

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

GLICERINA SEMIPURIFICADA NEUTRALIZADA NA
ALIMENTAÇÃO DE SUINOS

Autor: Adriana Gomez Gallego
Orientador: Prof. Dr. Ivan Moreira

MARINGÁ
Estado do Paraná
Março – 2012

GLICERINA SEMIPURIFICADA NEUTRALIZADA NA ALIMENTAÇÃO DE SUINOS

Autor: Adriana Gomez Gallego
Orientador: Prof. Dr. Ivan Moreira

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá - Área de concentração Produção Animal.

MARINGÁ
Estado do Paraná
Março - 2012

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá – PR., Brasil)

G633g Gomez Gallego, Adriana
Glicerina semipurificada neutralizada na
alimentação de suínos / Adriana Gomez Gallego. --
Maringá, 2012.
xv, 59 f. : il. figs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Ivan Moreira.
Co-orientador: Prof. Dr. Antonio Cláudio Furlan.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia, 2012.

1. Alimentação animal. 2. Suínos - Alimentação -
Glicerina. 3. Biodiesel - Glicerina. 4. Suínos -
Digestibilidade. 5. Carne suína - Qualidade. 6.
Suínos - Parâmetros bioquímicos de sangue. I.
Moreira, Ivan, orient. II. Furlan, Antonio Cláudio,
co-orient. III. Universidade Estadual de Maringá.
Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-
Graduação em Zootecnia. IV. Título.

CDD 21.ed. 636.40852

AMMA-00339



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

**GLICERINA SEMIPURIFICADA NEUTRALIZADA
NA ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS**

Autora: Adriana Gomez Gallego
Orientador: Prof. Dr. Ivan Moreira

TITULAÇÃO: Mestre em Zootecnia - Área de Concentração Produção
Animal

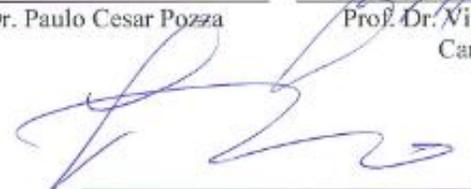
APROVADA em 30 de março de 2012.



Prof. Dr. Paulo Cesar Pozza



Prof. Dr. Vinicius de Souza
Cantarelli



Prof. Dr. Ivan Moreira
(Orientador)

“SIM, EU NÃO VIVO PARA SERVIR, EU NÃO SIRVO PARA VIVER”

AUTOR: JOHN MAXWELL

A Deus e à Virgem, pelas oportunidades de minha vida.

À minha amada família:

Meus pais, Álvaro Gomez Gallego, Soffi Gallego Mejia.

Meus irmãos, Angélica Gomez Gallego, Juan Javier Gomez Gallego.

Meus sobrinhos, Mariana Santos Gomez e Juan Pablo Santos Gomez.

Meu namorado, Jasson Santana dos Santos

Meu Cunhado, Carlos Giovanni Santos Rubiano.

Minha cunhada, Ana More Montaña.

Meu tio, Jesus Antonio Gallego Mejia.

A todas estas pessoas, muito obrigada pelo seu apoio, compressão e amor que, mesmo distantes, sempre me ajudam em todos os meus sonhos, me dão força para superar todos os obstáculos, longe de meu país.

E a todos os outros familiares e amigos que sempre acreditaram em mim e me apoiaram de alguma forma para cumprir meu sonho.

Adoro vocês.

AGRADECIMENTOS

Na realização de qualquer caminhada para cumprir um sonho, temos sempre ao nosso lado pessoas incríveis que nos ajudam e nos apoiam, por isso, quero agradecer a todos, em especial:

Ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá, por todas as oportunidades que me foram proporcionadas;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo financiamento e concessão da bolsa de estudo, fundamental para a realização deste estudo;

À empresa BSBIOS, pelo fornecimento da glicerina necessária para condução deste estudo;

À Universidad del Tolima, pelos conhecimentos da minha formação acadêmica;
Ao meu orientador, Prof^o Dr. Ivan Moreira e co-orientador, Prof^o Dr. Antonio Cláudio Furlan, pela dedicação e competência nos ensinamentos. Foram profissionais que colaboraram de forma direta no meu crescimento acadêmico;

Aos colegas e amigos do grupo de pesquisa: Paulo Levi Carvalho, Lina Maria Peñuela Sierra, Liliane Maria Piano, Juliana Beatriz Toledo, que foram meus padrinhos

quando cheguei ao Brasil, assim como, Tiago Pasquetti, Clodoaldo Filho, Dani Perondi, Laura Marcela Diaz Huepa e, aos bolsistas Gabriel Morresco e Jocasta pela dedicação, orientação, compreensão, não medindo esforços para ajudar na realização deste trabalho que culminou com pleno êxito em um momento de mudanças em nosso grupo.

Aos funcionários do Setor de Suinocultura da Fazenda Experimental de Iguatemi, Senhores Mauro dos Santos, Carlos José (Huk), João Salvalagio e Toninho (fábrica de ração);

A todos os funcionários do Laboratório de Análise de Alimentos e Nutrição Animal (LANA): Cleuza Volpato e Creuza de Azevedo, pela paciência e auxílio na execução das análises;

Ao meu companheiro de república, Ivan Camilo Ospina Rojas, por todos os momentos vividos na Colômbia e aqui no Brasil, pelo apoio, pois vivemos passagens que mudaram nossa vida.

Nesta minha caminhada, a todos, uma grande gratidão, que ficará para sempre gravada em minha vida e meu coração.

Muito obrigada.

BIOGRAFIA

ADRIANA GOMEZ GALLEGO, filha de Álvaro Gomez Gallego e Soffi Gallego Mejia, nasceu em Bogotá, Estado de Cundinamarca, Colômbia, no dia 24 de novembro de 1982.

Cursou o Ensino Fundamental e Ensino Médio no Colégio Maria Auxiliadora em Bogotá, Distrito Capital.

Em julho de 2009, concluiu a graduação em Medicina Veterinária e Zootecnia, pela Universidad Del Tolima, Ibagué – Colômbia.

Participou do Programa Apoio Técnico à Pesquisa/CNPq, na Universidade Estadual de Maringá, no segundo semestre de 2009.

