

SUBPRODUTO DO BIODIESEL NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES: O CASO DA GLICERINA

Francine Mezzomo Giotto^{1*}
Milene Puntel Osmari²
Beryk Lopriato Salab³
Laiz Fiorilli de Matos³
Tatiana García Díaz⁴

GIOTTO, F. M.; OSMARI, M. P.; SALAB, B. L.; MATOS, L. F. de; DÍAZ, T. G. Subproduto do biodiesel na alimentação de ruminantes: o caso da glicerina. *Arq. Ciênc. Vet. Zool. UNIPAR*, Umuarama, v. 18, n. 4, p. 253-257, out./dez. 2015.

RESUMO: O Brasil, devido à sua expansão territorial e variação climática, apresenta uma grande diversidade de grãos oleaginosos, o que possibilita a produção de biocombustíveis. O biodiesel é obtido a partir de matérias-primas vegetais ou animais e vem ganhando destaque devido à instabilidade dos preços do petróleo e principalmente, em consequência às pressões ambientais. Durante a produção do biodiesel, há a geração de subprodutos, e dentre eles destaca-se a glicerina, que vem sendo amplamente estudada na cadeia de produção animal, mostrando-se como uma excelente fonte energética alternativa, podendo substituir ingredientes mais onerosos na produção de rações, como o milho. No entanto, seu uso deve ser feito com cautela, sendo necessário conhecer sua composição visando à correta aplicação, uma vez que a qualidade da glicerina produzida industrialmente pode ser muito variável, influenciando dessa forma os resultados a serem obtidos.

PALAVRAS-CHAVE: Biocombustíveis. Glicerol. Nutrição animal.

BY-PRODUCT OF BIODIESEL IN RUMINANT FEEDING: THE CASE OF GLYCERIN

ABSTRACT: Brazil due to its territorial expansion and climate change, presents a wide variety of oilseeds, which enables the production of biofuels. Biodiesel is obtained from vegetable or animals raw materials and is gaining prominence due to the instability in oil prices and mainly due to environmental pressures. During the production of biodiesel, there is the generation of by-products, and among them there is the glycerin, which has been widely studied in animal production chain, showing up as a great alternative energy source that can replace more expensive ingredients in feed production, such as corn. However, its use should be done with caution being necessary to know its composition with a view to correct application, since the quality of industrially produced glycerin can be very variable, thus influencing the results to be obtained.

KEYWORDS: Animal nutrition. Biofuels. Glycerol.

SUBPRODUTO DE BIODIESEL EN LA ALIMENTACIÓN DE RUMINANTES: EL CASO DE LA GLICERINA

RESUMEN: Debido a su expansión territorial y el cambio climático, Brasil presenta una amplia variedad de semillas oleaginosas, lo que permite la producción de biocombustibles. El biodiesel es obtenido a partir de materias primas vegetales o animales, por lo que está ganando importancia debido a la inestabilidad de los precios del petróleo y principalmente, a las presiones ambientales. Durante la producción de biodiesel, son generados subproductos, entre ellos la glicerina, la cual, ha sido ampliamente estudiada en la cadena de producción animal, apareciendo como una gran fuente energética alternativa, pudiendo sustituir los ingredientes más caros en la producción de raciones, como el maíz. Sin embargo, su uso debe hacerse con precaución, siendo necesario conocer su composición, con el fin de utilizarla correctamente, ya que la calidad de la glicerina producida industrialmente puede ser muy variable, influyendo así en los resultados a ser obtenidos.

PALAVRAS CLAVE: Biocombustibles. Glicerina. Nutrición animal.

