

IMPLICAÇÕES DO USO DA GLICERINA NA ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS EM TERMINAÇÃO: REVISÃO

Rafaeli Gonçalves Leite¹; Anderson Corassa^{1*}; Daniela Rocha da Silva¹; Tatiane Izabel Silva dos Santos¹

SAP 14372 Data envio: 14/06/2016 Data do aceite: 30/11/2016

Sci. Agrar. Parana., Marechal Cândido Rondon, v. 16, n. 1, jan./mar., p. 13-20, 2017

RESUMO - Objetivou-se revisar o processo de produção, caracterização, valor nutricional, metabolismo, limitações de uso da glicerina e seus efeitos sobre o desempenho e características de carcaça e carne de suínos. A molécula do glicerol apresenta-se como líquido viscoso, incolor, inodoro e higroscópico, com sabor doce, solúvel em água e álcool. A composição química e o teor de glicerol da glicerina dependem do tipo de matéria prima utilizada e da eficiência do processo de produção do biodiesel. O glicerol como componente nutricional da gordura dietética é absorvido como constituinte de monoglicerídeos após uma hidrólise parcial dos triglicerídeos; sofre ação da enzima glicerol quinase, convertido em glicerol 3-fosfato que poderá seguir a rota da glicólise quando o animal estiver em déficit de energia; ou ser destinado à deposição ou excreção de gordura quando estiver com excesso de energia. A glicerina possui elevado teor de energia metabolizável, podendo ser substituído do milho em dietas para suínos. O efeito da glicerina sobre o desempenho e características de carcaça e carne de suínos depende do tipo, nível de inclusão e faixa de peso dos animais, mas de maneira geral, seu uso nas dietas não reflete em prejuízo. A preocupação quanto à utilização da glicerina na alimentação animal está relacionada aos níveis residuais da produção do biodiesel afetando a composição da glicerina em sódio, potássio e metanol, além de seu custo em relação ao milho. A utilização da glicerina na alimentação de suínos em terminação apresenta-se como alternativa viável, desde que respeitadas suas características.

Palavras-chave: coproduto, desempenho, glicerol, metabolismo.

IMPLICATIONS OF THE USE OF GLYCERIN ON FED OF FINISHING PIGS: REVIEW

ABSTRACT - The objective was to review the production process, characterization, nutritional value, metabolism, limitations of glycerin use and its effects on performance and carcass and meat characteristics of pigs. The glycerol molecule appears as a viscous, colorless, odorless and hygroscopic liquid, with a sweet taste, soluble in water and alcohol. The chemical composition and glycerol content of glycerin depend on the type of raw material used and the efficiency of the biodiesel production process. Glycerol as a nutritional component of dietary fat is absorbed as a constituent of monoglycerides after partial hydrolysis of triglycerides; undergoes action of the enzyme glycerol kinase, converted to glycerol 3-phosphate that may follow the route of glycolysis when the animal is in energy deficit; or be destined to the deposition or excretion of fat when it is with excess of energy. Glycerin may exhibit high metabolizable energy content, being able to be a substitute of corn in pig diets. The effect of glycerin on the performance and characteristics of pig carcass and meat depends on the type, inclusion level and weight range of the animals, but in general their use in the diets does not reflect to the detriment. Concern about the use of glycerin in animal feed is related to the residual levels of biodiesel production affecting the composition of glycerin in sodium, potassium and methanol, as well as its cost in relation to corn. The use of glycerin in finishing pig feed is a viable alternative since its characteristics are respected.

Key words: coproducts, metabolism, glycerol, performance.

INTRODUÇÃO

Estudos e investimentos na suinocultura posicionaram o Brasil em quarto lugar no ranking de produção e exportação mundial de carne suína. Alguns elementos como sanidade, nutrição, manejo na granja, produção integrada e, principalmente, aprimoramento gerencial dos produtores, contribuíram para aumentar a oferta interna e colocar o país em destaque no cenário mundial. Estima-se que a produção de carne suína atinja aumento médio anual de 2,84%, entre o período de 2008/2009 ao período de 2018/2019, e o seu consumo

auge 1,79%. Em relação às estimativas de exportações, a representatividade do mercado brasileiro de carne suína aumentará de 10,1%, em 2008, para 21% em 2018/2019 (MAPA, 2015).

A evolução da produção e a exportação da carne suína abre espaço para uso de ingredientes que possam substituir em algum nível, os principais ingredientes da dieta. Entre os ingredientes alternativos destacam-se os coprodutos, ou seja, produtos obtidos de processos em que estes não apresentam-se como principal produto, mas que podem ter valor expressivo, mesmo que de caracterização

¹Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso, UFMT, Av. Alexandre Ferronato 1200, Setor Industrial, CEP 78557-267, Sinop, Mato Grosso, Brasil. E-mail: anderson_corassa@ufmt.br. *Autor para correspondência

ou valor secundário. A glicerina, coproduto resultante da produção de biodiesel, é uma das opções que podem ser utilizadas (OLIVEIRA et al., 2013) na alimentação de suínos devido às suas características.

O aumento da produção de biodiesel no Brasil, por conta principalmente dos incentivos do governo federal, resultou em maior oferta dos coprodutos. Isso se deve à criação do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) pelo Decreto da Lei de 23 de dezembro de 2003 e complementado pela Lei nº 11.097 de 13 de janeiro de 2005, estabelecendo entre outros fatores, o uso obrigatório de 2% de biodiesel incorporado ao diesel fóssil, passando aos atuais 7% (PORTAL BRASIL, 2014).

Cada tonelada de biodiesel produzido resulta em aproximadamente 100 kg de glicerina bruta, a qual apresenta características nutricionais desejáveis para a alimentação animal e uma alternativa viável na produção de suínos (OLIVEIRA et al., 2013).

A glicerina possui elevado teor de energia metabolizável, 2.210 Kcal kg⁻¹ (GONÇALVES et al., 2014), 3.393 Kcal kg⁻¹ (LAMMERS et al., 2008) até 5.242 Kcal kg⁻¹ (CARVALHO et al., 2013), podendo ser substituído do milho, o qual apresenta 3.340 Kcal kg⁻¹ (ROSTAGNO et al., 2011). É considerada palatável para os suínos por ser um líquido de sabor adocicado, podendo ser utilizada pelos suínos como nutriente glicogênico ou lipogênico (JAGGER, 2008).