Em março de 2010, iniciou-se no Programa de Pós-graduação em Zootecnia, em nível de mestrado, área de concentração Produção Animal, na Universidade Estadual de Maringá, realizando estudos na área de Nutrição de Suínos.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xi
RESUMO.....	xii
ABSTRACT.....	xiv
I – INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Biodiesel.....	1
1.2. Glicerina: definição, história e etapas de produção.....	3
1.3. Aplicações e restrições da glicerina.....	6
1.4. Digestão, absorção e metabolismo da glicerina.....	8
1.5. Glicerina na alimentação animal.....	11
Citação bibliográfica.....	13
II – OBJETIVOS GERAIS.....	16
III – Glicerina semipurificada neutralizada na alimentação de suínos na fase inicial (15-30 kg).....	17
Resumo.....	17
Abstract.....	18
Introdução.....	19
Material e Métodos.....	20
Resultados e Discussão.....	27

Conclusões.....	33
Referências bibliográficas.....	33
IV - Glicerina semipurificada neutralizada na alimentação, parâmetros plasmáticos e características da carcaça de suínos na fase de crescimento e terminação (30-90 kg).....	36
Resumo.....	36
Abstract.....	37
Introdução.....	38
Material e Métodos.....	39
Resultados e Discussão.....	46
Conclusões.....	56
Referências bibliográficas.....	56
V – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	59

LISTA DE TABELAS

	Pagina
Tabela 1 -	Composição nutricional (química e energética) da glicerina semipurificada neutralizada..... 21
Tabela 2 -	Composição centesimal, química, energética e custo das rações, contendo diferentes níveis de inclusão da glicerina semipurificada neutralizada, para suínos na fase inicial (15 – 30 kg)..... 25
Tabela 3 -	Coefficientes de digestibilidade aparente (CD), coeficiente de metabolização (CM) e valores digestíveis da glicerina semipurificada neutralizada (GSPN), estudados com suínos..... 28
Tabela 4 -	Desempenho de leitões na fase inicial (15-30 kg), alimentados com rações, contendo glicerina semipurificada neutralizada (GSPN)..... 31
Tabela 5 -	Níveis plasmáticos (mg/dL) de glicose, colesterol e triglicérides de leitões na fase inicial (15-30 kg), alimentados com rações, contendo glicerina semipurificada neutralizada (GSPN) 32
Tabela 6 -	Custo de ração (Cr\$/kg), custo em ração por quilograma de peso vivo ganho (CR), índice de eficiência econômica (IEE) e índice de custo (IC) de leitões na fase inicial (15-30 kg), alimentados com níveis crescentes de inclusão de glicerina semipurificada neutralizada (GSPN) nas rações..... 33
Tabela 7 -	Composição centesimal, química, energética e custo das rações, contendo diferentes níveis de inclusão da glicerina semipurificada neutralizada (GSPN), para suínos na fase de crescimento (30-60 kg)..... 42
Tabela 8 -	Composição centesimal, química, energética e custo das rações, contendo diferentes níveis de inclusão da glicerina semipurificada neutralizada (GSPN), para suínos na fase de terminação (60-90 kg)..... 43

Tabela 9 -	Desempenho, espessura de toucinho (ET) e profundidade de lombo (PL) no P ₂ de suínos na fase crescimento (30-60 kg) e terminação (60 a 90 kg), alimentados com rações, contendo glicerina semipurificada neutralizada (GSPN).....	47
Tabela 10 -	Níveis plasmáticos (mg/dL) de glicose, colesterol e triglicerídeos de suínos na fase de crescimento (30-60 kg), alimentados com rações, contendo glicerina semipurificada neutralizada (GSPN).....	48
Tabela 11 -	Níveis plasmáticos (mg/dL) de glicose, colesterol e triglicerídeos de suínos na fase de terminação (60-90kg), alimentados com rações, contendo glicerina semipurificada neutralizada (GSPN).....	49
Tabela 12 -	Efeito das dietas contendo diferentes níveis de inclusão com a glicerina semipurificada neutralizada (GSPN), sobre características quantitativas da carcaça e órgãos de suínos em terminação (60-90 kg).....	51
Tabela 13 -	Efeito das dietas contendo diferentes níveis de inclusão com a glicerina semipurificada neutralizada (GSPN), sobre as características da carcaça medidas com a pistola Hennessy de suínos em terminação (60-90 kg).....	52
Tabela 14 -	Efeito das dietas contendo diferentes níveis de inclusão com a glicerina semipurificada neutralizada (GSPN), sobre as características qualitativas da carne de suínos em terminação (60-90 kg).....	54
Tabela 15 -	Custo de ração (Cr\$/kg), custo em ração por quilograma de peso vivo ganho (CR), índice de eficiência econômica (IEE) e índice de custo (IC) de suínos na fase de crescimento (30-60 kg) e terminação (60-90 Kg), alimentados com níveis crescentes de inclusão de glicerina semipurificada neutralizada (GSPN) nas rações.....	55

LISTA DE FIGURAS

	Pagina
FIGURA 1 - Transesterificação de triglicerídeos, na qual R_1 , R_2 e R_3 representam as cadeias carbônicas dos ácidos graxos.....	3
FIGURA 2 - Processo de purificação da glicerina.....	5
FIGURA 3 - Processo industrial da glicerina semipurificada neutralizada.....	6
FIGURA 4- Metabolismo do Glicerol.....	10
FIGURA 5- Equação de regressão da EM da glicerina semipurificada neutralizada (GSPN), obtida a partir da energia metabolizável (kcal/kg) ingerida vs. o consumo de GSPN (kg), por 30 suínos no período de 5 dias.....	30

