de peso, parâmetros ruminais, qualidade da carne e leite são as principais respostas avaliadas.

Musselman et al. (2008) avaliaram a inclusão de 15, 30 e 45 % de glicerina, com aproximadamente 90% de glicerol, na nutrição de cordeiros recebendo dietas com alta proporção de concentrado e verificaram que os animais que receberam até 15% de glicerina bruta tiveram um maior ganho de peso.

Parsons et al. (2009), relataram que a glicerina bruta pode substituir carboidratos rapidamente fermentáveis em dietas de novilhos em até 16% da matéria seca, sem impacto negativo no consumo de água, ingestão de alimentos, degradação ruminal e digestibilidade de nutrientes e desempenho.

Gunn et al. (2010) ao avaliarem a adição de glicerina bruta (87,50% de glicerol), sendo os níveis de tratamento utilizados 0, 5, 10, 15 ou 20% na dieta de 30 cordeiros, concluíram que a inclusão de até 20% na matéria seca não afetou o consumo e os parâmetros de ganho de peso e características de carcaça.

Terré et al. (2011) utilizaram 102 cordeiros que foram suplementados, da desmama ao abate, com glicerina bruta (0, 5 e 10%) e concluíram que a glicerina pode ser incluída na dieta de cordeiros até o teor de 10% sem prejudicar o desempenho, o consumo e a composição dos ácidos graxos da carne.

No Brasil, Lage et al. (2010) avaliaram a inclusão de 0, 3, 6, 9 e 12% de glicerina bruta na dieta de cordeiros machos não castrados da raça Santa Inês, relatando que a inclusão de até 6% de glicerina bruta melhora a conversão alimentar dos animais e reduz o custo do ganho de carcaça, quando o preço do coproduto representa até 70% do preço do milho.

Gomes et al. (2011) utilizaram 27 cordeiros da raça Santa Inês, com aproximadamente 90 dias de idade e avaliaram o desempenho dos animais recebendo dietas controle e inclusão de 15 e 30% de glicerina bruta com 83,2% de glicerol e concluíram que a inclusão de valores de até 30% de glicerina na dieta não gerou impacto negativo sobre o consumo, desempenho e a qualidade da carne ovina.

Pellegrin et al. (2012) avaliaram o consumo e o desempenho de cordeiros mantidos a pasto e suplementados com creep-feeding, incluindo doses de 0, 10, 20 e 30% de glicerina bruta na matéria seca da dieta e concluíram que a inclusão de até 30% de glicerina contendo 84,8% de glicerol não influenciou o consumo médio de concentrado por animal, o consumo em porcentagem do peso vivo e o ganho de peso médio diário.

De acordo com Neiva et al. (2012), a inclusão de glicerol até 20% na MS da dieta de vacas e novilhos castrados de aptidão leiteira não afetou negativamente o consumo de nutrientes e permite desempenho animal similar ao desempenho de animais alimentados com milho, como principal fonte energética.

Martins et al. (2013) avaliaram o consumo, ganho em peso corporal e conversão alimentar de borregas alimentadas com dietas com ou sem glicerol, concluindo que não houve comprometimento no consumo e desempenho, e segundo estes autores a glicerina bruta pode ser adicionada em até 20% no concentrado de borregas como fonte energética.

Por outro lado, o uso hidróxido de sódio ou potássio como catalisador no processo de transesterificação pode ser combinado ao ácido clorídrico, aumentando o conteúdo de cloreto de sódio e outros minerais, o que poderia restringir a quantidade de glicerina que poderia ser incluída na dieta desses animais (Lage et al., 2010; Gomes et al., 2011).

Em adição, o metanol que é o álcool mais utilizado durante a transesterificação, quando não recuperado corretamente pode ser o contaminante mais problemático dos resíduos

da glicerina bruta, por causar intoxicação em animais quando ingerido em grandes quantidades, em função da sua desidrogenação à formaldeído e produção de ácido fórmico no fígado.

Segundo a *Food and Drug Administration* (FDA) (2006) a glicerina bruta é de uso seguro, mas estabelece que o teor de metanol presente na glicerina bruta a ser utilizada nos EUA não deve ultrapassar 150 mg/Kg da matéria seca. Entretanto, níveis superiores foram estabelecidos na Europa, onde o limite máximo foi definido de 200 ppm (Sellers, 2008).

No Brasil, o uso da glicerina bruta como ingrediente para alimentação animal foi regulamentado recentemente, em que é exigido um padrão mínimo de 80% glicerol, umidade máxima de 13%, teor de metanol máximo de 150 ppm e matéria mineral podendo variar pelo processo produtivo (MAPA, 2010).

Diante disso, este trabalho foi realizado considerando a regulamentação para o uso da glicerina bruta no país, sobretudo aquela produzida no estado de Pernambuco, sendo que os resultados obtidos foram abordados no artigo denominado “Glicerina bruta associada à uréia na alimentação de ovinos em confinamento”, redigidos de acordo com as normas editoriais do periódico *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*.

1.6. Referências

ABDALLA, A. L.; SILVA FILHO, J. C.; GODOI, A. R.; CARMO, C. A.; EDUARDO, J.L.P. Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.37, p.260-258, 2008.

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Anuário estatístico do petróleo, gás natural e biocombustíveis 2008-2014. Dezembro, 2014.

APROBIO – ASSOCIAÇÃO DOS PRODUTORES DE BIODIESEL DO BRASIL. Impactos socioeconômicos da indústria de biodiesel no Brasil. Relatório Anual 2014, Dezembro, 2014.

BRISSON, D.; VOHL, M. C.; PIERRE, J.; HUDSON, T. J.; GAUDET, D. Glycerol: a neglected variable in metabolic processes. *Bioessays*. p. 534, 2001.

CERRATE, S.; YAN, F.; WANG, C.; COTO, C.; SACAKLI, P.; WALDROUP, P. W. Evaluation of glycerine from biodiesel production as a feed ingredient for broilers. *International Journal of Poultry Science*, v.5, n.11, p.1001-1007, 2006.

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

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

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*, v.162, p.99-105, 2010.

FARIAS, M. S.; PRADO, I.N.; VALERO, M. V.; ZAWADZKI, F., SILVA, R. R., EIRAS, C.E. Níveis de glicerina para novilhas suplementadas em pastagens: desempenho, ingestão, eficiência alimentar e digestibilidade. *Ciência Rural*, v.42,n.7, p.1177-1187, 2012.

FERNANDES, S.R.; MONTEIRO, A.L.G.; DITTRICH, R.L. et al. Early weaning and concentrate supplementation on the performance and metabolic profile of grazing lambs. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.41, n.5, p.1292, 2012.

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION – FDA. Code of Federal Regulations, v.6, n. 21, 2006.

GUNN, P. J.; SCHULTZ, A. F.;VAN EMON, K. L. Effects of elevated crude glycerin concentrations on feedlot performance, carcass characteristics, and cerum metabolite and hormone concentrations in finishing ewe and wether lambs. *The Professional Animal Scientist*, v, 22, p. 298–306, 2010.

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, p. 3875-3880, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Produção da Pecuária Municipal 2013. Setembro de 2013.

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

KOZLOSKI, G. V. *Bioquímica dos Ruminantes*. Santa Maria: Editora Santa Maria, 3ªed. 2011.

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

LAGE, J.F.; PAULINO, P.V.R.; PEREIRA, L.G.R. Glicerina bruta na dieta de cordeiros terminados em confinamento. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.45, n.9, p.1012-1020, 2010.

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*, v.166, p.269-274, 2011.

LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. Lehninger - Princípios de Bioquímica. Editora Sarvier, 4ª edição, São Paulo, 2006.

MARTINS, A.S.; KACHINSKI, M.B.; GALETTO, S.L.; MOLETTA, J.L.; LEAL, L.S. Consumo, desempenho e metabólitos sanguíneos de ovelhas suplementadas com glicerol na dieta. *Enciclopédia Biosfera*, n.17; p. 2013.

MOTA, C.J.A.; SILVA, C. X. A.; GONÇALVES, V.L.C. Gliceroquímica: novos produtos e processos a partir da glicerina de produção de biodiesel. *Química Nova*, vol. 32, p. 639-648, 2009.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO-MAPA. Instrução normativa nº 42, de 16 de dezembro de 2010. Brasília, 2010.