Introdução

Atualmente, a procura por soluções que contribuam para mitigar o processo de aquecimento global tem tomado a atenção e trazido preocupações para muitos segmentos da sociedade. Os danos ao meio ambiente e a possibilidade de esgotamento dos recursos naturais são os maiores argumentos utilizados para justificar a necessidade de uma alteração da matriz energética no mundo. A principal questão é a busca por novas fontes, já que 85% da energia mundialmente

consumida deriva da queima de combustíveis fósseis. Neste contexto, ganham força os biocombustíveis, que representam uma fonte de energia renovável, com baixo grau de emissões de gases e com o mesmo potencial energético que os combustíveis fósseis (FONTES, 2010).

Cadeia produtiva do biodiesel

A Lei nº 11.097 (BRASIL, 2005) define o biodiesel como o “biocombustível” derivado de biomassa renovável

DOI: <https://doi.org/10.25110/arqvet.v18i4.2015.5753>

¹Médica Veterinária, Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Universidade Estadual de Londrina, Rodovia Celso Garcia Cid, Pr 445 - Km 380, Campus Universitário, Londrina - Paraná. Autor para correspondência, *e-mail: frangiotta@msn.com.

²Zootecnista, Dr^a. Pós-Doutoranda em Zootecnia do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Maringá. Bolsista CAPES.

³Zootecnista, Mestre em Zootecnia – Área de Produção Animal. Universidade Estadual de Maringá.

⁴Médica Veterinária, Doutoranda em Zootecnia do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Maringá.

para o uso em motores à combustão interna, com ignição por compressão ou, conforme o regulamento, para geração de outro tipo de energia, que possa substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil.

Por ser biodegradável, o biodiesel não é tóxico e é praticamente livre de enxofre e compostos aromáticos, sendo considerado combustível ecológico, podendo promover uma redução significativa na emissão de monóxido de carbono e de hidrocarbonetos, quando utilizado em substituição ao diesel convencional (ABDALLA et al., 2008).

O Brasil lançou, em 2004, o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (BRASIL, 2005), que entrou em vigor em 2008, com a mistura obrigatória de 2% de biodiesel ao óleo diesel, em todo o território nacional. A evolução foi rápida e, no início de 2010, a inclusão aumentou para cinco por cento, antecipando em três anos a meta estabelecida pela Lei nº 11.097 (BRASIL, 2005).

Em 2014, foi sancionada a Lei nº 13.033 (BRASIL, 2014), que dispõe sobre a adição obrigatória de biodiesel ao óleo diesel comercializado ao consumidor final e revoga dispositivos da Lei nº 11.097 (BRASIL, 2005). Assim, desde 1º de novembro de 2014, o óleo diesel comercializado em todo o território brasileiro contém 7% de biodiesel. De acordo com dados da Agência Nacional de Petróleo, Gás e Biocombustíveis (ANP, 2015a), atualmente existem 55 plantas produtoras de biodiesel autorizadas para operação no país, correspondendo a uma capacidade total de produção de 20.448,51 m³/dia.

A principal matéria-prima utilizada na produção do biodiesel é o óleo de soja, mas também são utilizadas a gordura bovina, o óleo de algodão, o óleo de fritura usado, a gordura suína e a gordura de frango (Tabela 1).

Tabela 1: Percentual das matérias-primas utilizadas na produção de biodiesel por região, em Setembro de 2015.

Matéria-Prima (%)	Região				
	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul
Óleo de Soja	99,50	85,82	82,64	40,67	69,69
Gordura Bovina	0,50	28,14	12,26	54,88	26,70
Óleo de Algodão	-	17,78	4,05	1,74	-
Óleo de Fritura Usado	-	-	0,25	2,71	0,39
Gordura Suína	-	-	0,21	-	1,86
Gordura de Frango	-	-	0,15	-	-

Fonte: ANP (2015a).