Diante deste contexto, o presente trabalho objetivou revisar o processo de produção da glicerina a partir do biodiesel e seu potencial de uso em dietas para

suínos em terminação, com base em suas características nutricionais, absorção e metabolismo no organismo animal e seus efeitos sobre as características de carcaça e carne.

Processo de produção do Biodiesel

O biodiesel é um combustível renovável, biodegradável e ambientalmente correto. Sua constituição é uma mistura de ésteres etílicos ou metílicos de ácidos graxos, obtidos pela transesterificação de quaisquer triglicerídeos com álcool de cadeia curta como o metanol ou etanol (MARULANDA-BUITRAGO et al., 2015). O tipo de óleo para produção do biodiesel pode ser de origem vegetal, gorduras animais e resíduos industriais e domésticos.

O biodiesel não contém petróleo, mas pode ser adicionado a este, formando uma mistura perfeitamente miscível e físico-quimicamente semelhante ao óleo diesel mineral, podendo ser usado em motores do ciclo diesel sem a necessidade de significantes ou onerosas adaptações (APOLINÁRIO et al., 2012).

O principal método de produção do biodiesel é a transesterificação (Figura 1). Neste processo, 1 mol de triacilglicerol reage com 3 mols de álcool, usualmente o metanol ou o etanol, na presença de um catalisador, que pode ser homogêneo, heterogêneo ou enzimático. Nessa reação, as moléculas de triacilgliceróis são separadas em ácidos graxos e glicerina, em seguida os ácidos graxos são reagrupados formando uma mistura de ésteres metílicos ou etílicos (RAMOS, 2011).

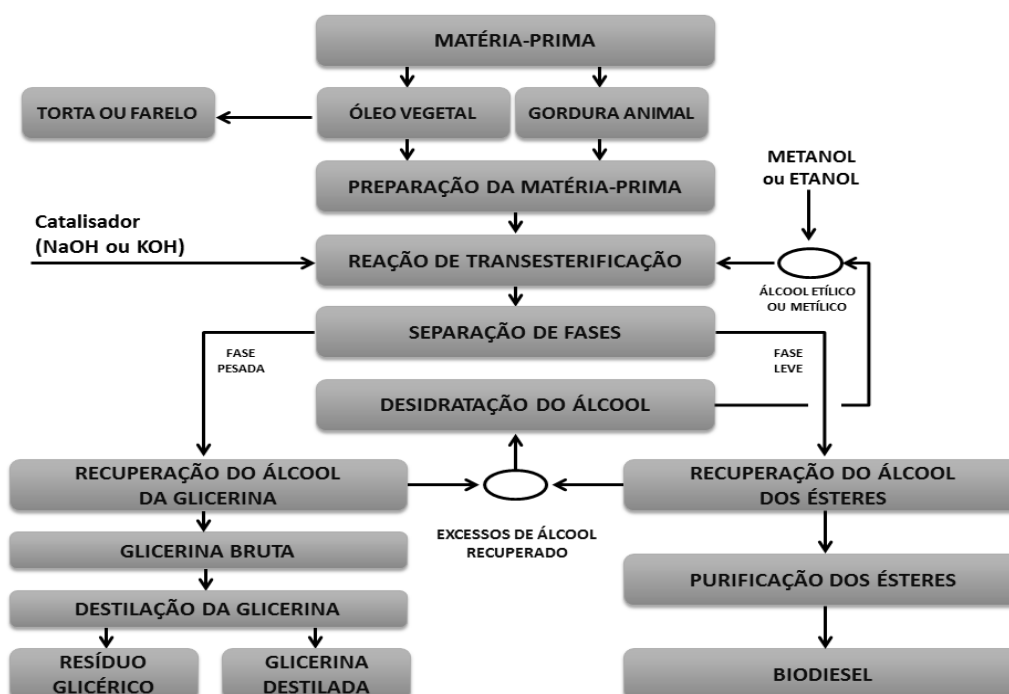


FIGURA 1 - Processo de produção de biodiesel. Fonte: Rodrigues e Rondina (2013).

Segundo Apolinário et al. (2012), desse processo resulta um óleo mais fino e menos viscoso, capaz de ser utilizado como combustível. O processo só ocorre na presença de um catalisador, que é normalmente usado para

acelerar a reação, podendo ser básico, ácido ou enzimático. O catalisador mais usado é o hidróxido de sódio ou potássio. De acordo com Souza (2006), no processo básico, a base é dissolvida no álcool utilizado, e

adicionada ao óleo. Podem ser utilizados reatores agitados, com ou sem aquecimento, o tempo de reação típico é de cerca de 1 a 2 h. Essa reação permite obter taxas quase 4.000 vezes superiores às obtidas pela mesma quantidade de catalisadores no processo ácido. Do mesmo modo, o custo das bases fortes é bastante inferior ao das enzimas utilizadas como biocatalisadores, as temperaturas e pressões são menores, diminuindo os custos energéticos e de instalação dos reatores.

De acordo com Ramos (2011), a transesterificação metálica de óleos vegetais em meio alcalino homogêneo é o processo mais comum de produção do biodiesel. Os alcóxidos metálicos são os catalisadores mais utilizados, sendo que estes podem ser adicionados diretamente ao meio de reação ou produzidos “*in situ*”, mediante a dissolução de hidróxido de sódio ou de potássio no álcool utilizado como agente de transesterificação.

A adição direta de alcóxidos metálicos ao meio de reação é desejável, porque a reação dos íons hidróxido com o álcool gera alcóxido e água, e esta hidrolisa ésteres graxos, diminuindo assim o rendimento da alcoólise. Os íons alcóxidos, adicionados diretamente ao meio de reação levam a formação de um intermediário tetraédrico. Este intermediário elimina uma molécula de éster metílico e

forma outro íon alcóxido que irá dar origem a um diacilglicerol. Com a repetição deste processo por mais dois ciclos tem-se a formação de mais duas moléculas de ésteres metílicos e uma molécula de glicerol (RAMOS, 2011).