MUSSELMAN, A.F.; VAN EMON, M.L.; GUN, P.J.; RUSK, C.P. Effects of crude glycerin on feedlot performance and carcass characteristics of market lambs. *American Society of Animal Science*, v.59, p.353-355, 2008.

NEIVA, J. N. M.; LEÃO, J. P.; RESTLE, J.; PAULINO, P. V .R.; SANTANA, A. M.; MIOTTO, F. C. Consumo e desempenho de bovinos de aptidão leiteira em confinamento alimentados com glicerol. *Ciência Animal Brasileira*, v.13, p. 421-428, 2012.

OLIVEIRA, D. S.; ROGÉRIO, M.C.P.; BATISTA, A.S.M.; ALVES, A.A.. Desempenho e características de carcaça de cordeiros SPRD cruzados com as raças Santa Inês e Somalis Brasileira terminados em confinamento. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v.15, n.4, p.937, 2014.

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

PELLEGRIN, A. C. R. S.; PIRES, C. C.; CARVALHO, P. S.; PACHECO, P. S.; GRIEBLER, L.; VENTURINI, R. S. Glicerina bruta no suplemento para cordeiros lactentes em pastejo de azevém. *Ciência Rural*, v.42, n.8, 2012.

REGO NETO, A.A.; SARMENTO, J.L.R.; SANTOS, N.P.S.; BIAGIOTTI, D.; SANTOS, G.V. Estrutura e distribuição geográfica do rebanho de ovinos Santa Inês no estado do Piauí. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v.15, n.2, p.272, 2014.

ROJEK, A.; PRAETORIUS, J.; FROKIAER, J.; NIELSEN, S.; FENTON, R. A. A current view of the mammalian aquaglyceroporins, *Annual Review Physiology*, v. 70, p.301-327, 2008.

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*, v. 164, p. 262–267, 2011.

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

SELLERS, R.S. Glycerin as feed ingredient, official definition and approvals. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v.91, n.1, p.392, Jan. 2008.

VIANA, F. J. C. Abate clandestino de suínos e pequenos ruminantes na cidade de Teresina, Piauí: implicações na saúde ocupacional. *Revista Internacional de Ciências e Saúde*, v.1, p. 38- 47, 2014.

Capítulo 2 - Glicerina bruta associada à uréia na alimentação de cordeiros em confinamento

Crude glycerin added with urea in feeding feedlot of lambs

Resumo

Objetivou-se avaliar os efeitos da inclusão de glicerina bruta contendo 80,5% de glicerol sobre o consumo de nutrientes, digestibilidade, desempenho e parâmetros sanguíneos de cordeiros em confinamento. Utilizaram-se 40 cordeiros mestiços Santa Inês, machos não castrados, com cinco meses de idade e peso corporal inicial de 21 kg \pm 0,8 Kg, distribuídos em blocos casualizados à quatro tratamentos e dez repetições com níveis de inclusão de 0, 6, 12 e 18% de glicerina bruta na matéria seca (MS) da dieta. Houve efeito quadrático ($P < 0,05$) para consumo de MS, proteína bruta (CPB) e nutrientes digestíveis totais (CNDT), estimando-se para os níveis 10,9; 10,8 e 10,7% o consumo máximo de 1293,76; 241,55 e 904,76 g/dia, respectivamente. Houve efeito quadrático ($P < 0,05$) sobre a digestibilidade da MS, PB e fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas (FDN_{cp}), estimando-se digestibilidade máxima de 77,06; 86,37; 75,54 e 59,60%, para os níveis de inclusão de 10,7; 10,6; 10,5 e 10,5%, respectivamente. Os parâmetros peso corporal final (PCF), ganho médio diário (GMD) e conversão alimentar (CA) sofreram efeito quadrático ($P < 0,05$), observando-se valores máximos de 38,19; 0,265 Kg e mínimo de 4,7 para os níveis de inclusão de 10,8; 10,9 e 10,5%, respectivamente. Houve efeito quadrático ($P < 0,05$) sobre as concentrações séricas de glicose e albumina, estimando-se para os níveis 10,7 e 9,7% os valores máximos de 80,3 mg/dL e 31,86 g/L. Houve efeito linear crescente ($P < 0,05$) sobre o concentração sérica de sódio. Não houve efeito ($P > 0,05$) sobre o teor de colesterol, triglicerídeos, uréia, globulina, creatina quinase (CK), aspartato aminotransferase (AST) e gama glutamiltransferase (GG). A adição de glicerina bruta contendo 80,5% de glicerol pode ser incluída em até 18% da dieta de cordeiros por manter o consumo de matéria seca, digestibilidade, ganho de peso e a conversão alimentar em níveis satisfatórios.

Termos para indexação: biodiesel, subproduto, desempenho, glicerol, ovinos.

Abstract

Objective was to evaluate the effects of crude glycerin inclusion with 80.5% of glycerol on nutrient intake, digestibility, performance and blood parameters on finishing lambs. They used forty crossbred lambs Santa Inês, intact male, with five months of age and initial body weight of 21 kg \pm 0.8 kg, distributed in randomized blocks with four treatments and ten repetitions with inclusion levels of 0, 6, 12 and 18% crude glycerin on dry matter (DM) of the diet. There was a quadratic effect ($P < 0.05$) for dry matter intake, crude protein (CP) and total digestible nutrients (CTDN), estimating levels to 10.9%; 10.8% and 10.7% the maximum consumption of 1293.76; 241.55 and 904.76 g/d, respectively. There was a quadratic effect ($P < 0.05$) on the DM, CP, and neutral detergent fiber corrected for ash and protein (NDFap), estimating maximum digestibility of 77.06%; 86.37%; 75.54% and 59.60% for inclusion levels of 10.7%; 10.6%; 10.5% and 10.5%, respectively. The final body weight parameters (FCP), average daily gain (ADG) and feed conversion (FC) showed a quadratic effect ($P < 0.05$), observing maximum values of 38.19; 0.265 kg and a minimum of 4.7 for the inclusion levels of 10.8%; 10.9% and 10.5%, respectively. There was a quadratic effect ($P < 0.05$) on serum concentrations of glucose and albumin, estimating for 10.7% and 9.7% levels the maximum values of 80.3 mg/dL and 31.86 g/L. There was increasing linear effect ($P < 0.05$) on serum sodium concentration. There was no effect ($P > 0.05$) on the cholesterol, triglycerides, urea, globulin, creatine kinase (CK), aspartate aminotransferase (AST) and gamma glutamyl transferase (GGT). The addition of glycerin containing 80.5% glycerol may be included up to 18% of the lambs diet for maintaining the dry matter intake, digestibility, weight gain and feed conversion at satisfactory levels.

Index terms: biodiesel, co-product, performance, glycerol, sheep.

Introdução

A avaliação de fontes alternativas de nutrientes para ruminantes cresceu nos últimos anos em muitas regiões do Brasil com objetivos de diminuir os custos da alimentação, porém sem deixar de atender as exigências nutricionais e a eficiência produtiva dos rebanhos, a fim de tornar o sistema de produção economicamente mais viável (Oliveira et al., 2014).

Nesse contexto, a glicerina bruta despertou interesse como alternativa nutricional com grande potencial para ser utilizada como ingrediente em substituição aos concentrados energéticos convencionais, por ser fonte de glicerol, um substrato de alto valor energético, além de apresentar preços baixos no atual cenário do mercado nacional (Barros et al., 2015).

Este quadro favorável deu-se em função da Lei nº 11.097/2005, que introduziu o biodiesel na matriz energética brasileira, estimando-se que de 2008 à 2014 foram gerados em torno de 464 milhões de litros/ano de glicerina bruta a partir do biodiesel e com a adição obrigatória dos atuais 7% de biodiesel ao diesel comum (MP 647/14) a produção chegará a 857 milhões de litros/ano oriundo das usinas de biodiesel (ANP, 2014).

O potencial de uso da glicerina bruta na alimentação de ruminantes surgiu porque alguns estudos sugeriram três prováveis rotas metabólicas do glicerol quando ingerido por esses animais, que podem ser a fermentação por microrganismos no rúmen formando ácidos graxos de cadeia curta (Kerr et al., 2009), passagem com a digesta pelo trato gastrointestinal (Donkin, 2008) ou absorção pela células do epitélio ruminal (Krehbiel, 2008), estas últimas vias diretas para a gliconeogênese.