O biodiesel é obtido por meio do processo de transesterificação, no qual o óleo vegetal é neutralizado ou pré-tratado e, posteriormente, reage com o metanol e o metilato de sódio (ZHOU et al., 2008). Ao final da transesterificação, a glicerina e os ésteres formam duas fases líquidas e separáveis por centrifugação, sendo a fase superior menos densa, constituída por biodiesel, e a fase inferior a glicerina bruta, composta por 50 a 70% de glicerol e aproximadamente 30% de impurezas, sabões, álcool não reagido e água (OOI et al., 2004). A etapa seguinte consiste na eliminação dos sabões, em que a glicerina passa a ter 80 a 85% de glicerol em sua composição e quantidades variáveis de água e álcool. A purificação é feita de maneira industrial por destilação por alto vácuo ou trocas iônicas, gerando glicerina com concentrações superiores a 95% de glicerol, sendo chamada de glicerina pura ou glicerol e o biodiesel é filtrado (AIMARETTI et al., 2008).

Pronto para uso, o biodiesel pode ser usado puro ou misturado ao óleo diesel, sem necessidade de modificações no motor do veículo ou equipamento. A mistura dos dois combustíveis é conhecida pela letra B seguida pelo número correspondente ao percentual de biodiesel adicionado. Por exemplo, uma mistura com sete por cento de biodiesel é chamada de B7, e assim sucessivamente, até o biodiesel puro, denominado B100 (MÜLLER, 2013).

Glicerina

A glicerina é o nome comercial dado ao glicerol ou propano-1,2,3-triol, que é um composto orgânico, líquido à temperatura ambiente (25°C), higroscópico, inodoro, viscoso e de sabor adocicado. Seu ponto de fusão é de 17,8°C e ebulição com decomposição em 290°C (IUPAC, 1993).

O glicerol está presente em todos os óleos e gorduras de origem animal e vegetal, em sua forma combinada, ou seja, ligado a ácidos graxos, tais como o ácido esteárico, oleico, palmítico e láurico, para formar a molécula de triacilglicerol. A glicerina é o produto composto que contém o glicerol, e é obtida de triglicerídeos a partir do processo de produção de sabões, do isolamento dos ácidos graxos e, atualmente, pela transesterificação durante a produção do biodiesel. Na reação de transesterificação para a produção do biodiesel com a utilização de óleos vegetais, cerca de 10% do volume total resultante da reação é glicerina bruta (RODRIGUES; RONDINA, 2013).

A glicerina é classificada em vários graus, tanto pela quantidade de glicerol como pelas impurezas presentes, como água, lipídios, cinzas e metanol. Para Südekum (2008) a glicerina é classificada quanto à pureza, sendo baixa pureza (50 a 70% de glicerol), média pureza (80 a 90% de glicerol) e de alta pureza (acima de 99% de glicerol). Carvalho et al. (2013) relataram que a glicerina pode ser comercializada purificada (glicerina pura), na forma bruta (alto conteúdo de ácidos graxos) ou semipurificada, mais conhecida como “loira” (baixo conteúdo de ácidos graxos).

Em virtude das diversas matérias-primas utilizadas na produção do biodiesel e dos diferentes processamentos, a composição da glicerina é bem variada e dessa forma, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (PAULE, 2010) definiu um padrão mínimo de qualidade para uso na nutrição animal: cada quilo de glicerina deve conter, no mínimo, 800 g de glicerol, valores máximos de 120 g de umidade e 150 mg de metanol.

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), por meio da Resolução 386/1999 (BRASIL, 1999) colocou a glicerina na lista de aditivos (umectantes) permitidos para alimentação humana e animal. Atualmente, a glicerina é utilizada nas indústrias farmacêuticas, de tabaco, alimentos, bebidas e cosméticos. No entanto, este mercado não absorve todo o excedente da produção de biodiesel que vem aumentando em larga escala.

Tendo em vista que o Brasil consome aproximadamente 60 bilhões de litros de óleo diesel anualmente (ANP, 2015b) e que em sua composição deve haver 7% de biodiesel, o setor precisará produzir 4,2 bilhões de litros de biodiesel para suprir essa demanda. Essa produção colocará no mercado, aproximadamente, 420 milhões de litros de glicerina, visto que 10% do volume total resultante da produção

de biodiesel é glicerina bruta (RODRIGUES; RONDINA, 2013), o que poderá gerar um excedente de glicerina, até então, não totalmente absorvido pelo mercado e que pode ser destinado à nutrição animal.