Com o aumento da produção de biodiesel tem-se então maior disponibilidade de glicerina que poderá ser adequadamente viabilizada se forem encontradas novas aplicações para o coproduto gerado, glicerol bruto ou glicerina (APOLINÁRIO et al., 2012).

A molécula do glicerol (Figura 2), na sua forma pura apresenta-se como um líquido viscoso, incolor, inodoro e higroscópico, com sabor doce, solúvel em água e álcool, insolúvel em éter e em clorofórmio (RIVALDI et al., 2008). Apresenta diferentes aplicações na indústria de cosméticos, farmacêutica, detergentes, na fabricação de resinas e aditivos e na indústria de alimentos. Apesar do glicerol apresentar estas aplicações na forma pura, poucos estudos estão sendo direcionados para a utilização de glicerol bruto na forma direta. Visto que na forma bruta, apresenta-se na versão líquido viscoso pardo escuro, que contém quantidades variáveis de sabão, álcool (metanol ou etanol), monoacilglicerol, diacilglicerol, oligômeros de glicerol, polímeros e água (CÂMARA et al., 2006).

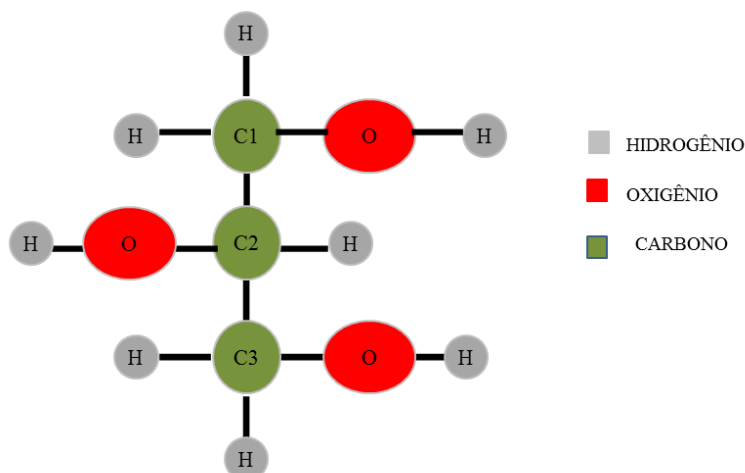


FIGURA 2 - Representação da molécula de glicerol. Fonte: adaptado de Arruda et al. (2007).

O glicerol raramente é encontrado em estado livre, sendo comum como um triglicerídeo, em combinação com ácidos graxos (KNOTHE et al., 2006), constituindo aproximadamente 10% destes materiais (CARDONA et al., 2010).

Caracterização da glicerina

Na alimentação animal, a glicerina e o glicerol normalmente são entendidos como sinônimos, mas é importante lembrar que a glicerina é um produto constituído por algumas substâncias, dentre estas, o glicerol. A glicerina em estado puro é um líquido viscoso, inodoro e higroscópico, sendo que o nome oficial é propano-1,2,3-triol. A molécula de glicerina tem três grupos hidroxilas que são responsáveis por sua

solubilidade em água. Ponto de fusão é de 17,8 °C e evapora com decomposição à 290 °C (RAMOS, 2011).

Após a reação de transesterificação, a massa final é constituída por duas fases, separadas por decantação ou centrifugação. A fase mais pesada é a glicerina bruta, com excesso de água e de impurezas presentes na matéria-prima. A glicerina possui três graus de pureza devido às variações que ocorrem nos teores de resíduos de água, ácido graxo, metanol, fósforo, sódio e principalmente do glicerol, pelo qual ocorre sua classificação em baixa pureza com até 70% de glicerol, média pureza com 70 a 90% de glicerol e alta pureza com teores de glicerol acima de 90% (CARDONA et al., 2010).

A composição química e o teor de glicerol contidos na glicerina dependem do tipo de matéria-prima utilizada (óleo vegetal ou gordura animal) e da eficiência

do processo de produção do biodiesel, sendo que quanto maior for o valor de energia bruta, juntamente com um menor teor de glicerol, menos eficiente é o processo de transformação, o qual gera como produto final a glicerina com maior teor de triglicerídeos intactos, podendo interferir no valor de energia bruta (KERR et al., 2011).

Absorção e metabolismo do glicerol

O termo glicerina se refere ao produto gerado a partir dos biocombustíveis, considerando-se o glicerol como principal constituinte que pode ser formado no metabolismo, sendo componente nutricional da gordura dietética que é absorvido como constituinte de monoglicerídeos após uma hidrólise parcial dos triglicerídeos (DOZIER et al., 2008).

Os lipídeos dietéticos, como é o caso dos triglicerídeos, são digeridos e absorvidos basicamente no intestino delgado e podem seguir vários destinos metabólicos. Neste segmento do trato digestório, ocorre a emulsificação e hidrólise dos triglicerídeos, que formam micelas com ácidos e sais biliares e são absorvidas através das microvilosidades intestinais. Posteriormente ocorre

reesterificação dos ácidos graxos à molécula de glicerol, formando a partir daí os quilomícrons, que são transportados na corrente sanguínea. Nos suínos, a absorção se faz através dos vasos linfáticos, chegando ao fígado onde ocorre o metabolismo dos lipídeos. O fígado distribui os lipídeos para as células gerais por oxidação, para a síntese de gorduras modificadas, envia os ácidos graxos para a formação de lipídeos de reserva, como por exemplo, a gordura subcutânea (toucinho) na espécie suína (BERTECHINI, 2006).

Uma vez absorvido, o glicerol é transportado para o fígado onde é metabolizado pelas enzimas glicerol quinase e glicerol-3P-desidrogenase formando o glicerol 3-fosfato, um intermediário da lipogênese (LIN, 1977). O destino metabólico do glicerol irá depender do aporte energético do animal. O glicerol sofre ação da enzima glicerol quinase e é convertido em glicerol 3-fosfato, a qual poderá seguir a rota da glicólise quando o animal estiver em déficit de energia; ou ser destinado à deposição ou excreção de gordura, quando o animal estiver em excesso de energia. A oxidação do glicerol produz 22 ATP para cada mol de glicerol (Figura 3) (BEST, 2006).