Com todas essas perspectivas potenciais alguns estudos iniciais foram realizados no país na tentativa de validar a utilização da glicerina bruta como alternativa alimentar de macroingrediente na dieta de ovinos em diferentes sistemas de produção em substituição aos

concentrados energéticos, contudo os resultados gerados são controversos como os relatados por Lage et al. (2010) e Gomes et al. (2011).

Pellegrin et al. (2012) também avaliaram o consumo e o desempenho de ovinos mantidos a pasto e suplementados com creep-feeding, incluindo doses de 0, 10, 20 e 30% de glicerina bruta na matéria seca da dieta e concluíram que a inclusão de até 30% de glicerina contendo 84,8% de glicerol não influenciou o consumo médio de concentrado por animal e o ganho de peso médio diário.

Mais recentemente, Martins et al. (2013) avaliaram o consumo, ganho em peso corporal e conversão alimentar de borregas alimentadas com dietas com ou sem glicerol, concluindo que não houve comprometimento no consumo e desempenho, e segundo estes autores a glicerina bruta pode ser adicionada em até 20% no concentrado de borregas como fonte energética.

O uso da glicerina bruta como insumo para alimentação animal foi autorizado no país, em que foi estabelecido um padrão mínimo de 80% glicerol, umidade máxima de 13%, metanol máximo de 150 ppm (MAPA, 2010). Contudo, apesar do recente estímulo ao uso do glicerol na nutrição animal e grande disponibilidade de glicerina bruta no mercado poucos trabalhos foram realizados com inclusão desta na alimentação de cordeiros em crescimento nos últimos anos no Brasil.

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da inclusão em níveis crescentes da glicerina bruta associada à ureia em substituição ao milho sobre o consumo de matéria seca e nutrientes, digestibilidade de nutrientes, desempenho, bem como avaliar os parâmetros sanguíneos indicativos do perfil metabólico energético, protéico, enzimático e mineral de cordeiros em confinamento.

Material e Métodos

O experimento foi executado no setor de caprinovinocultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), localizado no município de Recife (PE) e situado sob as coordenadas geográficas de 8°04'03''S e 34°55'00''W, no período de dezembro de 2014 a fevereiro de 2015. Foram utilizados 40 cordeiros machos, não castrados, mestiços da raça Santa Inês, com peso corporal médio de 21 kg \pm 0,8 que foram alojados em um galpão constituído de baias individuais com dimensões de 1,0 m x 1,8 m, contendo comedouros e bebedouros individuais.

Antes do período de adaptação às dietas todos os animais foram identificados com brincos e de todos foram coletadas as fezes, de modo a identificar o número de ovos por gramas de fezes (OPG) para controle de ectoparasitos e endoparasitos. Os animais também receberam vacina contra clostridioses, ADE e medicamento à base de sulfas, como medida profilática contra eimeriose no período de adaptação.

Após dois dias da chegada ao galpão e jejum de 16 horas os animais foram pesados e distribuídos casualmente em quatro tratamentos e dez repetições para serem submetidos aos níveis de 0, 6, 12 e 18% de glicerina bruta na dieta, que foi obtida da produção de biodiesel a partir do óleo do caroço de algodão na usina da empresa CETENE, município de Caetés-PE, em que sua composição físico-química é apresentada na Tabela 1.

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados com período experimental de 90 dias, sendo os 24 primeiros dias destinados a adaptação dos animais às instalações, às dietas e ao manejo, e os 66 dias restantes para avaliação e coleta de dados. A glicerina bruta foi misturada ao concentrado a fim de homogeneizar os ingredientes e as dietas experimentais foram formuladas para serem isoprotéicas, de forma a atender as exigências nutricionais de um cordeiro em crescimento visando um ganho médio diário de 250 g/dia, de

acordo com as recomendações nutricionais do NRC (2007), conforme Tabela 2, em que foram fornecidas aos animais dos respectivos tratamentos na forma de mistura completa nos cochos individuais duas vezes ao dia, às 08:00 horas e às 16:00 horas.

Tabela 1. Composição físico-química da glicerina bruta.

Item	%MS
Matéria Seca	89,9
Glicerol	80,5
Extrato Etéreo	4,35
Proteína Bruta	0,16
Matéria Mineral	1,11
Na	0,53
Metanol	3,82
Densidade, g/cm ³	0,97

Tabela 2 - Composição percentual dos ingredientes e composição química das dietas

Ingredientes (%)	Níveis de Glicerina Bruta (%)			
	0	6	12	18
Feno de Tifton	40,00	40,00	40,00	40,00
Milho Grão	40,35	34,10	27,85	21,60
Farelo de Soja	17,00	17,00	17,00	17,00
Glicerina Bruta	0,00	6,00	12,00	18,00
Uréia:SA	0,50	0,75	1,00	1,25
Suplemento Mineral ¹	1,50	1,50	1,50	1,50
Calcário Calcítico	0,30	0,30	0,30	0,30
Fosfato Bicálcico	0,35	0,35	0,35	0,35
Composição Química (%MS)				
Matéria Seca	89,01	89,14	89,39	89,20
Matéria Orgânica	96,57	95,82	95,70	95,50
Matéria Mineral	4,78	5,29	5,54	5,60
Proteína Bruta	15,34	15,37	15,43	15,51
Extrato Etéreo	3,95	4,06	4,17	4,24
Fibra em Detergente Neutro ²	48,87	47,49	46,75	45,83
Carboidratos Não Fibrosos	29,08	28,60	28,35	27,92
Nutrientes Digestíveis Totais ³	68,90	69,43	69,45	68,98

¹Níveis de garantia (nutrientes/kg): Cálcio-150g; Enxofre-12g; Fósforo-65g; Magnésio-6.000mg; Sódio- 107g; Cobre- 100mg; Cobalto-175mg; Ferro-1000mg; Flúor máximo-650mg; Iodo-175mg; Manganês-1440mg; Selênio-27mg e Zinco- 6000mg. ²Fibra em Detergente Neutro foi corrigida para cinzas e proteínas; ³Estimado em ensaio de digestibilidade.

Para estimar o consumo voluntário, as sobras foram recolhidas e pesadas antes de cada arração, e, após, o consumo foi mensurado pela diferença entre a oferta de ração e sobra de cada animal, e a quantidade fornecida foi ajustada a cada dois dias, baseada na ingestão voluntária do animal com estimativa de sobras de 10%. Foram coletadas semanalmente amostras das dietas fornecidas e das sobras, por animal e tratamento, bem como dos alimentos usados para formular as dietas, que após de pré-secas em estufa de ventilação forçada à 55°C, por 72 horas foram moídas em moinho de facas do tipo Willey com peneira de 1 mm e 2 mm de diâmetro, e, posteriormente foram acondicionadas em recipientes de polietileno para posterior análise bromatológica.

O ensaio de digestibilidade foi realizado na quarta semana após o início do período experimental, durante cinco dias, em que as amostras de fezes foram retiradas diretamente na ampola retal (0; 2; 4; 6; 8 e 10 horas). Após a coleta, as amostras de fezes foram pesadas e também pré-secas em estufa de ventilação forçada à 55°C por 72 horas, identificadas e, posteriormente, moídas em moinho de facas tipo Willey, passando por peneira de 1 mm e de 2 mm, sendo também acondicionadas em recipientes de polietileno.

Após o período experimental foram retiradas alíquotas representativas de cada amostra, previamente moídas, das dietas fornecidas, sobras, fezes e alimentos, sendo homogeneizada para formar uma sub-amostra para serem submetidas às determinações de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) (AOAC, 2000) e fibra em detergente neutro (FDN) de acordo com Mertens (2002), realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

Os teores de PB, EE e MM da glicerina bruta foram obtidos pelos procedimentos comuns a análise de alimentos (AOAC, 2000), enquanto que os teores de glicerol, metanol e sódio foram determinados por cromatografia gasosa, sendo que estas últimas análises foram

realizadas no Laboratório de Biotecnologia da Universidade Federal do Amazonas (UFAM). A estimativa dos carboidratos totais (CHOT) foi calculado segundo Sniffen et al. (1992), em que $CHOT = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM)$, enquanto que o teor de carboidratos não fibrosos (CNF) foi obtido segundo Hall (2000), onde $CNF (\%) = 100 - [(\%PB - (\%PB_{ureia} + \%ureia)) + \%FDN_{cp} + \%EE + \%MM]$, em que PB_{ureia} e FDN_{cp} expressam, respectivamente, proteína bruta advinda da ureia e fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína.