Metabolismo ruminal do glicerol

Segundo Roger et al. (1992) o glicerol está presente nos fosfolipídios das plantas e nos óleos vegetais. Dessa forma, é um nutriente normalmente encontrado na dieta dos ruminantes, representando cerca de dois a quatro gramas por quilo de matéria seca (MS) ingerida.

De todo o glicerol que chega ao rúmen, 13% desaparece por passagem com a digesta, 43% são absorvidos pela parede ruminal e 44% fermentados, com valores variando de acordo com a quantidade e a forma de fornecimento do glicerol (KREHBIEL, 2008).

De acordo com Zawadzki et al. (2010), o glicerol não metabolizado pelos microrganismos do rúmen é absorvido pela corrente sanguínea e metabolizado no fígado até glicose, ou usado na síntese de triacilglicerol. No fígado, o destino do glicerol absorvido é a oxidação pela via glicolítica, com necessidade da enzima glicerol quinase. Entretanto, quando há alta demanda de glicose, como no caso de vacas em lactação, o destino do glicerol passa a ser a gliconeogênese, juntamente com o propionato (DONKIN, 2008) ou oxidado, por meio da glicólise e ciclo de *Krebs* para produção de energia, em que o glicerol é o precursor do gliceraldeído-3-fosfato, um intermediário da lipogênese (tecido adiposo) e da gliconeogênese (figado) (BRISSEON et al., 2001).

O glicerol também é componente principal dos triacilgliceróis, podendo ser incluído nesses (fonte de reserva), ou ainda nos fosfolipídeos de membrana (NELSON; COX, 2011). Apresenta alta taxa de absorção intestinal, devido provavelmente ao seu baixo peso molecular, sendo absorvido de forma passiva, sem formação de micelas. O excesso de glicerol na dieta é metabolizado pelo organismo e o restante excretado pela urina.

A glicerina na nutrição de ruminantes

O crescente consumo de alimentos de origem animal tem estimulado os produtores a buscarem alternativas de intensificação dos sistemas de produção. A nutrição tem sido ferramenta essencial para que se consiga abater animais em tempo mais curto, aumentando o capital de giro e a rotatividade da propriedade. Os subprodutos da indústria do biodiesel, em especial a glicerina, surgem como uma opção muito interessante para a nutrição animal e várias pesquisas têm sido desenvolvidas utilizando-a em substituição parcial aos cereais devido às suas características energéticas semelhantes ao milho.

De acordo com Abo El-Nor et al. (2010), a inclusão de glicerina na dieta não alterou a digestibilidade da MS, o pH do líquido ruminal, a concentração molar de propionato e o nitrogênio amoniacal. Entretanto, houve redução do acetato e aumento do butirato, valerato e isovalerato. Por outro lado, a inclusão de 72 a 108 g de glicerina/kg de MS (7,2 a 10,8% de inclusão) influenciou negativamente a digestibilidade da fibra em detergente neutro e a relação acetato: propionato.

Zawadzki (2013) observou que a substituição de

20% de milho grão por glicerina na MS da dieta de bovinos não acarretou prejuízos no desempenho animal. Além disso, esse autor observou melhores resultados para peso de carcaça e digestibilidade aparente dos nutrientes da dieta.

Françoso et al. (2013) demonstraram que é possível a inclusão de 120 g/kg de glicerina na dieta (12% de inclusão), com base na MS, em substituição ao milho em dietas de bovinos em terminação, sem afetar a composição de carcaça e a qualidade da carne. Os mesmos autores observaram pequeno efeito sobre o desempenho e o perfil de ácidos graxos do músculo *Longissimus dorsi*.