RESUMO

Foram conduzidos três experimentos com o objetivo de determinar o valor nutricional e avaliar o desempenho de suínos na fase inicial, crescimento e terminação, alimentados com rações, contendo glicerina semipurificada neutralizada (GSPN) em níveis crescentes. No Experimento I, foi conduzido um ensaio de digestibilidade com 30 (24 para rações testes e 6 para ração referência) suínos mestiços com peso inicial de $42,91 \pm 1,58$ kg, distribuídos em delineamento experimental, de blocos inteiramente casualizados, com cinco tratamentos (dieta referência e dietas testes com 4, 8, 12 e 16% de inclusão da GSPN), seis repetições, com unidade experimental representada por um animal. Os valores de energia digestível (ED) e metabolizável (EM) da glicerina foram estimados pela análise de regressão do consumo de ED e EM (kcal/kg) vs. consumo de glicerina (kg). Os valores na matéria natural de ED e EM (kcal/kg) da GSPN, obtidos são: 3.298 e 2.531, respectivamente. Os resultados indicam que este tipo de glicerina é fonte de energia para a alimentação de suínos. No Experimento II, foram utilizados 100 leitões ($15,14 \pm 0,06$ a $30,28 \pm 0,65$ kg), distribuídos em delineamento em blocos casualizados, com quatro níveis de inclusão (3,5; 7,0; 10,5 e 14%) da GSPN, com dez repetições e dois leitões por unidade experimental. Adicionalmente, foi formulada uma ração testemunha (RT), não contendo glicerina (0%). Os resultados de desempenho demonstram que é viável a utilização em até 14% da GSPN, na alimentação de leitões na fase inicial, sem prejuízos no desempenho e variáveis plasmáticas, entretanto resultou em aumento de cerca de 2,9% no custo da alimentação. No Experimento III, foram utilizados 80 suínos na fase de crescimento ($30,31 \pm 0,47$ a $60,41 \pm 0,87$ kg) e de terminação ($60,45 \pm 0,46$ a $90,99 \pm 0,83$ kg), distribuídos em delineamento de blocos casualizados, sendo quatro níveis de inclusão (3,5; 7,0; 10,5 e

14%) de GSPN, com 16 repetições e um suíno por unidade experimental. Adicionalmente, foi formulada uma ração testemunha, não contendo glicerina (0%). Ao final da fase de terminação, todos os suínos foram abatidos, para avaliação das características quantitativas e qualitativas da carne. A análise de regressão indica que não houve efeito ($P>0,05$) da inclusão da GSPN sobre o desempenho, espessura de toucinho e profundidade de lombo nas fases de crescimento e terminação. Para as variáveis plasmáticas, apenas para a fase de terminação houve efeito linear crescente sobre o colesterol e triglicérides. Entretanto para as variáveis quantitativas da carcaça houve efeito linear crescente ($P<0,05$) sobre peso de carcaça quente, rendimento de carcaça quente, peso de carcaça fria e rendimento de carcaça fria, enquanto que para as variáveis qualitativas, houve efeito quadrático para perda de água por gotejamento e lipídeos totais na inclusão da GSPN. Os resultados de todos os experimentos sugerem que é viável a utilização de até 14% da GSPN, na alimentação de suínos (15 a 90 kg), sem prejuízos no desempenho, parâmetros plasmáticos e na qualidade da carne, entretanto propiciou um aumento no custo da alimentação de 2,9% em leitões de 15 a 30kg, de 8,5% em suínos de 30 a 60 kg e 3,8% em suínos de 60 a 90 kg, de acordo com a relação de preços de ingredientes.

Palavras-chave: alimentação animal, biodiesel, coproduto, digestibilidade, glicerina.

ABSTRACT

Three experiments were carried out in order to determine the nutritional value and evaluate the performance of pigs in the initial, growing and finishing phases. The pigs were fed with neutralized semi-purified glycerin (NSPG) in increasing levels. In Experiment I, a digestibility trial was carried with 30 crossbred pigs (24 for tests diets and 6 for reference diet), with initial weight of $42, 91 \pm 1,58$ kg, allotted in experimental design of completely randomized blocks with five treatments (reference diet and test diets with 4, 8, 12 and 16% inclusion of NSPG) six replicates with experimental unit represented by an animal. The values of digestible energy (DE) and metabolizable energy (ME) of glycerin were estimated by regression analysis of DE and ME (kcal/kg) intake vs. glycerin intake (kg). The values obtained for the natural matter of ED and ME (kcal/kg) of NSPG were: 3.298 and 2.531, respectively. The results indicate that this type of glycerin is an energy source for swine feeding. In Experiment II, 100 piglets ($15. 14 \pm 0.06$ a $30. 28 \pm 0. 65$), were allotted in a randomized block design with four levels inclusion (3.5, 7.0, 10.5 and 14 %) of NSPG, with ten replicates and two piglets per experimental unit. Additionally, a control diet (CD) was formulated, without glycerin (0%). The performance results show that it is feasible to use up to 14% of NSPG, on piglets feeding without impairing performance and plasmatic variables, although it may provide an increase of about 2.9% in the diet cost. In Experiment III, 80 pigs were used in the growing (30.31 ± 0.47 a 60.41 ± 0.87 kg) and finishing (60.45 ± 0.46 a 90.99 ± 0.83 kg) phases, allotted in a randomized block design, with four levels of NSPG inclusion (3.5, 7.0, 10.5 and 14%), with sixteen replicates and one pig per experimental unit. Additionally, a control diet was formulated containing no

glycerin (0%). At the end of the finishing phase all pigs were slaughtered to evaluate the quantitative traits of the carcass and qualitative traits of the meat. The regression analysis indicates that there was no effect ($P>0.05$) of NSPG inclusion on performance, backfat thickness and loin depth during the growing and finishing phase. For plasma variables, only in the finishing phase cholesterol and triglycerides increased linearly. However there was a linear increase for the quantitative variables of the carcass ($P<0.05$) for hot carcass weight, hot carcass yield, cold carcass weight, and cold carcass yield, whereas for the qualitative variables, there was a quadratic effect for water drip loss and total lipids in the NSPG inclusion. The results from all experiments suggest that it is feasible to use up to 14% of NSPG in pigs feeding (15-90 kg), without impairing performance, plasmatic parameters and meat quality. However it led to an increase in the pig feeding cost of 2.9% in piglets (15-30 kg), of 8.5% in pigs of 30 to 60 kg and 3.8% in pigs of 60 to 90 kg, according to price relation of ingredients.

Keywords: animal feeding, biodiesel, co-product, digestibility, glycerin.

INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa a quarta posição mundial na produção de carne suína com 3.350 toneladas e exportação de 625 mil toneladas. A oferta de animais para abate aumentou 1,8% em 2010, para 34,4 milhões de cabeças e o consumo per capita atingiu o volume inédito de 14,8. Além do aumento da renda, o alto preço da carne bovina contribuiu para a maior procura dos consumidores pela carne suína (ABIPECS, 2011).