Para a digestibilidade, a produção de matéria seca fecal (PMF) foi estimada utilizando-se a matéria seca indigestível (MSi) como indicador interno, determinada por intermédio de digestibilidade *in situ* por 288 horas segundo recomendações de Berchielli et al. (2005). Para determinação da MSi, aproximadamente 1,0 g de cada amostra dos alimentos e 0,5 g das amostras de sobras e fezes foram pesados em duplicatas, em sacos de TNT (tecido não tecido) com dimensões de 10 cm x 10 cm e porosidade de aproximadamente 50 μ m, que foram selados e incubados no rúmen de um ovino fistulado, com aproximadamente 40 kg de peso corporal, mantido em confinamento e alimentado com feno de Tifton e concentrado.

Os sacos incubados foram retirados do rúmen ao completar 288 horas e posteriormente lavados em água corrente. Após foram secos em estufa a 105°C durante um período de 12 horas e pesados, considerando da matéria seca residual a matéria seca indigestível (MSi). O cálculo da PMSF foi realizado mediante a razão entre a quantidade do indicador consumido e sua concentração nas fezes, conforme a equação sugerida por Berchielli et al., 2005, ou seja, $PMSF (g/dia) = \text{gramas do indicador consumido} / \text{concentração do indicador nas fezes}$.

A digestibilidade da matéria seca (DMS) foi obtida pela diferença entre a quantidade consumida e a encontrado na excreção fecal, conforme equação: $DMS (\%) = [(MS \text{ ingerida} - MS \text{ excretada}) / MS \text{ ingerida}] \times 100$. Os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes (CDN)

serão calculados empregando-se a equação: $CDN = \{[(MS \text{ ingerida} \times \% \text{ nutriente}) - (MS \text{ excretada} \times \% \text{ nutriente})] / (MS \text{ ingerida} \times \% \text{ nutriente})\} \times 100$ (Berchielli et al., 2005).

O consumo de NDT (CNDT) foi calculado segundo Sniffen et al. (1992) onde $CNDT = (PB \text{ ingerida} - PB \text{ fecal}) + 2,25 \times (EE \text{ ingerido} - EE \text{ fecal}) + (CHOT \text{ ingerido} - CHOT \text{ fecal})$ e o valor de nutrientes digestíveis totais (NDT) foi estimado adotando a equação de Weiss (1999), $NDT = (PBd + CNFd + FDNcpd + (EEd \times 2,25))$, em que PBd, CNFd, FDNcpd e EEd significam, respectivamente, consumos de PB, CNF, FDN e EE digestíveis, sendo a FDN corrigida para cinzas e proteína.

Os animais foram pesados no início e no final do período experimental para avaliação do ganho de peso médio diário (GMD), precedidas por jejum alimentar de 16 horas. Foram realizadas, ainda, pesagens intermediárias a fim de monitorar o desenvolvimento dos animais. O ganho de peso total (GPT) foi obtido pela diferença entre o peso corporal final (PCF) e peso corporal inicial (PCI): $GPT = (PCF - PCI)$, e a estimativa de ganho médio diário (GMD) foi obtida através da relação entre o GPC e o total de dias referente ao período de desempenho até o abate. A conversão alimentar (CA) foi calculada pela relação entre o consumo de matéria seca (CMS) e o GMD.

A fim de avaliar o status energético e protéico, além do perfil enzimático e mineral dos animais, ao penúltimo dia do experimento foram realizadas colheitas de aproximadamente 8,0 ml de amostras de sangue, 8 horas após fornecimento das dietas, por punção da veia jugular em tubos *vacutainers*®, alguns contendo fluoreto de sódio e EDTA a 10% e outros sem anticoagulante com gel ativador da coagulação. As amostras com anticoagulante foram centrifugadas imediatamente após a colheita à 2.500 rpm para obtenção do plasma, enquanto que aquelas sem anticoagulante foram acondicionadas em caixa de isopor contendo gelo

sintético por um período de 50 minutos antes de serem centrifugadas a 2.500 rpm para obtenção do soro.

As alíquotas de soro e plasma foram colocadas em tubos *ependorffs*® e armazenadas a temperatura de -20°C até às dosagens dos indicadores bioquímicos glicose, colesterol, triglicerídeos, ureia, albumina e globulina, as enzimas aspartato aminotransferase (AST), gama-glutamilttransferase (GGT) e creatina quinase (CK), e ainda dos minerais cálcio, sódio, fósforo e magnésio. As dosagens dos metabolitos foram realizadas por técnicas de espectrofotometria utilizando-se kits comerciais (Labtest® de Diagnóstico Clínico), a partir de espectrofotômetro BioPlus® e as análises foram efetuadas por meio de Analisador bioquímico semiautomático BioPlus®, modelo BIO-200.

Os tratamentos foram analisados segundo o modelo estatístico: $Y_{ijk} = m + A_i + e_{ij}$, onde: Y_{ij} = é a observação j , referente à glicerina i ; m = é a constante geral; A_i = é o efeito do nível de inclusão da glicerina i , $i = 0, 6, 12$ e 18% ; e_{ijk} = erro aleatório associado a cada observação Y_{ijk} . Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão, e 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, utilizando-se o programa estatístico SAS (2003).

Resultados e Discussão

A adição em níveis crescentes de glicerina bruta ($80,5\%$ de glicerol) na dieta em substituição ao milho influenciou o consumo de matéria seca (CMS, g/dia), causando efeito quadrático ($P < 0,05$), estimando-se para o nível de $10,9\%$ de inclusão o máximo consumo de $1293,76$ g/dia (Tabela 3). Apesar disso, o valor de CMS para o nível de 18% foi superior ao observado no tratamento sem adição de glicerina bruta ($P < 0,05$), estando ainda acima do

valor previsto pelo NRC (2007) à categoria estudada, que recomenda consumo de matéria seca de 1,2 Kg dia⁻¹ para cordeiros em terminação com ganho de peso corporal de 250 g/dia.

Tabela 3. Médias de consumo de matéria seca e nutrientes por cordeiros consumindo dietas contendo glicerina bruta associada à uréia em substituição ao milho.

Itens	Níveis de glicerina bruta (%MS)				CV%	P-valor			Eq
	0	6	12	18		L ¹	Q ²	CxG ³	
CMS (g/dia)	1251,36	1286,95	1303,18	1272,87	10,36	ns	0,043	0,03	1
CPB (g/dia)	210,53	228,72	247,44	224,76	6,76	ns	0,031	0,02	2
CFDNcp (g/dia)	345,29	370,60	382,66	373,63	7,58	ns	0,025	0,04	3
CEE (g/dia)	53,91	54,05	54,88	53,19	5,73	ns	ns	0,49	4
CCNF (g/dia)	574,25	574,33	574,77	573,92	6,08	ns	ns	0,33	5
CNDT (g/dia)	862,19	893,58	905,12	878,12	6,54	ns	0,034	0,02	6

¹Linear; ² Quadrático; ³CxG = Contraste tratamento controle x tratamentos com glicerina bruta; CV%= Coeficiente de variação; P = probabilidade à 5% de significância; ns = não significativo. Eq: (1) $\hat{Y} = 1258,21 + 6,499x - 0,297x^2$ ($r^2=0,81$); (2) $\hat{Y} = 208,436 + 6,1315x - 0,28378x^2$ ($r^2=0,77$); (3) $\hat{Y} = 342,69 + 5,21118x - 0,23849x^2$ ($r^2=0,76$); (4) $\hat{Y} = 52,67$; (5) $\hat{Y} = 573,14$; (6) $\hat{Y} = 858,43 + 8,72839x - 0,41102x^2$ ($r^2=0,76$).