Cruz et al. (2014) substituíram 160 g de glicerina/kg de milho na MS da dieta de bovinos, correspondendo a 16% de utilização, e não observaram alterações no desempenho animal, eficiência alimentar e digestibilidade aparente da dieta, em relação ao grupo que não recebeu o coproduto na dieta.

Eiras et al. (2014a) concluíram, em estudo com bovinos confinados em terminação, que a digestibilidade aparente total da matéria seca, matéria orgânica, proteína, carboidratos não fibrosos e dos carboidratos totais, e a eficiência alimentar aumentaram linearmente em resposta à inclusão de glicerina nas dietas (0, 60, 120 ou 180 g/kg de MS). Por outro lado, as digestibilidades do extrato etéreo e da fibra em detergente neutro, o consumo de matéria seca, o peso final e ganho médio diário não foram influenciados. Os autores concluíram que a glicerina pode substituir parcialmente o milho e compor até 180 g/kg da dieta ou 18% de substituição.

Em avaliações realizadas na carne de animais provenientes desse mesmo estudo, Eiras et al. (2014b) observaram que a inclusão de 18% de glicerina (180 g/kg de MS) em substituição ao milho, reduziu a concentração de ácidos graxos saturados e aumentou a dos ácidos graxos monoinsaturados e poli-insaturados.

Serrano et al. (2014) observaram que a inclusão de 120 g/kg de glicerina bruta (12% de inclusão) na dieta de bovinos de corte confinados, com base na MS, não influenciou a ingestão de matéria seca, a digestibilidade parcial e total dos nutrientes, a cinética ruminal nem a síntese de proteína microbiana. Observaram também que a digestibilidade intestinal e total do extrato etéreo melhorou com a inclusão da glicerina na dieta. O pH e a concentração de nitrogênio amoniacal no líquido ruminal diminuíram à medida que aumentou o nível de glicerina na dieta. A digestibilidade da fibra está diretamente relacionada com o pH ruminal e apesar da diminuição do pH, a digestibilidade da fibra não foi prejudicada visto que em nenhum momento o pH foi inferior a 6,2 (SERRANO et al., 2014), considerando-se adequado para as bactérias celulolíticas (VAN SOEST, 1994).

Van Cleef et al. (2014) observaram efeito negativo sobre a digestibilidade da fração fibrosa da dieta, quando utilizaram 300 g de glicerina/kg de alimento, com base na MS, correspondendo a 30% de inclusão de glicerina bruta, em dietas para bovinos confinados. Por outro lado, os autores não observaram prejuízos ao desempenho e às características de carcaça desses animais e concluíram que a glicerina pode ser uma boa fonte de energia em dietas para bovinos, quando alimentados com até 30% deste subproduto.

Em estudo realizado por Oliveira (2013), a inclusão de 150 g/kg de glicerina bruta na dieta (15% de inclusão), com base na MS, reduziu o ganho de peso de animais intei-

ros *Nelore*, ou cruzados com *Red Angus*. O autor também observou, em avaliação de nove músculos (*Biceps femoris*, coxão duro; *Biceps femoris* porção dorsal, picanha; *Gluteus medius*, alcatra; *Longissimus dorsi*, contra filé; *Psoas major*, filé mignon; *Semimembranosus*, lagarto; *Semitendinosus*, coxão mole; *Tensor da fascia latae*, maminha; e *Vatus lateralis*, patinho) que a inclusão de glicerina bruta promoveu hipertrofia diferencial das fibras musculares do contra filé. Em contrapartida, o autor observou que a inclusão de cinco ou 15% de glicerina bruta na dieta desses animais não afetou as características qualitativas avaliadas, concluindo dessa forma que é possível usar esse coproduto e obter produção de carne com qualidade desejável ao consumidor.