A suinocultura apresenta um desenvolvimento contínuo, buscando novas tecnologias e visando avanços no manejo e nutrição, pois a alimentação representa cerca de 75% do custo total da produção. Os produtos e subprodutos agroindustriais podem ser utilizados na alimentação animal, devendo considerar-se a disponibilidade comercial, qualidade do alimento e preços relativos aos ingredientes tradicionais, com o intuito de buscar vantagens econômicas e assim reduzir o custo de produção.

Dentre estas alternativas, a utilização do coproduto do biodiesel, a glicerina, é uma boa opção na alimentação dos animais, pois este alimento além de ser energético, é de baixo custo em comparação com o milho.

1.1 Biodiesel

O modelo energético baseou-se na utilização de recursos fósseis e não renováveis. Com o passar dos anos, este modelo provocou inúmeras mudanças no planeta como o desaparecimento dos recursos minerais e a poluição ambiental. Isto justifica a importância da pesquisa no desenvolvimento de fontes de energia renováveis, dando, assim, origem aos bicompostíveis e combustíveis de matéria orgânica, tornando-os uma alternativa energética, economicamente viável, sendo um deles, o biodiesel. Este é um combustível que possui um processo de combustão com menos emissão de gases poluentes, uma alternativa que pode ser usada em motores a diesel com pouca ou nenhuma modificação (Xavier et al., 2007).

Atualmente, os Estados Unidos é o maior produtor de biodiesel do mundo. Sua produção é crescente, aumentando do ano 2004 (94,6 milhões de litros) para 2008 (2,650 bilhões de litros), com a perspectiva de continuar crescendo em 2012. Na

Europa, a produção de biodiesel foi de 9.046 milhões de toneladas em 2009, sendo a Alemanha o maior produtor utilizando principalmente a canola e a colza como matérias-primas, para a produção do biodiesel (dados da European Biobiesel Board).

A atual produção brasileira de biodiesel é de aproximadamente 176 milhões de litros anuais, o nível de produção constitui um grande desafio para o cumprimento das metas estabelecidas no âmbito do *Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel*, que necessitará de aproximadamente 750 milhões de litros em sua fase inicial, ou seja, a capacidade produtiva atual supre somente 17% da demanda. Porém a capacidade de produção coincide com a demanda prevista em 2006. Esta capacidade terá que ser triplicada até 2012, com a necessidade de adição de 5% de biodiesel ao petrodiesel (PNPB, 2011).

A legislação brasileira (Lei nº 11.097/05, aprovada pelo Congresso Nacional), aprovou que a partir de janeiro 2008, é obrigatório em todo o Brasil, a combinação de 2% de biodiesel ao diesel de petróleo, obtendo o B2. Deste modo o governo quer chegar ao biodiesel puro, denominado B100 (Campos, 2006). No entanto o óleo diesel comercializado em todo o território nacional contém 5% de biodiesel desde janeiro 2010 (ANP, 2010).

Os trabalhos com o biodiesel no Brasil não tiveram muito avanço até o ano de 2004, quando voltou a ter destaque no cenário dos combustíveis alternativos, com o lançamento do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB).

O ressurgimento do biodiesel como fonte de energia alternativa ocasionou a necessidade de pesquisas voltadas ao seu melhor desenvolvimento e aplicação, sendo a análise energética uma das mais importantes para torná-lo economicamente viável.

O biodiesel pode ser obtido a partir de fontes renováveis, que incluem uma grande variedade de oleaginosas, gorduras de origem animal e óleos residuais. No Brasil, existem muitas espécies vegetais que podem ser utilizadas na produção do biodiesel, como o óleo de girassol, de amendoim, de mamona, de soja, entre outros (Lofrano, 2008).

Há duas rotas tecnológicas para a produção de biodiesel a partir de óleos e gorduras: A primeira etapa é a reação de esterificação com catálise ácida direta de óleo com metanol (processo reversível), sendo que, para acelerar a reação, utiliza-se o aquecimento ou um catalisador ácido, na qual se transformam os triglicerídeos em ésteres de ácidos graxos tendo como subproduto a glicerina bruta. A segunda etapa seria o processo de transesterificação (Figura 1), com catálise básica entre um éster e um álcool, sendo este processo mais amplamente utilizado para o conhecido biodiesel (Thompson & He, 2006).

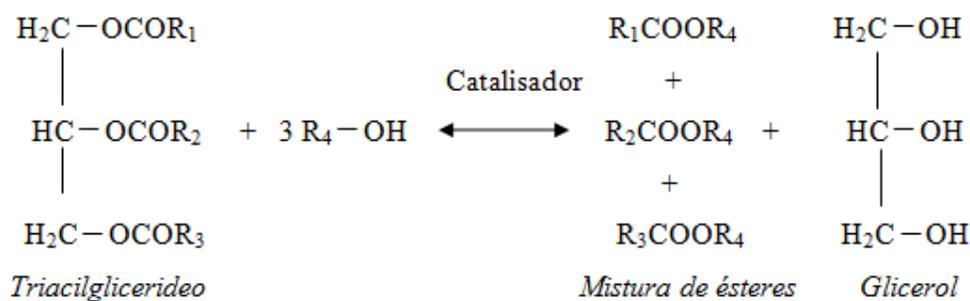


Figura 1- Transesterificação de triglicerídeos, na qual R₁, R₂ e R₃ representam as cadeias carbônicas dos ácidos graxos. Fonte: Ferrari et al. (2005)

Neste processo, óleos vegetais e alcoóis (metanol ou etanol) na presença de um catalisador (que pode ser um ácido, uma base ou enzima), que é um produto usado para provocar uma reação química entre o óleo e o álcool (geralmente NaOH ou KOH), são transformados em ésteres (fase leve) e glicerina bruta (fase pesada). Esta não somente é a rota mais econômica, mas também possui alta taxa de conversão (98%) com baixo tempo de reação e mínimas reações paralelas. Genericamente, 100 kg de óleos vegetais reagindo com 10 kg de álcool produzem 100 kg de biodiesel e 10 kg de glicerina (Leite et al., 2011).