Esses valores para CMS sugerem que o glicerol aumentou a eficiência de utilização de energia da dieta pelos microorganismos no rúmen e organismo animal, e, que inclusão até 18% de glicerina bruta parece não ter causado danos ou modificações severas no ambiente ruminal ao ponto de prejudicar o consumo dos animais. Alguns fatores podem ter limitado o consumo de MS quando adicionou-se mais que 10,9% de glicerina bruta, um deles está relacionado à elevada produção de propionato e acetato via fermentação do glicerol no rúmen dos animais. Trabue et al. (2007) relata que esses metabólitos tem influência direta no término das refeições, uma vez que seu fluxo para o fígado aumenta muito durante a alimentação, resultando em incremento na produção de energia, o que pode ter contribuído para a saciedade dos animais que receberam maiores níveis de glicerina bruta.

Os valores de CMS observados neste estudo são diferentes dos relatados por Lage et al. (2010), que avaliando níveis de substituição (3, 6, 9 e 12% da MS) do milho grão por glicerina

bruta (36,2% glicerol) para cordeiros Santa Inês em terminação, observaram diminuição linear no consumo de matéria seca e nutrientes. Contudo, são inferiores aos reportados por Gunn et al. (2010) que avaliando desempenho de cordeiros alimentados com glicerina bruta (87,5% de glicerol) (0, 5, 10, 15, 20%) em substituição ao milho, não encontraram diferença no CMS, que foi em média de 1510,0 g/dia.

Por outro lado, são superiores aos relatados por Ávila-Stagno et al. (2012) que não encontraram diferença e demonstraram média de consumo de 1260,00 g/dia utilizando níveis de 0, 70, 140, 210 g/Kg de MS da dieta de glicerina (99,5% de glicerol) na dieta de borregos em confinamento. E ainda, Terré et al. (2011) que avaliando glicerina semi-purificada (86,2 g de glicerol/Kg), em níveis de 0, 50, 100 g de glicerina/Kg de MS da dieta de cordeiros, não apresentaram diferença no consumo, reportando CMS médio de 1000,0 g/dia

O consumo de proteína bruta (CPB) também apresentou efeito quadrático ($P < 0,05$), onde pode ser observado aumento no CPB até o nível de 10,8% para estimativa de consumo máximo de 241,55 g/dia, que pode ser explicado pelo aumento do CMS até o nível 10,9% de substituição, já que as dietas foram isoprotéicas (Tabela 2). Ainda assim, o consumo de PB estimado para o tratamento 18% foi maior comparativamente ao tratamento sem adição de glicerina bruta (Tabela 3), sendo também superior a exigência prevista pelo NRC (2007), que indica consumo mínimo de 167 g de proteína bruta para cordeiros pesando acima de 20 Kg de peso corporal com ganho moderado de 250 g/dia.

De maneira semelhante, o consumo de nutrientes digestíveis totais (CNDT) apresentou efeito quadrático ($P < 0,05$), estimando-se consumo máximo de 904,76 g/dia até o nível 10,7%, explicado pelo consumo de extrato etéreo (CEE) que não foi influenciado ($P < 0,05$) somado ao consumo de PB, esta última até o nível de 10,8% de substituição, pois grande parte da energia digestível dos alimentos advém desses compostos orgânicos, além dos carboidratos.

Os valores para CNDT estimados em todos os tratamentos que receberam glicerina bruta estão dentro das recomendações do NRC (2007) à categoria estudada, que preconiza consumo de 800 g/dia para cordeiros em terminação com ganho de peso diário de 250 g/dia, o que apoia a hipótese que o glicerol foi capaz de fornecer energia superior ao amido, pois apesar da diminuição no consumo de MS e PB para os maiores níveis de substituição estas não foram prejudiciais à ingestão dos nutrientes digestíveis totais.

Como pode ser observado na Tabela 4, a digestibilidade da fibra em detergente neutro (CDFDNcp) e matéria seca (CDMS) apresentaram efeito quadrático ($P < 0,05$) estimando-se digestibilidade máxima de 59,60% para o nível 10,5% e 77,06% para o nível de 10,7% de substituição, respectivamente. Ainda assim, o CDMS e o CDFDNcp no tratamento 18% foi superior ao tratamento que não recebeu glicerina bruta ($P < 0,05$), permitindo inferir que o glicerol é mais digestível que o milho e que este ingrediente também estimulou a atividade microbiana no rúmen, já que houve maior digestibilidade da FDNcp nos animais alimentados com glicerina bruta (Tabela 4).

Estudos realizados por El-Nor et al. (2010), mostraram porém que a adição de glicerina bruta associada ao amido reduziu a concentração de DNA e também a atividade enzimática da bactéria *Butyrivibrio fibrisolvens*, atribuindo à mudança no tipo de substrato esta diminuição, em função da competição por nutrientes essenciais, fator limitante para a digestão da fração fibrosa dos alimentos. De modo semelhante, Abughazaleh et al. (2011) em estudos *in vitro* reportaram que a inclusão da glicerina bruta diminuiu a atividade celulolítica das espécies *Ruminococcus flavefaciens* e *Fibrobacter succinogenes*, fato que pode ter contribuído para a redução da digestibilidade da FDNcp, diminuindo a taxa de passagem e causando distensão do rúmen por enchimento físico e influenciando conseqüentemente na ingestão da MS.

Tabela 4. Coeficientes de digestibilidade da matéria seca e nutrientes em ovinos consumindo dietas contendo glicerina bruta associada à uréia em substituição ao milho.

Itens	Níveis de glicerina bruta (%MS)				CV%	P-valor			Eq
	0	6	12	18		L ¹	Q ²	CxG ³	
CDMS (%)	70,18	74,08	78,07	72,90	12,08	ns	0,041	0,01	1
CDPB (%)	77,85	82,60	84,73	78,36	11,73	ns	0,023	0,04	2
CDFDN _{cp} (%)	54,62	57,03	61,01	56,21	12,54	ns	0,035	0,02	3
CDCEE (%)	87,66	86,58	86,81	88,79	9,18	ns	ns	0,48	4
CDCNF (%)	82,75	85,15	87,90	84,42	10,62	ns	0,041	0,03	5

¹Linear; ² Quadrático; ³CxG = Contraste tratamento controle x tratamentos com glicerina bruta; CV%= Coeficiente de variação; P= probabilidade à 5% de significância; ns = não significativo. Eq: (1) $\hat{Y} = 70,7 + 1,3363x - 0,0699x^2$ ($r^2=0,75$); (2) $\hat{Y} = 77,56 + 1,6499x - 0,07718x^2$ ($r^2=0,74$); (3) $\hat{Y} = 54,12 + 1,04983x - 0,0502x^2$ ($r^2=0,73$); (4) $\hat{Y} = 87,14$; (5) $\hat{Y} = 82,42 + 0,864x - 0,0408x^2$ ($r^2=0,82$).

A digestibilidade da proteína bruta (CDPB) apresentou efeito quadrático ($P<0,05$), em que foi estimado para o nível de 10,6% a digestibilidade máxima de 86,37%. Apesar disso, o CDPB para o tratamento 18% foi maior comparativamente ao tratamento controle ($P<0,05$), permitindo inferir que o glicerol pode ter fornecido energia suficiente aos microorganismos ruminais para degradação de fontes nitrogenadas, bem como aproveitamento deste nitrogênio para a síntese de proteína microbiana. Kozloski (2011) afirma que entre 60 à 95% dos compostos nitrogenados que são digeridos no abomaso e absorvidos no intestino delgado são oriundos da proteína microbiana formada no rúmen, que só é possível de ser produzida quando houver disponibilidade de energia aos microorganismos.

A digestibilidade dos carboidratos não-fibrosos (CDCNF) apresentou efeito quadrático à medida que se inclui glicerina bruta ($P<0,05$), em que foi estimado o nível de 10,5% para digestibilidade máxima de 87,01%, onde também observa-se que o CDCNF dos animais submetidos a inclusão de 18% de glicerina bruta foi maior daqueles que não alimentados com glicerina ($P<0,05$), indicando que o glicerol pode ter promovido também efeito positivo sobre a utilização dos carboidratos solúveis até esse nível de substituição.