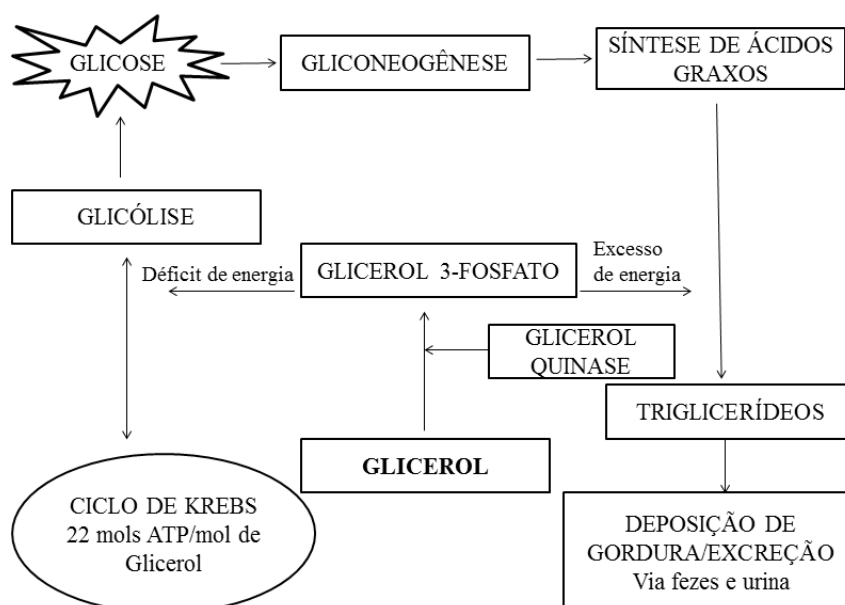


FIGURA 3 - Metabolismo do glicerol. Fonte: adaptado de Best (2006).

Segundo Lin (1977), o fígado é responsável por aproximadamente 3/4 da capacidade total do corpo metabolizar o glicerol. Por sua vez, os rins são os órgãos responsáveis por cerca de 1/5 desta capacidade de metabolização do glicerol, também pela essencial reabsorção e excreção.

Nos suínos, a lipogênese ocorre praticamente no tecido adiposo. A presença de glicerol quinase favorece a mudança rápida do perfil de ácidos graxos no triglicerídeo dos adipócitos, em função do tipo de gordura ingerida. Esta característica permite que se modifique rapidamente a textura da gordura depositada através da manipulação da composição da dieta (BERTECHINI, 2006).

Algumas proteínas integrais de membrana (PIM) facilitam a circulação de água pelas membranas celulares,

formando um canal de água nas células intestinais, denominadas de aquaporinas (AQPs). Faz parte do grupo das aquaporinas, as aquagliceroporinas, proteínas responsáveis pelo transporte de outras substâncias como o glicerol e outros solutos (BERNARDINO et al., 2013).

No metabolismo, de forma geral, o glicerol é uma molécula pequena que desempenha papel vital, sendo importante componente estrutural dos triglicerídeos e fosfolipídios. Além disso, é precursor do gliceraldeído-3-fosfato, um intermediário na lipogênese e na via gliconeogênica, e produz energia através das vias glicolítica e do ácido tricarbóxico. No metabolismo celular, o glicerol-3-fosfato (G3P) é um metabólito central e possui triplo papel: fornecer o esqueleto de carbono para a gliconeogênese, agir como um carregador de

equivalentes redutores do citosol para a mitocôndria para fosforilação oxidativa e agir como estrutura de lipídios glicerídeos (LIN, 1977).

Em suínos, há uma limitação na ativação de enzimas para utilização de glicerol. Altos níveis de inclusão de glicerina na alimentação proporcionam baixo conteúdo energético, pois o sistema enzimático (glicerolquinase) torna-se saturado na conversão do glicerol para glicerol-3-fosfato, sendo o glicerol em excesso excretado pela urina (DOPPENBERG; VAN DER AAR, 2007).

Além de servir como fonte de energia, o glicerol também pode ter efeito positivo sobre a retenção de aminoácidos ou nitrogênio. Pode inibir a atividade das enzimas fosfoenolpiruvato-carboxiquinase e glutamato

desidrogenase e, por conseguinte, resultar em economia dos aminoácidos gliconeogênicos, e assim favorecer a deposição de proteína corporal (CERRATE et al., 2006).

Valor nutricional da glicerina

Conforme Oliveira et al. (2013), o uso de diferentes matérias-primas e processos utilizados na produção de biodiesel pode-se obter glicerina de diversas composições e graus de pureza (Tabela 1). Observou-se expressiva variação no teor de glicerol e de ácidos graxos das glicerinas utilizados nos estudos que, por consequência, resultaram em valores distintos de energia metabolizável para suínos. Assim, entende-se que se torna relevante o conhecimento prévio da composição da glicerina para melhor utilização nas dietas dos animais.

TABELA 1. Composição das glicerinas utilizadas em experimentos.

Glicerol --- % ---	Definição	AG Totais -----	Na (%)-----	Metanol -----	ED ----- Kcal kg ⁻¹ -----	EM -----	Referência
55,45	GBM	21,5	1,99	5,05	---	5.242	Carvalho et al. (2013)
55,95	GBV	23,3	1,62	10,96	---	5.247	Carvalho et al. (2013)
68,66	GSM	5,1	---	6,28	3.090	2.210	Gonçalves et al. (2014)
74,40	GB	---	2,8	---	---	---	Oliveira et al. (2013)
74,94	GSV	9	---	10,32	3.777	2.731	Gonçalves et al. (2014)
80,20	GSPN	---	3,52	0,01	3.298	2.531	Gallego et al. (2014)
83,00	GB	---	2,51	0,2	---	---	Melo et al. (2014)

Em que: GBV: glicerina bruta vegetal; GBM: glicerina bruta mista; GSPN: glicerina semipurificada neutralizada; GSV: glicerina semipurificada vegetal; GSM: glicerina semipurificada mista; GB: glicerina bruta; Na: sódio; ED: energia digestível para suínos; EM: energia metabolizável para suínos.