1.2 A Glicerina: definição, historia e etapas de produção

A palavra glicerina é um sinônimo do glicerol, origina-se da palavra química C₃H₈O₃ é um composto orgânico pertencente à função álcool. grega *glykos* (γλυκός), que significa doce. Glicerol ou propano-1,2,3-triol, com sua fórmula química. C₃H₈O₃ é um composto pertencente à função álcool. Este coproduto encontra-se na forma líquida a temperatura ambiente (25 °C), com características higroscópico, inodoro, viscoso e de sabor adocicado, com um ponto de ebulição de

290°C e ponto de fusão 18,1°C. A glicerina líquida é resistente ao congelamento, mas pode se cristalizar a baixas temperaturas, também é solúvel em água em qualquer proporção e insolúvel em éter. A glicerina pode emitir gases tóxicos (acroleína) os quais se formam entre 200 e 300°C. De forma geral, o termo glicerina refere-se ao produto na forma comercial, com pureza acima de 95% (SBRT, 2011).

Na Renascença da Itália, há referências de como fazer sabão encontradas pela Europa Central e regiões da Alemanha. No século seguinte, este conhecimento foi levado da alquimia à química, e, um exemplo histórico está em Geoffrey (1741), que intensificou seus estudos acerca da natureza das substâncias gordurosas, desencadeando a descoberta da glicerina. Menos de 40 anos depois, o químico sueco Carl Wilhelm Scheele foi o primeiro a isolar esse composto em 1779, pelo aquecimento de uma mistura de litargírio (PbO) com óleo de oliva. Foi este pesquisador quem formalizou a descoberta de que os óleos e gorduras naturais contêm o que chamamos hoje de glicerina (Merck Index, 2000).

Toda a glicerina produzida no mundo, até 1949, era proveniente da indústria de sabão. Atualmente, 70% da produção de glicerina nos Estados Unidos ainda provêm dos glicerídeos (óleos e gorduras naturais) e, o restante, da produção do glicerol sintético (subproduto da fabricação de propileno), da produção de ácidos graxos e também de ésteres de ácidos graxos (biodiesel). Em 2000, a produção mundial de glicerina foi de 800 mil toneladas, sendo que 10% foram oriundos de indústrias responsáveis pela produção de Biodiesel (Fernando et al., 2007)

O principal componente da glicerina, 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 como os ácidos esteárico, oléico, palmítico e láurico para formar a molécula de triacilglicerol (Cubas, 2010).

Entre as principais fontes, os óleos de coco e de palma (dendê) contêm uma alta quantidade (70 - 80%) de ácidos graxos com cadeia carbônica de 6 a 14 carbonos. Estes rendem muito mais glicerol do que os óleos contendo ácidos graxos de 16 a 18 carbonos, tais como gorduras, óleo de algodão, soja, oliva e palma (Cubas, 2010).

Aproximadamente, 10% do produto da reação de transesterificação é representado pela glicerina bruta que apresenta impurezas como a água, metanol e material orgânico não-glicerol, o que lhe confere um baixo valor comercial.

Devido a isso, foi que a indústria iniciou com os processos de purificação e neutralização (Figura 2) da glicerina bruta, que incluem filtração, destilação a vácuo,

descoloração e troca de íons. Ocorre normalmente uma acidificação com ácido clorídrico (35,5-38%) ou fosfórico, com o intuito de separar os ácidos graxos, os quais podem retornar a produção do biodiesel, permitindo um aumento no rendimento na indústria.

Após a acidificação, ocorre a purificação da “glicerina loira” que, depois de ser evaporada, pode atingir uma pureza de 60 a 80% e aumentar para 99,5%, se seguir para uma destilação a vácuo ou para uma adsorção contínua. Em seguida, ocorre uma neutralização básica (NaOH) deste coproduto com o objetivo de corrigir o pH. Estes dois processos (acidificação e neutralização) podem alterar sua composição, obtendo uma glicerina com maior nível de glicerol, aumento de NaCl e reduzidos teores de metanol e ácidos graxos (Ooi et al., 2004; Ferrero et al., 2010).

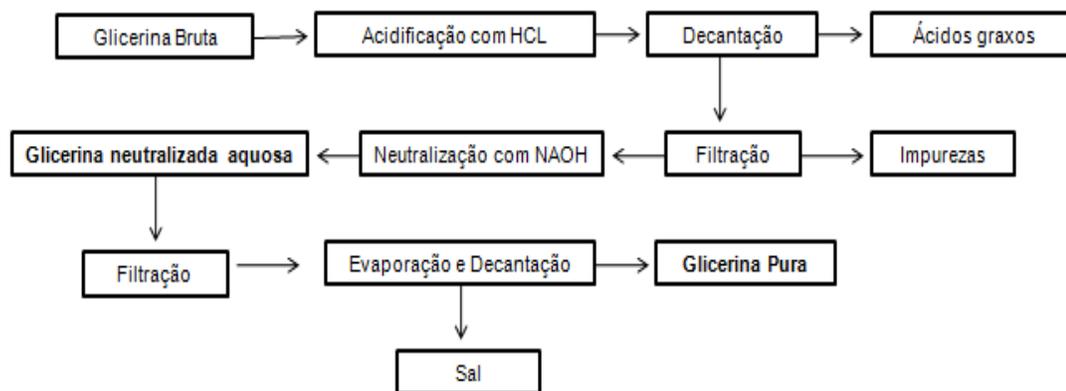


Figura 2- Processo de purificação da glicerina. Fonte: Adaptado de Ferrero et al. (2010).

No processo de neutralização da glicerina, Cubas et al. (2010) adicionaram ácido fosfórico com pureza de 85%, homogeneizaram e centrifugaram, obtendo um aumento de 52,2% no teor de glicerol na glicerina de óleo de soja, 75,8% na glicerina de óleo de crambe, 51,9% na glicerina de óleo de cartamo, comprovando que a glicerina bruta tem um maior nível energético que a glicerina semipurificada neutralizada por seu grau de impurezas.

Ao realizar a purificação da glicerina através da destilação, Chun-Hui et al. (2008) comprovaram a capacidade deste método em remover impurezas e isolar compostos. Por intermédio das destilações simples e fracionadas a vácuo, processo adsorptivos com carvão ativado ou argilas, os índices de acidez e teores de sabões diminuíram drasticamente. Esta purificação da glicerina é uma chave econômica e tecnológica de interesse no processo industrial do biodiesel.

Uma glicerina purificada permite a síntese de uma variedade de compostos (figura 3), desde os produtos das indústrias farmacêuticas e de cosméticos, até possíveis utilizações como aditivos, resinas e pesticidas (Ferreira, 2009). Por conseguinte, a possibilidade de conversão da glicerina nos mais variados derivados depende da sua purificação e do custo da mesma.