Estudos demonstraram que as espécies *Selenomonas ruminantium*, *Megasphaera elsdenii* e *Streptococcus bovis* são os principais microorganismos que fermentam o glicerol no rúmen, tendo como principais produtos o propionato, acetato e butirato, além de fornecerem ATP e NADH, que pode ser aproveitado por outros microorganismos ruminais como os fermentadores de carboidratos não fibrosos, o que aumentaria a eficiência de utilização de energia no rúmen (Lee et al., 2011), fato que pode ter ocorrido no presente estudo.

Os resultados para CDMS, CDFDNcp, CDPB e CDCNF encontrados neste estudo são consistentes aos relatados por Schröder e Südekum (2008) que avaliando glicerina de média pureza (80% de glicerol) na dieta de ovinos, concluíram que glicerina bruta é capaz de gerar ambiente ruminal semelhante ao milho e afirmaram que o glicerol aumenta significativamente a digestibilidade dos nutrientes da dieta. E também, são semelhantes aos valores observados por Ávila-Stagno et al. (2012) que avaliaram *in vivo* os efeitos da inclusão de teores crescentes de glicerina até 21% na dieta de cordeiros e não observaram diferenças significativas na digestibilidade dos nutrientes.

Na Tabela 5 são apresentados os dados de desempenho, onde pode ser observado que a inclusão de glicerina bruta (80,5% de glicerol) causou efeito quadrático sobre os parâmetros de peso corporal final (PCF), ganho de peso total (GPT), ganho médio diário (GMD) e conversão alimentar (CA) ($P < 0,05$).

Foi estimado para PCF o nível de 10,8% para o peso corporal máximo de 38,19 Kg, enquanto que para o nível 10,9% foi estimado 17,52 Kg de GPT, para o GMD a estimativa de ganho máximo de 0,265Kg foi para o nível de 10,9% de substituição. Apesar disso, os valores de PCF, GPT e GMD para o tratamento 18% foram superiores ao tratamento que não recebeu glicerina bruta ($P < 0,05$) (Tabela 5).

De acordo com Fernandes et al. (2011), o consumo total de matéria seca, PB e NDT são os fatores que mais influenciam o desempenho de animais em confinamento, por serem considerados os pontos determinantes para o atendimento das exigências de manutenção e de ganho de peso desses animais.

Portanto, o melhor desempenho para PCF e GMD encontrados para os animais submetidos ao maior nível de inclusão de glicerina bruta quando comparado ao tratamento sem glicerina bruta pode ser explicado pelo maior consumo de MS, PB e NDT, e, como visto anteriormente são também superiores às indicações do NRC (2007) para estes parâmetros à categoria utilizada neste estudo (Tabela 3).

Tabela 5. Peso corporal, ganho de peso e conversão alimentar de ovinos consumindo dietas contendo glicerina bruta associada à uréia em substituição ao milho.

Itens	Níveis de glicerina bruta (%MS)				CV%	P-valor			Eq
	0	6	12	18		L ¹	Q ²	CxG ³	
PCI (Kg)	20,7	20,9	20,9	21,5	2,31	ns	ns	0,32	1
PCF (Kg)	35,22	37,72	38,57	37,42	7,43	ns	0,021	0,03	2
GPT (Kg)	14,46	16,79	17,59	16,27	8,45	ns	0,042	0,01	3
GMD (Kg/dia)	0,219	0,254	0,267	0,246	6,05	ns	0,028	0,04	4
CA (CMS/GMD)	5,5	5,0	4,8	5,1	9,10	ns	0,041	0,02	5

¹Linear; ²Quadrático; ³CxG = Contraste tratamento controle x tratamentos com glicerina bruta; CV%= Coeficiente de variação; P= probabilidade à 5% de significância; ns = não significativo. Eq: (1) $\hat{Y}=20,34$; (2) $\hat{Y}=35,20 + 0,5504x - 0,0253x^2$ ($r^2=0,80$); (3) $\hat{Y}=14,43+ 0,5600x - 0,02535x^2$ ($r^2=0,78$); (4) $\hat{Y}= 0,21874+ 0,00847x - 0,00038x^2$ ($r^2=0,77$); (5) $\hat{Y}=5,24 - 0,089x + 0,0048 x^2$ ($r^2=0,81$).

O atendimento das exigências desses animais pode ser justificado em grande parte pelo maior consumo de glicerol e como discutido previamente a fermentação ruminal do glicerol é muito elevada, onde são observadas acréscimos na produção de propionato, acetato e butirato, e estes por sua vez são utilizados como principais fontes de energia para manutenção e produção em ruminantes (Trabue et al., 2007), responsáveis por 50 a 70% da energia digestível consumida (NRC, 2007). Nos ruminantes, a maior parte do propionato produzido é

absorvida pela veia porta e carreado para o fígado, sendo a rota mais comum o ciclo de Krebs, onde o Succinil CoA após reações bioquímicas forma o oxaloacetato, que pode ser utilizado para formar glicose pela via gliconeogênica (Krehbiel, 2008).

Em ruminantes não lactantes e não gestantes, o cérebro utiliza cerca de 20%, o trato gastrointestinal em torno de 20 a 30%, o músculo utiliza de 20 a 40% e o tecido adiposo em torno de 10% da glicose total produzida pelo organismo animal (Kozloski, 2011). Além disso, cerca de 70% do butirato produzido é oxidado como fonte de energia pelas células do epitélio ruminal e em torno de 20% convertidos a corpos cetônicos durante a absorção e apenas 10% é carreado para o fígado (Trabue et al., 2007). Ainda nesses animais, cerca de 60% da demanda total de energia das vísceras como estômago, ceco e intestino grosso é suprida pela oxidação do acetato (Donkin e Doane, 2007).

Em adição, o glicerol que não é fermentado no rúmen é absorvido através do intestino e através da parede do rúmen, o glicerol segue para o fígado onde a enzima glicerol quinase mais ATP o converte em glicerol-3-fosfato e ADP, em que o glicerol pode ser direcionado para a gliconeogênese (Leningher et al., 2006). Em condições de energia excedente, o glicerol é direcionado para a síntese de gordura, entretanto, em situações de energia deficiente normalmente é oxidado, em que 1 mol de glicerol chega a produzir 22 moles de ATP (Kristensen e Raun, 2007).

Desse modo, se o aporte energético for adequado, evidentemente o organismo animal não necessitará desviar outros nutrientes para fins de fornecimento de energia, como é o caso da proteína, seja ela dietética ou corporal que poderá ser direcionada integralmente para a finalidade de produção de massa muscular, que pode ter ocorrido em grande proporção nos animais alimentados com dietas contendo 18% de glicerina bruta.

Esse fato se refletiu sobre a conversão alimentar (CA) que apresentou efeito quadrático ($P < 0,05$), estimando para o nível de 10,5% de substituição a conversão mínima de 4,7 (Tabela 5). Ainda assim, o valor obtido de 5,1 para o tratamento 18% foi menor quando comparado ao tratamento sem adição de glicerina bruta que foi de 5,5 ($P < 0,05$). Os valores para ganho médio diário em todos os tratamentos que receberam glicerina bruta foram superiores a média prevista à categoria estudada pelo NRC (2007) que é de 250 g/dia e são semelhantes aos relatados por Gunn et al. (2010) que obtiveram ganho médio diário de 251 g/dia utilizando diferentes níveis de glicerina bruta de 50, 100, 150 e 200 g/Kg de glicerina na MS da dieta.

Considerando-se os parâmetros do metabolismo energético, houve efeito quadrático ($P < 0,05$) da inclusão de glicerina bruta sobre as concentrações séricas de glicose (GLI), estimando-se para o nível 10,7% o valor máximo de 80,3 mg/dL, porém o valor desta variável para o tratamento 18% foi superior ao tratamento sem adição de glicerina bruta ($P < 0,05$). Por outro lado, o teor de colesterol (COL) e triglicérides (TRI) não foram influenciados à medida que substituiu-se milho por glicerina bruta ($P > 0,05$) (Tabela 6).