Ao analisarem a composição química de glicerinas provenientes do óleo de soja, sebo bovino, gordura amarela e gordura de aves, Kerr et al. (2009) encontraram variações principalmente nos teores de glicerol, metanol e ácidos graxos. Os teores de glicerol das glicerinas de óleo de soja foram maiores que das glicerinas obtidas de gordura animal, ficando numa média de 83,9%, enquanto que a glicerina obtida a partir do sebo obteve um valor de 73,34% e de gordura de aves 51,54%. Os teores de ácidos graxos foram inversamente proporcionais aos teores de glicerol, onde glicerinas com alto teor de glicerol obtiveram valores de ácidos graxos reduzidos. O teor de metanol foi relativamente pequeno em todas as amostras, exceto para amostra da glicerina oriunda da gordura de aves que obteve 14,99% de metanol, valor que pode ser considerado preocupante devido à possibilidade de intoxicação dos animais alimentados com essa glicerina.

Ao desenvolver modelos de regressão para caracterizar a relação da composição da glicerina com o valor de energia bruta e metabolizável, Kerr et al. (2009) sugeriram as seguintes equações: EB (Kcal/kg) = -236 + (46,08 x % de glicerol) + (61,78 x % de metanol) + (103,62 x % de ácidos graxos), ($R^2 = 0,99$, $P < 0,01$) e EM Kcal/kg = (37,09 x % de glicerol) + (97,15 x % ácidos graxos), ($R^2 = 0,41$; $P < 0,01$). Os resultados obtidos com as regressões foram similares aos valores reais, sugerindo que a estimativa da energia bruta e metabolizável da glicerina a partir de sua composição foi precisa.

Efeito da glicerina no desempenho de suínos em terminação

Avaliando vários níveis (0, 4, 8, 12, e 16%) de glicerina bruta na dieta de suínos em terminação, Hansen et al. (2009) observaram queda no consumo dos animais conforme o nível de glicerina nas primeiras semanas do fornecimento aumentou, mas quando analisado todo o período experimental, nenhum dos níveis avaliados apresentou prejuízo ao desempenho dos animais, concluindo que a queda no consumo nos primeiros dias esteja relacionado com o período de adaptação dos animais ao novo ingrediente.

De forma similar, Berenchein et al. (2010) relataram que o nível de até 9% de glicerina purificada na ração de suínos de crescimento e terminação pode ser usado sem prejudicar os parâmetros de desempenho de suínos. Mendoza et al. (2010) concluíram que níveis de até 15% de glicerina podem ser adicionadas na ração para suínos sem afetar o desempenho dos animais.

Ao avaliar os efeitos da substituição do milho por glicerina bruta na dieta de suínos em terminação nos níveis de 0; 4; 8; 12 e 16% de substituição, não foi observado efeito no desempenho, concluindo que a glicerina pode ser usada na dieta desses animais até 16% (GOMIDE et al., 2012). Utilizando animais em crescimento e terminação alimentados com dietas contendo 10% de glicerina bruta, Hanczakowska et al. (2010) registraram queda no ganho de peso dos animais, mas ao utilizar glicerina refinada não

houve alteração neste parâmetro. O coproduto melhorou ligeiramente a digestibilidade da gordura e elevou a digestibilidade da fibra, estes autores atribuíram a maior influência da glicerina no aumento de microrganismos degradantes do material fibroso.

No estudo realizado por Gonçalves et al. (2014), foi avaliado o desempenho de suínos em terminação alimentados com dois tipos de glicerina semipurificadas, uma de óleo vegetal e outra mista (óleo de soja + gordura animal) em níveis de inclusão de: 4; 8; 12 e 16%, comparando com uma dieta sem inclusão de glicerina. Os resultados encontrados por esses autores sugerem que ambas as gliceras avaliadas podem ser incluídas em até 16% sem prejuízos ao desempenho dos animais.

Ao avaliar trabalhos que utilizaram glicerina e glicerol na dieta de suínos em crescimento e a influência no consumo de ração, ganho de peso diário e conversão alimentar, Drosghic et al. (2013) concluíram que o melhor nível de inclusão da glicerina bruta vegetal e glicerina bruta mista é de 12% nas fases de 15 a 30 kg, para glicerina semipurificada neutralizada para as categorias de 15 a 90 kg o melhor nível é de 14%, para a inclusão de glicerol nas categorias de 33 a 100 kg o melhor nível é de 9%, e de glicerina para animais entre 67 e 107 kg o melhor nível de inclusão é de 16%.

Efeito da glicerina nas características de carcaça e de carne suína

Em estudo conduzido por Mendoza et al. (2010), concluíram com o trabalho realizado que a inclusão em até 15% de glicerina purificada em dietas de suínos em terminação não proporcionaram efeitos prejudiciais sobre temperatura, pH, luminosidade, cor, firmeza, marmoreio e força de cisalhamento. Pesquisa realizada por Della Casa et al. (2009), usando níveis de 0; 5 e 10% de glicerol na dieta de suínos em terminação indica que não houve influência sobre rendimento de carcaça, gordura intramuscular e perda por gotejamento.

Em estudo semelhante, Kijora e Kupsch (1996) não verificaram efeito significativo nas características de carne, como perdas por gotejamento e cocção, quando a glicerina foi incluída em 10% na alimentação de suínos. De modo similar, Mourot (2009) indicou que a inclusão em até 5% da glicerina semipurificada, proveniente da gordura animal e óleo de colza, propiciam melhorias nos parâmetros quantitativos e qualitativos da carcaça e carne, como redução na perda de água por gotejamento e cocção, aumento do teor de lipídios e melhoria na qualidade sensorial nos músculos *Longissimus dorsi* e Semimembrano, além do aumento no rendimento no cozimento do presunto.

Berenchtein et al. (2010) realizaram estudo utilizando glicerina semipurificada proveniente de sebo bovino e nos estudos de Della Casa et al. (2009) e Mendoza et al. (2010), utilizaram glicerina purificada, nesses casos citados não detectaram efeitos, nem de melhoria nem de danos nas variáveis de força de cisalhamento, perda por cocção e características sensoriais com utilização de glicerina na alimentação de suínos em terminação.