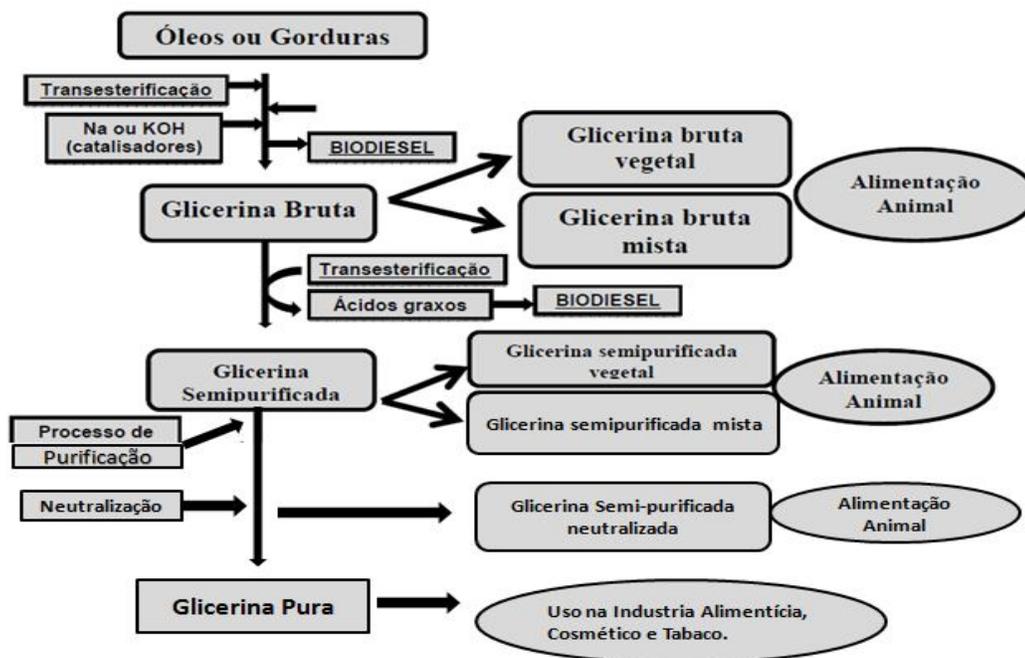


Figura 3- Processo industrial da glicerina semipurificada neutralizada. Fonte: Adaptado Carvalho (2011).

O uso de compostos contendo cobalto, como agentes complexantes de íons potássio, na pré-purificação da glicerina bruta, é uma estratégia economicamente viável, visto que o agente complexante pode ser perfeitamente recuperado e reutilizado no processo. Além disso, o resíduo pode ser destinado às indústrias de fertilizantes químicos (Correa et al., 2010).

1.3 Aplicações e restrições da glicerina

Na Resolução 386/1999 ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária), na lista de aditivos admitidos para nutrição humana e animal, encontra-se a glicerina, classificada como umectante. Bonnardeaux (2006) relata que a glicerina é uma substância química importante para o homem, pois é utilizada em muitos produtos, por ter uma combinação única de propriedades físicas e químicas.

A glicerina tem mais de 1.600 usos conhecidos, como em cosméticos, produtos alimentícios e remédios. Os mais frequentes usos da glicerina são: umectante e agente suavizante em doces, bolos e sorvetes, retardando a cristalização do açúcar; agente umectante nas embalagens de queijos e carnes; solvente e agregador de consistência em flavorizantes e corantes (Biodiesel, GHG Emissions, 2005).

A glicerina é também utilizada na produção de mono, di, ou triglicerídeo; para uso em emulsificantes e produção de polímeros como o poliglicerol, que são adicionados em margarinas. Pode também ser utilizada como meio facilitador da transferência de calor, por estar em contato direto com o alimento, permitindo que algum alimento específico seja rapidamente resfriado para que não haja perda de algumas características desejáveis. Entre outras aplicações da glicerina, destaca-se na produção de tabaco, na indústria têxtil que a utiliza para amaciar e flexibilizar as fibras, na indústria de lubrificante em máquinas de produtos alimentícios (Salvador et al., 2006).

Apesar dessas inúmeras aplicações industriais, outra possibilidade viável que deve ser considerada é a utilização da glicerina como uma alternativa para o óleo combustível. A queima, visando o aproveitamento do seu poder calorífico, é uma das finalidades mais empregadas ultimamente, porém, a liberação de compostos tóxicos, como a acroleína durante a queima da glicerina, é um problema ambiental que pode inviabilizar esse processo (Fairbanks, 2009).

Os níveis residuais de sódio, potássio, metanol e teor de umidade na utilização da glicerina bruta, semipurificada ou purificada, na alimentação animal são uma preocupação constante dos pesquisadores e produtores (Waldroup, 2007).

O resíduo de metanol na glicerina se constitui em um ponto importante quando se avalia o valor deste produto para a alimentação animal. Um aspecto que deve ser salientado é que o potencial efeito prejudicial do metanol, incorporado às rações, pode ser desprezado quando for peletizado, uma vez que a temperatura atingida neste processo é mais alta que a temperatura de vaporização do glicerol, (Doppenberg, 2007).

Os efeitos tóxicos decorrentes de envenenamento por metanol ocorrem pela formação, acumulação e metabolismo lento em algumas espécies. O resíduo do metanol da glicerina torna-se um problema quando encontrado em quantidades elevadas e tem a capacidade de originar enfermidades nervosas ou vômito. A intoxicação por metanol em animais é identificada pela excreção de ácido fórmico na urina, que é oxidado no fígado a formaldeído e este a ácido fórmico. O ácido fórmico é a substância tóxica, pois segundo Lammers et al. (2008 c), quando esta substância encontra-se em quantidades

elevadas, pode causar cegueira pela destruição do nervo óptico, sendo relatadas também a ocorrência de depressão do sistema nervoso central, vômito, acidose metabólica e alteração motora.

Desta forma, o FDA (2010) emitiu uma regulamentação indicando que os teores de metanol superiores a 150 ppm podem ser considerados impróprios para o alimentação animal (Donkin, 2008). Entretanto, não foram verificadas lesões histológicas no rim e fígado devido a toxicidade do metanol que contém a glicerina (Lammers et al., 2008a e Kijora et al., 1995).