Os valores obtidos para glicose em todos os tratamentos que receberam glicerina bruta estão dentro do intervalo referência considerado normal para ruminantes, de 50 a 85 mg/dL (González & Silva, 2006), o que permite inferir que a fermentação do glicerol culminou em incremento na produção de ácido propiônico, e, conseqüentemente, na produção de glicose no fígado dos animais que consumiram glicerina bruta. Kozloski (2011) relata que mais de 90% da produção total de glicose é originada da gliconeogênese hepática e existe alta correlação entre consumo de energia digestível da dieta, captação de propionato e síntese de glicose pelo fígado de ruminantes em produção.

Em adição, grande parte do glicerol que não é convertido à propionato no rúmen, é absorvido diretamente pelo epitélio ruminal ou no intestino delgado e carregado para o fígado,

onde é convertido pela enzima glicerol quinase à glicerol-3-fosfato, sendo direcionado para a gliconeogênese (Rojek et al., 2008), o que também pode ter contribuído para os maiores valores de glicose circulante nos animais alimentados com glicerina bruta.

No presente estudo, a concentração plasmática de colesterol variou entre 54,43 a 55,75 mg/dL entre os tratamentos e esses valores estão dentro do intervalo referência que são considerados como normal para ovinos em produção, que está entre 52 a 76 mg dL⁻¹, segundo Kaneko et al. (2008).

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

Tabela 6. Perfil metabólico sanguíneo energético e protéico de ovinos consumindo dietas contendo glicerina bruta associada à uréia em substituição ao milho.

Itens	Níveis de glicerina bruta (%MS)				CV %	P-valor			Eq
	0	6	12	18		L ¹	Q ²	CxG ³	
GLI (mg/dL)	73,02	77,06	82,15	76,21	3,54	ns	0,042	0,03	1
TRI (mg/dL)	18,66	18,19	19,81	18,13	4,08	ns	ns	0,46	2
COL (mg/dL)	54,43	55,43	55,75	54,52	8,43	ns	ns	0,32	3
URÉIA (mmol/L)	4,15	3,34	3,29	4,05	5,34	ns	ns	0,59	4
ALB (g/L)	25,32	28,71	33,55	27,72	8,57	ns	0,032	0,01	5
GLO (g/L)	30,43	29,75	31,28	29,85	7,34	ns	ns	0,29	6

¹Linear; ²Quadrático; ³CxG = Contraste tratamento controle x tratamentos com glicerina bruta; CV%= Coeficiente de variação; P = probabilidade à 5% de significância; ns = não significativo. Eq: (1) $\hat{Y} = 72,44 + 1,4715x - 0,06831x^2$ ($r^2=0,75$); (2) $\hat{Y} = 17,81$; (3) $\hat{Y} = 54,75$; (4) $\hat{Y} = 3,69$; (5) $\hat{Y} = 24,62 + 1,5032x - 0,0779x^2$ ($r^2=0,77$); (6) $\hat{Y} = 30,76$.

Os valores de triglicerídeos encontrados neste estudo estão abaixo do intervalo de referência reportados por Contreras et al. (2000), que está entre 20 e 45 mg/dL. Os triglicerídeos circulantes no sangue são resultados da síntese endógena principalmente no

fígado, que são secretados para serem armazenados no tecido adiposo, onde a produção é maior, mas pode ser alterada pela ingestão de lipídeos dos alimentos.

Nesse sentido, pode-se inferir que a diferença não encontrada para os triglicerídeos observada neste trabalho pode ser reflexo da ingestão de lipídeos que não diferiu entre os tratamentos (Tabela 3), e, ainda apenas dos 15% da capacidade que o fígado tem em sintetizar estes compostos e que a maior produção de triglicerídeos estaria ocorrendo no tecido adiposo, o que explicaria os valores de triglicerídeos circulantes abaixo da referência supracitada.

Avaliando-se os parâmetros do metabolismo protéico, foi observado efeito quadrático ($P < 0,05$) sobre as concentrações plasmáticas de albumina (ALB), estimando-se para níveis de 9,7% a concentração máxima de 31,86 g/L, todavia não houve efeito da adição de glicerina bruta sobre as concentrações séricas de uréia e globulina (GLO) ($P > 0,05$) (Tabela 6).

A concentração plasmática de uréia observadas para todos os tratamentos não foram suficientes para provocar efeitos deletérios sobre fígado e outros órgãos dos animais estudados, pois permaneceram dentro do intervalo de referência considerado normal para ovinos, isto é, entre 3,1 a 8 mmol/L, segundo Contreras et al. (2000).

Wittwer (2000) relata que a uréia é sintetizada no fígado em quantidades proporcionais à concentração de amônia produzida no rúmen e sua concentração sanguínea está diretamente relacionada com ingestão do nitrogênio, sendo também indicador indireto do aproveitamento deste nutriente pelos microorganismos ruminais.

Dessa forma, infere-se a hipótese de que os microorganismos utilizaram grande parte do nitrogênio disponível no rúmen para a síntese protéica microbiana, já que a concentração de uréia no sangue sinalizou normalidade do fígado em menor processo de conversão de amônia em uréia, fato que ocorre quando a amônia não é aproveitada no rúmen (Kozloski, 2011).

Os teores de albumina de todos os tratamentos que receberam glicerina bruta estão acima do valor mínimo crítico de 24 g/L (González & Silva, 2006), o que indica otimização da ingestão de proteína microbiana ou dietética e disponibilidade de aminoácidos para síntese protéica, uma vez que a albumina é intensamente sintetizada no fígado quando os níveis aminoacídicos forem normais e este órgão não apresentar lesões (Wittwer, 2000).

A inclusão de glicerina bruta não provocou efeito sobre as concentrações e atividade das enzimas creatina quinase (CK), aspartato aminotransferase (AST) e gama glutamiltransferase (GGT) ($P > 0,05$), como observado na Tabela 7. Os valores para a enzima CK, que é um indicador sensível e específico da lesão muscular em animais domésticos, apresentaram-se ainda abaixo do valor máximo referência de 60 U/L, considerado crítico para ruminantes (González & Silva, 2006), em que foi observado o maior valor apenas de 51,45 U/L dentre os tratamentos que receberam glicerina bruta.

Tabela 7. Concentração de enzimas e minerais em ovinos consumindo dietas contendo glicerina bruta associada à uréia em substituição ao milho.

Itens	Níveis de glicerina bruta (%MS)				CV%	P-valor			Eq
	0	6	12	18		L ¹	Q ²	CxG ³	
AST (U/L)	68,23	67,56	68,87	66,45	23,45	ns	ns	0,34	1
CK (U/L)	52,34	50,36	51,45	50,4	9,45	ns	ns	0,27	2
GGT (U/L)	28,54	30,23	29,45	31,45	15,34	ns	ns	0,53	3
Ca (mg/dL)	1,45	1,76	1,59	1,08	12,4	ns	ns	0,19	4
Na (mmol/L)	139,32	142,08	145,18	148,27	8,76	0,023	ns	0,02	5
K (mmol/L)	8,03	8,17	8,87	8,14	7,34	ns	ns	0,38	6
Mg (mg/dL)	2,12	2,20	2,15	2,21	9,45	ns	ns	0,23	7

¹Linear; ²Quadrático; ³CxG = Contraste tratamento controle x tratamentos com glicerina bruta; CV% = Coeficiente de variação; P = probabilidade à 5% de significância; ns = não significativo. Eq: (1) $\hat{Y} = 66,57$; (2) $\hat{Y} = 51,55$; (3) $\hat{Y} = 30,12$; (4) $\hat{Y} = 1,43$; (5) $\hat{Y} = 138,99 + 0,516x$ ($r^2 = 0,78$); (6) $\hat{Y} = 8,12$; (7) $\hat{Y} = 2,14$.

O valor máximo encontrado para a enzima GGT foi de 31,45 U/L, ou seja, abaixo da referência de 32 U/L sugeridos por Contreras et al. (2000), em que concentrações acima desse valor indicam lesões no fígado, evidenciando que não houve alterações hepáticas nos animais,

mesmo para os tratamentos com níveis mais altos de glicerina bruta. Do mesmo modo, o maior valor encontrado neste estudo para a enzima AST de 68,87 U/L está abaixo do valor máximo crítico sugerido por Kaneko et al. (2008), que é de 90 U/L para ovinos, indicando novamente que animais não sofreram lesões hepáticas.