Quanto à capacidade de retenção de água (CRA) na carne dos animais alimentados com glicerol na fase de terminação, Mourot et al. (1994) encontraram melhoria nessa característica com o nível de 10% de glicerina. Do ponto de vista industrial, um músculo com alta CRA é succulento e qualificado com alta pontuação organoléptica, enquanto aquele com baixa CRA perde a maior parte de sua água durante o cozimento e parece estar seco ao ser consumido (CALDARA et al., 2012). Neste sentido, Egea et al. (2016) ao registrarem menor perda por cozimento na carne suína dos animais alimentados com 10% de glicerina em comparação ao grupo controle, sugerem que a glicerina pode ter certo efeito de proteção nos tecidos musculares, uma vez que é uma fonte acessível e rápida de energia, podendo prevenir perda de aminoácidos produzida pelo cortisol, inferindo-se ao momento pré-abate.

Ao avaliarem os efeitos da substituição do milho por glicerina bruta na dieta de suínos em terminação nos níveis de 0; 4; 8; 12 e 16%, Gomide et al. (2012) observaram efeito linear crescente de tratamento sobre a espessura de toucinho e efeito linear decrescente na perda de líquido por descongelamento e na força de cisalhamento, e sem afetar outras características de carcaça e carne.

Investigando a inclusão de glicerina bruta de 5; 10; 15 e 20% em comparação a uma dieta sem inclusão, Melo et al. (2014) analisaram parâmetros de qualidade de carne, como componentes físico-químicos e composição bromatológica dos cortes do lombo e do pernil, e não observaram nenhuma diferença significativa relacionada ao uso de glicerina e nem aos níveis estudados, indicando que a glicerina pode ser um ingrediente para a alimentação de suínos nos níveis avaliados.

Limitações no uso na glicerina

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2010) autorizou o uso da glicerina bruta como insumo para alimentação animal e estabeleceu um padrão mínimo de qualidade, sendo: glicerol (mínimo de 800 g kg⁻¹), umidade (máximo de 130 g kg⁻¹), metanol (máximo de 159 mg kg⁻¹), sódio e matéria mineral sendo os valores garantidos pelo fabricante g kg⁻¹, podendo variar pelo processo produtivo.

De acordo com o Departamento de Fiscalização dos Insumos Pecuários do MAPA, existem algumas limitações para o uso da glicerina na ração de ordem tecnológica, zootécnica e econômica, pois para se tornar viável, o preço da glicerina precisa ser competitivo em relação ao preço do milho, seu principal concorrente.

A preocupação quanto à utilização da glicerina na alimentação animal está relacionada aos níveis residuais da produção do biodiesel, afetando a composição da glicerina em sódio, potássio e metanol. Oliveira et al. (2013) avaliaram as composições das gliceras oriundas de 16 indústrias localizadas nas principais regiões produtoras do Brasil (Tabela 2), e relataram que apesar da variabilidade na produção, componentes como cádmio, cromo e chumbo não foram detectados nas amostras avaliadas.

TABELA 2. Valores médios e variações observadas no pH e principais componentes da glicerina produzida em 16 usinas de biodiesel do Brasil.

Parâmetro	Média	Mínimo	Máximo
Glicerol (%)	74,4	30,4	90,1
Umidade (%)	9,7	0,8	26,6
Lipídios Totais (%)	7,8	0	37,7
Cinzas (%)	5,3	2,3	12,1
Sódio (g kg ⁻¹)	20,8	6,1	28,2
Fósforo (mg kg ⁻¹)	541	17	2.111
Cálcio (mg kg ⁻¹)	36,2	0	153
pH	7,2	2,3	12,7

Fonte: Adaptado de Oliveira et al. (2013).

Os eletrólitos da ração consumida pelos animais exercem influência no equilíbrio ácido-básico e, conseqüentemente, afetam processos metabólicos relacionados ao crescimento, à resistência a doenças, à sobrevivência ao estresse e aos parâmetros de desempenho (ARAÚJO et al., 2010). Apesar da glicerina apresentar sabor adocicado (JAGGER, 2008), essa pode ter valor elevado de sódio, acarretando em menor consumo, uma vez que, os suínos apresentam tendência de regular o consumo de alimento com base nas suas exigências em sódio (BERTECHINI, 2006). O excesso de sódio na dieta de suínos causado pela inclusão de glicerina pode aumentar a osmolaridade da digesta, o fluxo de água da mucosa intestinal para o lúmen e aumentar a incidência de fezes pastosas ou líquidas. Dessa forma, níveis de sódio acima da exigência podem interferir negativamente no balanço intestinal da água e prejudicar o desempenho dos animais (PATIENCE; ZIJLSTRA, 2001).

No metabolismo do metanol são formados dióxido de carbono, água e os intermediários, o formaldeído e o formato. Os efeitos tóxicos decorrentes de envenenamento por metanol são, na verdade, pela formação, acúmulo e metabolismo lento de formato em algumas espécies (SKRZYDLEWSKA, 2003). Estudos de Lammers et al. (2008) não verificaram frequência de lesões histológicas no rim, fígado e olhos devido à toxicidade do metanol presente na glicerina.

Van Gerpen (2005) destaca que no processo de produção do biodiesel, a recuperação de metanol está relacionada à eficiência da usina, porque o metanol recuperado é reutilizado em novo processo, diminuindo a incidência desse resíduo na glicerina.

Outro problema destacado na literatura está na fluidez correta das rações nos alimentadores em dietas com até 10% de inclusão, promovendo inibição no consumo de ração, podendo resultar em um crescimento mais lento e baixa conversão alimentar (CARVALHO, 2011).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos estudos revisados, a utilização da glicerina na alimentação de suínos em terminação de maneira geral, não afeta o desempenho e as características de carcaça e carne dos animais. Mas é importante ressaltar