Por outro lado, o potássio, cloro e sódio, participam na regulação osmótica dos líquidos do organismo e na manutenção do equilíbrio ácido-base; a deficiência do potássio e do NaCl pode causar fraqueza muscular, atrasos de crescimento , hipertrofia cardíaca e renal, redução do apetite com consequente perda de peso e redução da produção sendo que, em galinhas, evita o canibalismo causado pela deficiência de sal. Entretanto, o excesso de NaCl é prejudicial, causando sede intensa, debilidade muscular e edemas em casos extremos, em aves, hipertrofia renal. Da mesma forma, o K em excesso , com mais 2% da dieta em aves, produz ataques cardíacos. Também pode interferir na absorção e metabolismo do magnésio em outros monogástricos (EUVG, 2010).

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) autorizou, no ano 2010, o uso da glicerina (bruta e loira) como insumo para alimentação animal e estabeleceu um padrão mínimo de qualidade, como: glicerol (mínimo de 800 g/kg); umidade (máximo 130 g/kg); metanol (máximo 150 ppm) e sódio e matéria mineral (valores garantidos pelo fabricante g/kg, podendo variar pelo processo produtivo).

1.4. Digestão, absorção e metabolismo da glicerina

As gorduras e óleos são considerados lipídios simples, compostos em sua maioria por ésteres de glicerol e ácidos graxos, na forma de triglicerídeos. As gorduras vegetais são ricas em ácidos graxos insaturados, e, devido a isso, são líquidas. As gorduras animais são ricas em ácidos graxos saturados, e, por isso, são sólidas, na maioria das vezes. As gorduras saturadas são de digestão mais difícil. Entre os ácidos graxos, destaca-se o ácido linoléico, que é essencial na dieta dos animais, mas se encontra nas gorduras insaturadas ou óleos vegetais.

O glicerol é um componente nutricional da gordura dietética (triglicerídeos). Na digestão dos triglicerídeos no lúmen intestinal requer a participação das secreções pancreáticas e biliares. A enzima lipase pancreática atua sobre os triglicerídeos, degradando-os a mono glicerídeos, formando ácidos graxos livres e glicerol. Nesta fase, as secreções biliares atuam na emulsificação das gorduras para facilitar a ação das enzimas, sendo facilmente absorvido no intestino delgado (Dozier et al., 2008). Como o glicerol, pode ser considerado uma fonte adequada de energia, pois quando as gorduras são digeridas, normalmente são obtidas duas moléculas de ácidos graxos e uma molécula de monoglicerídeo. Quando a digestão é total, são obtidas três moléculas de ácidos graxos e uma molécula de glicerol. Esta última molécula, por seu baixo peso molecular, é facilmente absorvida por difusão. (Robergs e Griffin, 1998).

Sabe-se que o glicerol na dieta pode ser absorvido como constituinte de mono glicerídeos após uma hidrólise parcial dos triglicerídeos. No entanto, os ácidos graxos de cadeia curta e o glicerol são absorvidos diretamente, por difusão, para a via sanguínea. Os ácidos graxos de cadeia longa são solubilizados através da ação dos sais biliares, que atuam como detergentes, formando com os mono glicerídeos, um agregado solúvel chamado micela. A micela atua como veículo para a absorção, por difusão, dos mono glicerídeos. Para entrar na célula os ácidos graxos de cadeia longa, são convertidos em acil – coenzima A, pela presença de coenzima A e adenosina trifosfato. Na célula, os monoglicerídios se unem aos acil– coenzima A, e são reesterificados para triglicerídeos.

Os triglicerídeos se associam ao colesterol, aos ésteres de colesterol, aos fosfolipídios e a pequenas quantidades de proteína para formar os quilomícrons. Os quilomícrons facilitam o transporte dos triglicerídeos através do sistema linfático para os tecidos, onde a gordura é utilizada. Em monogástricos, a glicerina consumida é absorvida por via paracelular nos enterócitos por difusão passiva, e há evidências de que em ratos, este processo de transporte seja sódio dependente (Na^+), no intestino delgado (Kato et al. 2005).

Independente do mecanismo de absorção, o glicerol vai ao fígado pela veia porta e atua como um precursor de gliconeogênico, como no caso do glicerol endógeno liberado pelo catabolismo de triacilgliceróis. A taxa de absorção de glicerol no lúmen intestinal pode ser a terceira parte da absorção de glicose e que a concentração entre os compostos não é afetada (Lin, 1977). Uma vez absorvido, o glicerol pode ser convertido

em glicose, via gliconeogênese, ou oxidado, para a produção de energia, via glicólise e ciclo de Krebs (Robergs e Griffin, 1998).

Uma vez que o glicerol foi absorvido, será transferido para o fígado e outros tecidos, para participar da formação de lipídios, conversão em glicose através da via gliconeogênese, e oxidação para a produção de energia através da glicólise e do ciclo do ácido cítrico para o metabolismo celular. Segundo Mourot et al. (1994), glicerol é um precursor para a síntese de triacilgliceróis e de fosfolipídios, no fígado e no tecido adiposo. Antes que possa entrar na via da glicólise ou da gliconeogênese, dependendo das condições fisiológicas, tem que ser convertido em gliceraldeído-3-fosfato, pela enzima glicerol quinase presente apenas no fígado. Em tecidos adiposos, o glicerol 3-fosfato é obtido da dihidroxiacetona fosfato por meio da ação da enzima glicerol-3-fosfato desidrogenase. O glicerol liberado no catabolismo do triacilglicerol é convertido à glicose no fígado por meio de fosforilação em glicerol-3 - fosfato catalisado pela glicerol quinase iniciando, então, a gliconeogênese (Figura 4). A glicerol-quinase, por exemplo, parece ser controlada, principalmente, pela insulina, a oxidoredutase citosólica pelas corticosteróides e a desidrogenase mitocondrial pelos hormônios da tireóide. O aumento de glicerol-quinase hepática é reflexo do aumento dos níveis séricos da insulina em condições de gliconeogênese.