Houve efeito linear ($P < 0,05$) da inclusão de glicerina sobre as concentrações séricas de sódio (Na), entretanto os teores dos outros minerais cálcio (Ca), potássio (K) e magnésio (Mg) não foram influenciados ($P > 0,05$) (Tabela 7). O aumento na concentração de Na era esperado, em função do seu teor na composição da glicerina bruta, contudo os níveis de ingestão não foram suficientes para provocar danos à saúde dos animais, visto que o maior valor observado de 148,27 mmol/L para o tratamento 18% está dentro do intervalo de 138 a 154 mmol/L relatado como normal em ovinos (Contreras et al., 2000).

Os valores séricos de Ca encontrados em todos os tratamentos que receberam glicerina bruta estão abaixo do intervalo sugerido como normal por Kaneko et al. (2008), que é de 2,1 a 2,5 mmol/L, mas não foram suficientes para desencadear síndromes metabólicas graves, uma vez que o desempenho animal não foi comprometido.

De forma diferente, os valores para K em todos os tratamentos estiveram acima dos valores recomendados por Contreras et al. (2000) que indica concentrações séricas normais desse mineral quando o teor está no intervalo entre 4,4 e 7,2 mmol/L.

Isto poderia ser um agravante, pois excesso de potássio pode inibir a absorção de magnésio e levar até a hipomagnesemia, que é configurada quando os níveis de magnésio estão abaixo de 1,75 mg/dL, e os sintomas aparecem quando os níveis caem a 1,0 mg/dL (González & Silva, 2006), situação que não foi evidenciada neste estudo, pois o menor valor observado para a concentração de magnésio foi 2,15 mg/dL para o tratamento 12%.

Conclusões

A substituição do milho por glicerina bruta (80,5% de glicerol) em média até 10,9% na matéria seca total na dieta de cordeiros terminados em confinamento, aumenta a ingestão de matéria seca e nutrientes, bem como a digestibilidade dos componentes nutricionais, além de aumentar o ganho de peso e otimizar a conversão alimentar. Ainda assim, a glicerina bruta pode ser fornecida até 18% por manter a eficiência de consumo, digestibilidade e desempenho e não causar transtornos metabólicos em cordeiros confinados.

Referências

- AOAC- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official Methods of Analysis of International. Gaithersburg, MD, USA. 947 2000.
- 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*, v. 95, p. 313-319, 2011.
- ALLEN, M.S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v.83, p.1598-1624, 2000.
- ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Produção de Biodiesel 2013/2014. Publicação Anual, Dezembro, 2014.
- 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*, v.91, p.829-837, 2012.
- BARROS, M.C.C.B; MARQUES, J.A.; SILVA, F.F.; SILVA, R.R.; ARAÚJO, F.L. Glicerina bruta na dieta de ovinos confinados: consumo, digestibilidade, desempenho, medidas morfométricas da carcaça e características da carne. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 36, p. 453, 2015.
- BERCHIELLI, T.T.; OLIVEIRA, S.G.; CARRILHO, E.N.V.M.; FEITOSA, J.V.; LOPES, A.D. Comparação de marcadores para estimativas de produção fecal e de fluxo de digesta em bovinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, p.987-996, 2005.
- BRISSON, D.; VOHL, M. C.; PIERRE, J.; HUDSON, T. J.; GAUDET, D. Glycerol: a neglected variable in metabolic processes. *Bioessays*. p. 534, 2001.

CONTRÉRAS, P.A.; WITWER, F.; BOHMWALD, H. H. Uso dos perfis metabólicos no monitoramento nutricional dos ovinos. In: GONZÁLEZ, F.H.D.; OSPINA, H.; BARCELOS, J.O.; RIBEIRO, L.A.O. Perfil metabólico em ruminantes: uso em nutrição e doenças nutricionais. Gráfica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000.

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

DONKIN, S.S.; DOANE, P. Glycerol as a feed ingredient in dairy rations. In: Tri-State Dairy Nutrition Conference, p.97, 2007.

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

FERNANDES, A.R.M.; ORRICO JUNIOR, M.A.P.; ORRICO, A.C.A. Desempenho e características qualitativas da carcaça e da carne de cordeiros terminados em confinamento alimentados com dietas contendo soja grão ou gordura protegida, *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.40, p.1822-1829, 2011.

FERNANDES, S.R.; MONTEIRO, A.L.G.; DITTRICH, R.L. et al. Early weaning and concentrate supplementation on the performance and metabolic profile of grazing lambs. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.41, n.5, p.1292, 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*, v.40, p.2211-2219, 2011.

GONZÁLEZ, F.H.D.; SILVA, S.C. Introdução à bioquímica clínica veterinária. Gráfica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006.

GUNN, P. J.; SCHULTZ, A. F.; VAN EMON, K. L. Effects of elevated crude glycerin concentrations on feedlot performance, carcass characteristics, and cerum metabolite and hormone concentrations in finishing and wether lambs. *The Professional Animal Scientist*, v, 22, p. 298–306, 2010.

HALL, M.B. Neutral detergent-soluble carbohydrates. Nutritional relevance and Analysis. Gainesville: University of Florida, p. 76, 2000.

KANEKO, J.J.; HARHEY, I.W.; BRUSS, M.L. Clinical biochemistry of domestic animal. Academic Press. 2008.

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

KOZLOSKI, G. V. Bioquímica dos Ruminantes. Editora Santa Maria, 3ªed. 2011.

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

LAMMERS, P.; HONEYMAN, M.; KERR, B.J. et al. Growth and performance of nursery fed crude glycerol. Ames: Iowa State University Animal Industry Report, 2007.

LAGE, J.F.; PAULINO, P.V.R.; PEREIRA, L.G.R. Glicerina bruta na dieta de cordeiros terminados em confinamento. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.45, p.1012-1020, 2010.

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*, v.166, p.269-274, 2011.

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

MARTINS, A.S.; KACHINSKI, M.B.; GALETTO, S.L.; MOLETTA, J.L.; LEAL, L.S. Consumo, desempenho e metabólitos sanguíneos de ovelhas suplementadas com glicerol na dieta. *Enciclopédia Biosfera*, n.17; p. 2013.

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, p. 878-885, 2013.

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

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO-MAPA. Instrução normativa nº 42, de 16 de dezembro de 2010. Brasília, 2010.

NRC. Nutrient requirements of small ruminants: Sheep, goats, cervids, and new world camelids. Washington, DC: National Academy Press, 2007.

OLIVEIRA, P. L. T. de; TURCO, S. H. N.; VOLTOLINI, T. V.; ARAUJO, G. G. L.; PEREIRA, L. G. R.; MISTURA, C.; MENEZES, D. R. Respostas fisiológicas e desempenho produtivo de ovinos em pasto suplementados com diferentes fontes proteicas. *Revista Ceres*, v. 58, p. 185-192, 2011.

PALMQUIST, D.L.; MATTOS, W.R.S. Metabolismo de lipídeos. In: *Nutrição de Ruminantes*: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G Jaboticabal: Funep, p.583, 2006.

PELLEGRIN, A.C.R.S; PIRES, C.C.; CARVALHO, S. et al. Glicerina bruta no 492 suplemento para cordeiros lactentes em pastejo de azevém. *Ciência Rural*, v.42, 493 p.1477-1482, 2012.

ROJEK, A.; PRAETORIUS, J.; FROKIAER, J.; NIELSEN, S.; FENTON, R. A. A current view of the mammalian aquaglyceroporins, *Annual Review Physiology*, v. 70, p.301-327, 2008.

SCHRÖDER, A.; SÜDEKUM, K. H. Glycerol as a by-product of biodiesel production in Science, *Journal of Animal Science*, v.86, n.1, p.392, 2008.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*, v.70, p.3562-3577, 1992.

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*, v. 164, p. 262–267, 2011.

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

WEISS, W.P. Energy prediction equations for ruminant feeds. In: *Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers, Proceedings...* Ithaca: Cornell University, p.176-185. 1999.

WITTEWER, F. Diagnósticos dos desequilíbrios metabólicos de energia em rebanhos bovinos. In: GONZÁLEZ, F.H.D.; BARCELLOS, J.O; OSPINA, H.; RIBEIRO, L.A.O. *Perfil Metabólico em ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais*. Gráfica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000.