É conveniente salientar que a obtenção desse subproduto não é padronizada, e dessa forma, variações são observadas na composição bromatológica e no valor energético. Portanto, as avaliações nutricionais são de extrema importância para que se formulem dietas nutricionalmente viáveis, que atendam as exigências nutricionais e possibilitem à expressão do potencial genético.

Considerações Finais

Em diversos estudos realizados é possível observar que a glicerina pode ser incluída na dieta de ruminantes em substituição aos cereais, especialmente o milho, sem causar efeitos negativos sobre a fermentação ruminal, o consumo, o desempenho, a digestibilidade aparente dos nutrientes, as características de carcaça e a qualidade da carne.

O uso desse coproduto deve ser feito com cautela, sendo necessário conhecer a composição da glicerina a ser utilizada para sua correta aplicação, uma vez que a qualidade da glicerina produzida industrialmente pode ser muito variável, influenciando dessa forma os resultados a serem obtidos.

Outro fator importante a ser considerado, para o uso da glicerina em dietas, é o fator econômico, pois é por meio desse fator que serão definidos os valores de inclusão desse coproduto. Ainda, devido a resultados conflitantes na literatura quanto a quantidade ideal a ser fornecida sem prejuízos aos animais, mais pesquisas devem ser realizadas, avaliando-se além desta questão, o tipo de dieta ofertada, raça e categoria animal.

Referências

- ABDALLA, L. A. et al. Utilização de subprodutos na indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 260-268, 2008.
- ABO EL-NOR, S. et al. Effects of differing levels of glycerol on rumen fermentation and bacteria. **Animal Feed Science and Technology**, v. 162, n. 3-4, p. 99-105, 2010.
- AIMARETTI, N. et al. Aprovechamiento de la glicerina obtenida durante la producción de biodiesel. **Invenio**, v. 11, n. 20, p. 137-144, 2008.
- ANP - Agência Nacional de Petróleo, Gás e Biocombustíveis. Superintendência de refino e processamento de gás natural (SRP), **Boletim Mensal de Biodiesel** (2015a). Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=58259&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&cachebu st=1321450069250>>. Acesso em: 14 jan. 2016.
- _____. Superintendência de refino e processamento de gás natural (SRP). **Consumo de combustíveis no Brasil cresceu 5,28% na comparação entre 2013 e 2014** (2015b). Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2014-03/anp-consumo-de-combustiveis-no-brasil-cresceu-5-em-2013>>. Acesso em: 14 jan. 2016.
- BRASIL. Lei 11.097. **Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira** (2005). Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2004-2006/2005/Lei/L11097.htm>. Acesso em: 14 jan. 2016.
- _____. Lei 13.033. **Dispõe sobre a adição obrigatória de biodiesel ao óleo diesel comercializado com o consumidor final** (2014). Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2014/Lei/L13033.htm>. Acesso em: 14 jan. 2016.
- _____. RESOLUÇÃO-386. **Regulamento técnico sobre aditivos utilizados segundo as boas práticas de fabricação e suas funções** (1999). Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/0556e3004745787485bdd53fbc4c6735/RESOLUCAO_386_1999.pdf?MOD=AJPERES>. Acesso em: 14 jan. 2016.
- BRISSON, D. et al. Glycerol: a neglected variable in metabolic process. **BioEssays**, v. 23, n. 6, p. 534-542, 2001.
- CARVALHO, P. L. O. et al. Crude glycerine in growing and finishing pigs feeding. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 3, p. 1399-1410, 2013.
- CRUZ, O. T. B. et al. Effect of glycerine and essential oils (*Anacardium occidentale* and *Ricinus communis*) on animal performance, feed efficiency and carcass characteristics of crossbred bulls finished in a feedlot system. **Italian Journal of Animal Science**, v. 13, n. 4, p. 790-797, 2014.
- DONKIN, S. S. Glycerol from Biodiesel Production: The new corn for dairy cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 280-286, 2008.
- EIRAS, C. E. et al. Glycerine levels in the diets of crossbred bulls finished in feedlot: apparent digestibility, feed intake and animal performance. **Animal Feed Science and Technology**, v. 197, p. 222-226, 2014a.
- EIRAS, C. E. et al. Glycerine levels in the diets of crossbred bulls finished in feedlot: Carcass characteristics and meat quality. **Meat Science**, v. 96, n. 2, p. 930-936, 2014b.
- FRANÇOSO, M. C. et al. Growth performance, carcass characteristics and meat quality of finishing bulls fed crude glycerin supplemented diets. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, n. 56, n. 2, p. 327-336, 2013.
- FONTES, R. A. A. Cadeia produtiva do biodiesel e seus