que a composição da glicerina pode influenciar os resultados, sendo necessário respeitar as concentrações máximas permitidas para os níveis de sódio e metanol.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APOLINÁRIO, F.D.B.; PEREIRA, G.F.; FERREIRA, J.P. Biodiesel e alternativas para utilização da glicerina resultante do processo de produção de biodiesel. Bolsista de Valor: **Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobras e IF Fluminense**, v.2, n.1, p.141-146. 2012.
- ARAÚJO, W.A.G.; ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; CARVALHO, T.A.; RIBEIRO NETO, A.C. Potássio na nutrição animal. **Revista Eletrônica Nutritime**, Viçosa, v.7, n.4, p.1280-1291, jul./ago. 2010.
- ARRUDA, P.V.; RODRIGUES, R.C.L.B.; FELIPE, M.G.A. Glicerol: um subproduto com grande capacidade industrial e metabólica. **Revista Analytica**, n.26, 2007.
- BERENCHTEIN, B.; COSTA, L.B.; BRAZ, D.B.; ALMEIDA, V.V.; TSE, M.L.P.; MIYADA, M.S. Utilização de glicerol na dieta de suínos em crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.39, n.7, p.1491-1496, 2010.
- BERNARDINO, V.M.P.; RODRIGUES, P.B.; ALBINO, L.F.T.; NAVES, L.P.; SCOTTÁ, B.A.; PEREIRA, C.M.C. Metabolismo do glicerol em aves - revisão bibliográfica. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.10, n.5, p.2752-2780, set./out. 2013.
- BERTECHINI, A.G. **Nutrição de monogástricos**. Lavras: UFLA, 2006. 300p.
- BEST, P. Increased biofuel production will grow supplies of by-products: glycerine gives the energy option. **Feed Internacional**, Los Gatos, v.55, n.12, p.20-21, dez. 2006.
- CALDARA, F.R.; SANTOS, V.M.O.; SANTIAGO, J.C.; ALMEIDA PAZ, I.C.; GARCIA, R.G.; VARGAS JUNIOR, F.M.; SANTOS, L.S.; NÁAS, I.A. Propriedades físicas e sensoriais da carne suína PSE. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.13, n.3, p.815-824. 2012.
- CÂMARA, G.; SOUZA, R.C.; FREITAS, U.M.; GARRIDO, J.; II, F.M. Spring: integrating remote sensing and GIS with object-oriented data modelling. **Computers and Graphics**, v.15, n.6, p.13-22, 2006.
- CARDONA, C.; POSADA, J.; QUINTERO, J. **Aprovechamiento de subproductos y residuos agroindustriales: glicerina y lignocelulosicos**. ISBN 978-95-44-7611-1, 2010.
- CARVALHO, P.L.O. **Glicerina bruta na alimentação de suínos**. 92p. Tese de Doutorado - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2011.
- CARVALHO, P.L.O.; MOREIRA, I.; SCAPINELLO, C.; PIANO, L.M.; GALLEGOS, A.G.; MORESCO, G. Crude glycerine in growing and finishing pigs feeding. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.34, n.3, p.1399-1410, 2013.
- CERRATE, S.; YAN, F.; WANG, Z.; COTO, C.; SAKAKI, P.; WALDROUP, P.W. Evaluation of glycerine from biodiesel production as a feed ingredient for broilers. **International Journal of Poultry Science**, v.5, p.1001-1007, 2006.