- impactos socioambientais no estado do Mato Grosso. In: ENCONTRO NACIONAL DOS GEÓGRAFOS, 16, 2010, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: AGB, 2010, p. 1-11.
- IUPAC - International Union of Pure Applied Chemistry. **A Guide to IUPAC Nomenclature of Organic Compounds, Recommendations 1993**. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1993.
- KREHBIEL, C. R. Ruminal and physiological metabolism of glycerin. In: ADSA-ASAS Joint Annual Meeting, Indianapolis, 2008, **Abstracts...** Indiana: ADSA-ASAS, 2008. p. 392.
- MÜLLER, J. V. S. **Química II**. Santa Maria: Rede e-Tec Brasil, 2013. 116 p.
- NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de bioquímica de Lehninger**. São Paulo: Sarvier, 2011. 1304 p.
- OLIVEIRA, I. M. **Glicerina bruta na dieta de bovinos nelore e fl red angus x nelore: desempenho, características de carcaça e avaliação qualitativa de nove músculos, maturados ou não**. 2013. 111 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.
- OOI, T. L. et al. Glycerol residue - a rich source of glycerol and medium chain fatty acids. **Journal of Oleo Science**, v. 53, n. 1, p. 29-33, 2004.
- PAULE, B. J. A. **Glicerina, subproduto da indústria do biodiesel, perspectivas de uso na alimentação animal**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/camaras_setoriais/Oleaginosas_e_biodiesel/10_reuniao/Apresentacao_Glicerina.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2015.
- RODRIGUES, F.V.; RONDINA, D. Alternativas de uso de subprodutos da cadeia do biodiesel na alimentação de ruminantes: glicerina bruta. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 7, n. 2, p. 91-99, 2013.
- ROGER, V. et al. Effect of glycerol on the growth, adhesion and cellulolytic activity of rumen cellulolytic bacteria and anaerobic fungi. **Current Microbiology**, v. 25, n. 4, p. 197-201, 1992.
- SERRANO, R. C. D. et al. Evaluation of crude glycerine inclusion in beef cattle diet: apparent nutrient digestibility and microbial protein synthesis. **Zootecnia Tropical**, v. 32, n. 2, p. 23-32, 2014.
- SÜDEKUM, K. H. **Co-products from biodiesel production**. In: Recent advances in animal nutrition. Nottingham: Nottingham University Press, 2008. p. 201-219.
- VAN CLEEF, E. H. C. B. et al. Crude glycerin in diets for feedlot Nelore cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 43, n. 2, p. 86-91, 2014.
- VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. New York: Cornell University Press. 1994. 476 p.
- ZAWADZKI, F. **Glicerina, antioxidantes e carotenoides sobre a qualidade e traçabilidade da carne de bovinos e ovinos**. 202 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2013.
- ZAWADZKI, F. et al. **Uso de aditivos na dieta de bovinos de corte**. In: PRADO, I. N. **Produção de bovinos de corte e qualidade da carne**. Maringá: EDUEM, 2010. 242 p.
- ZHOU, C. H. et al. Chemoselective catalytic conversion of glycerol as a biorenewable source to valuable commodity chemicals. **Chemical Society Reviews**, v. 37, p. 527-549, 2008.

Recebido em: 01.11.2015
Aceito em: 28.12.2015