- DELLA CASA, G.; BOCHICCHIO, D.; FAETI, V.; MARCHETTO, G.; POLETTI, E.; ROSSI, A.; GARAVALDI, A.; PANCIROLI, A.; BROGNA, N. Use of pure glycerol in fattening heavy pigs. *Meat Science*, v.81, p.238-244, 2009.
- DOPPENBERG, J.; VAN DER AAR, P.J. Biofuels: implications for the feed industry. *Wageningen Academic Publishers*, Netherlands, p.73-88, 2007.
- DOZIER, W.A.; KERR, B.J.; CORZO, A.; KIDD, M.T.; WEBER, T.E.; BREGENDAHL, K. Apparent metabolizable energy of glycerin for broiler chickens. *Journal Poultry Science*, v.87, p.317-322, fev. 2008.
- DROSGHIC, L.C.A.; PEREIRA, T.L.; CORASSA, A. Inclusão de glicerol e glicerina em dietas para suínos determinados no Brasil: revisão. *Scientific Electronic Archives*, v.2, p.46-49, 2013.
- EGEA, M.; LINARES, M.B.; GARRIDO, M.D.; MADRID, J.; HERNÁNDEZ, F. Feeding Iberian x Duroc cross pigs with crude glycerine: Effects of diet and gender on carcass and meat quality. *Meat Science*, v.111, p.78-84, 2016.
- EXPEDITO, J.S. **Biodiesel**: uma aventura tecnológica num país engraçado. Salvador: Rede Baiana de Biocombustíveis, 2003.
- GALLEGO, A.G.; MOREIRA, I.; POZZA, P.C.; CARVALHO, P.L.O.; SIERRA, L.M.P.; COSTA FILHO, C.L. Neutral semi-purified glycerin in starting pigs feeding. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v.35, n.5, p.2831-2842, set./out. 2014.
- GOMIDE, A.P.C.; BRUSTOLINI, P.C.; FERREIRA, A.S.; PAULINOP, V.R.; LIMA, A.L.; SCOTTÁ, B.A.; RODRIGUES, V.V.; CÂMARA, L.R.A.; MOITA, A.M.S.; OLIVEIRA JÚNIOR, G.M.; FERREIRA, R.C.; FORMIGONI, A.S. Substituição de milho por glicerina bruta em dietas para suínos em terminação. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, Belo Horizonte, v.64, n.5, p.1309-1316, out. 2012.
- GONÇALVES, L.M.P.; MOREIRA, I.; POZZA, P.C.; CARVALHO, P.L.O.; TOLEDO, J.B.; PEÑUELASIERRA, L.M. Semipurified glycerins in growing and finishing pigs feeding (30-90 kg). *Revista Brasileira de Saúde Produção Animal*, Salvador, v.15, n.1, p.221-226, jan./mar. 2014.
- HANCZAKOWSKA, E.; WEGLARZY, K.; BEATASYMCZYK, B.; HANCZAKOWSKI, P. Effect of adding crude or refined glycerol to pig diets on fattening performance, nutrient digestibility and carcass evaluation. *Annals of Animal Science*, v.10, n.1, p.67-73, 2010.
- HANSEN, C.F.; HERNANDEZA, A.; MULLAN, B.P.; MOORES, K.; TREZONAMURRAYS, M.; KINGC, R.H.; PLUSKE, J.R. A chemical analysis of samples of crude glycerol from the production of biodiesel in Australia, and the effects of feeding crude glycerol to growing-finishing pigs on performance, plasma metabolites and meat quality at slaughter. *Animal Production Science*, v.49, p.154-161, 2009.
- HUEPA, L.M.D.; MOREIRA, I.; POZZA, P.C.; CARVALHO, P.L.O.; PASQUETTI, T.J.; SIERRA, L.M.P. Glicerina semipurificada neutralizada na alimentação de leitões na fase pré-inicial (6 a 15 kg). *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v.36, n.4, p.2839-2848, jul./ago. 2015.
- JAGGER, S. Proceedings of the British Society of Animal Science. In: **The implications of biofuel production on intensive livestock production in the United States**, Comerford, 2008. p.286-287.
- JUDGE, M.D. **Principles of meat science**. Kendall: Hunt Publishing Company, 1989. 351p.
- KERR, B.J.; SHURSON, G.C.; JOHNSTON, L.J.; DOZIER, W.A. Utilization of crude glycerin in nonruminants. *Biodiesel - Quality, Emissions and By-Products*, p.365-380, nov. 2011.
- 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 pigs. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.87, p.4042-4049, dez. 2009.
- KIJORA, C.; KUPSCH, S.D. Evaluation of technical glycerols from "biodiesel" production as a feed component in fattening of pigs. *Lipid-Fett*, v.98, n.7, p.240-245, 1996.
- KNOTHE, G.; GERPEN, J.; KRAHL, J.; RAMOS, L. **Manual do Biodiesel**. Ed. E. Blucher, São Paulo, 2006. 352p.
- LAMMERS, P.; KERR, B.J.; WEBER, T.E.; DOZIER, W.A.; KIDD, M.T.; BREGENDAHL, K.; HONEYMAN, M. Digestible and metabolizable energy of crud glycerol for growing pigs. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.86, p.602-608, mar. 2008.
- LIN, E.C.C. Glycerol utilization and its regulation in mammals. *Annual Review Biochemistry*, Boston, v.46, p.765-795, jul. 1977.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA. **Ministério da agricultura autoriza novo uso da glicerina**. 2010. Online. Disponível em: <http://www.sindiracoes.org.br/index.php?option=com_content&task=view&id=972>. Acesso em: 15 out. 2015.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA. **Uso de subprodutos**. 2015. Online. Disponível em: <http://www.sindiracoes.org.br/index.php?option=com_content&task=view&id=972Itemid=1>. Acesso em: 15 out. 2015.
- MARULANDA-BUITRAGO, P.A.; MARULANDA-CARDONA, V.F. Supercritical transesterification of beef tallow for biodiesel production in a batch reactor. *CT&F - Ciencia, Tecnología y Futuro*, v.6, n.2, p.57-68, dez. 2015.
- MELO, D.S.; FÁRIA, P.B.; CANTARELLI, V.S.; ROCHA, M.F.M.; PINTO, A.M.B.G.; RAMOS, E.M. Qualidade de carne de suínos com o uso da glicerina na alimentação. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, Belo Horizonte, v.66, n.2, p.583-592, out. 2014.
- MENDES, D.B.; SERRA, J.C.V. Glicerina: uma abordagem sobre a produção e o tratamento. *Revista Liberato*, Novo Hamburgo, v.13, n.20, p.1-9, jul/dez. 2012.
- MENDOZA, O.F.; ELLIS, M.; MCKEITH, F.K.; GAINES, A.M. Metabolizable energy content of refined glycerin and its effects on growth performance, and carcass and pork quality characteristics of finishing pigs. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.88, n.12, p.3887-3895, dez. 2010.
- MOUROT, J. Utilisation du glycerol em alimentation porcine. *Inra Productions Animales*, v.22, n.5, p.409-414, 2009.
- MOUROT, J.; AUMAITRE, A.; MOUNIER, A.; PEINIAU, P.; FRANÇOIS, A.C. Nutritional and physiological effects of dietary glycerol in the growing pig. Consequences on fatty tissues and post mortem muscular parameters. *Livestock Production Science*, v.38, p.237-244, abr. 1994.
- OLIVEIRA, J.S.; ANTONIASSE, R.; FREITAS, S.C.; MULLER, M.D. Composição química da glicerina produzidas por usinas de biodiesel no Brasil e potencial de uso na alimentação animal. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.43, n.3, p.509-512, mar. 2013.
- PATIENCE, J.F.; ZIJLSTRA, R.T. Sodium, potassium, chloride, magnesium, and sulfur in swine nutrition. *Swine Nutrition*, Washington, p.213-227, 2001.
- PORTAL BRASIL. **Governo anuncia mudanças no setor de biodiesel**. 2014. Online. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/economia-emprego/2014/05/governo-anuncia-mudancas-para-o-setor-de-biodiesel>>. Acesso em: 05 jan. 2016.
- RAMOS, L.P. **Aproveitamento integral de resíduos agrícolas a agro-industriais**. 2011. Online. Disponível em <http://www.asfagro.org.br/trabalhos_tecnicos/biodiesel/combustivel.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2015.
- RIVALDI, J.D.; SARROUB, B.F.; FIORILO, R.; SILVA, S.S. Glicerol de biodiesel. *Biociência Ciência & Desenvolvimento*, Brasília, n.37, p.44-51, 2008.
- RODRIGUES, F.V.; RONDINA, D. Alternativas de uso de subprodutos da cadeia do biodiesel na alimentação de ruminantes: glicerina bruta. *Acta Veterinaria Brasilica*, Mossoró, v.7, n.2, p.91-99, 2013.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, L.S.T.; EUCLIDES, R.F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos**: composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa, n.2, 2011. 252p.
- SOUZA, C.A. Sistemas catalíticos na produção de biodiesel por meio de óleo residual. An.6. **Encontro de Energia no Meio Rural**, 2006.
- SKRZYDLEWSKA, E. Toxicological and metabolic consequences of metanol poisoning. *Toxicology Mechanisms Methods*, v.13, n.4, p.277-293, 2003.
- VAN GERPEN, J. Biodiesel processing and production. *Fuel Processing Technology*, v.86, p.1097-1107, jun. 2005.