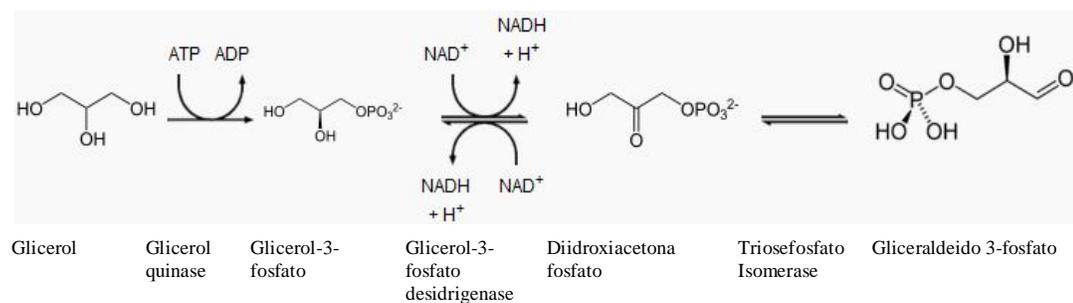


Figura 4- Metabolismo do glicerol. Fonte: Adaptado de Nelson e Cox (2000).

No músculo, ocorre captação do glicerol contido no sangue. Mesmo o músculo não possuindo a enzima glicerol quinase, o glicerol pode ser metabolizado através da enzima glicerol redutase, com a participação de NADPH, evidenciado no músculo do diafragma de ratos (Toews, 1996).

O rim é o órgão responsável por metabolizar cerca de 20% do glicerol total do organismo, e a utilização de glicerol pelo rim é proporcional à sua concentração plasmática, no entanto, o rim é capaz de filtrar até 1mM de glicerol plasmático (Lin,

1977). O metabolismo renal de glicerol ocorre nos túbulos proximais, local onde a glicerol cinase está localizada, e os produtos do seu metabolismo são glicose e lactato.

O metabolismo do glicerol, em quantidades que excedem o consumo de glicose pelo rim, fornece glicose para outros tecidos do corpo em situações em que o glicerol é liberado do tecido adiposo e a partir da hidrólise dos triglicerídeos nas lipoproteínas no sangue. (Wirthensohn et al., 1981).

1.5 Glicerinas na alimentação animal

Pesquisas foram realizadas com o objetivo de determinar os efeitos da glicerina, oriunda de diferentes fontes, sobre o desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de aves e suínos. Groesbeck et al. (2008), avaliando os efeitos da inclusão de 3 e 6% de glicerina bruta (90,7% de glicerol e 136 ppm de metanol) e 6 e 12% de glicerina bruta associada com óleo de soja, sobre o desempenho de leitões, observaram um efeito linear crescente no ganho diário de peso dos leitões que receberam glicerina bruta na dieta, sem influenciar o consumo diário de ração e a conversão alimentar.

Estudos realizados para avaliar a inclusão da glicerina na alimentação animal evidenciaram que os valores energéticos do milho, trigo e da glicerina foram semelhantes (Groesbeck et al. 2008; Lammers et al. 2008b; Kerr et al. 2009). Da mesma forma, Zijlstra et al. (2009), utilizando leitões recém-desmamados, observaram que o valor de energia metabolizável para a glicerina semipurificada foi de 3.510 kcal/kg e a inclusão de até 8% nas dietas beneficiou estes animais, que se encontram em estado de deficiência energética devido ao apetite limitado.

Em outros estudos, utilizando frangos de corte de diferentes idades, Dozier et al. (2008) e Gianfelici (2009) determinaram os valores de energia metabolizável aparente corrigida para o nitrogênio (EMAn), da glicerina bruta e semipurificada, como sendo 3.621 kcal/kg e 3.276 kcal/kg, respectivamente, com um coeficiente de metabolização de 84,82% para a glicerina semipurificada.

Berenchtein et al. (2010), em estudos com suínos em crescimento e terminação, descreveram que a glicerina pode ser incluída em até 9% em rações para animais, sem prejudicar o desempenho, as características da carcaça e a qualidade da carne.

Por outro lado, na qualidade da carne suína, tradicionalmente se refere à medição de pH muscular, cor, textura, marmoreio, teor de gordura, vida útil e palatabilidade da carne cozida. Quando o sangue é perdido durante a sangria, a disponibilidade de

oxigênio para os músculos é eliminada, deslocando o metabolismo muscular de aeróbico para anaeróbico o qual conduz a um acúmulo de ácido láctico, declínio do pH muscular de aproximadamente 7,1 a um 5,4; podendo ter três pontos básicos para a avaliação da qualidade da carne associados ao declínio do pH: firme, escuro e seco (DFD); macio, vermelho e essudativa (RSE), pálida, mole e essudativa (PSE) esta ligada à presença do gene Halotano, que, com os fatores do abate (jejum, transporte entre outros) para o animal, pode determinar uma liberação mais rápida de cálcio depois da sangria, e esta pode determinar que a carne possua baixa retenção de água e palidez, ocasionando uma maior perda de peso, portanto um menor rendimento para a industrialização (Sarcinelli et al., 2007).

Citação bibliográfica

- ABIEPCS. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PRODUTORA E EXPORTADORA DE CARNE SUÍNA. **Estatística de produção**. Disponível em: <<http://www.abiepcs.org.br/pt/estatisticas/mundial/producao-2.html>> Acesso em 15/12/2011.
- ANP – Agência Nacional de Petróleo. Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Disponível em: <http://www.anp.gov.br>. 2010
- ANVISA. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução nº 386, de 5 de agosto de 1999**. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/386_99.htm.
- BERENCHTEIN, B.; COSTA, L.B.; BRAZ, D.B. et al. Utilização de glicerol na dieta de suínos em crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.7, p.1491-1496, 2010.
- BONNARDEAUX, J. **Glycerin Overview**. Report for the department of Agriculture and Food. Government o Western Australia, 2006.
- CAMPOS, A. **O Futuro da Indústria: Biodiesel. In: Biodiesel e agricultura familiar no Brasil:resultados socioeconômicos e expectativa futura**. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, Brasília, 2006. 145p
- CARVALHO, P.L.O. **Glicerina bruta na alimentação de suínos**. 109f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá. 2011
- CHUN-HUI, Clayton Z.; BELTRAMINI, Jorge N.; FAN, Yong-Xian; LU, Max G. Q. Chemoselective Catalytic Conversion of Glycerol as a Biorenewable Source to Valuable Commodity Chemicals. **Chemical Society Reviews**, n. 37, p. 527-549. 2008.
- CORREA, S.L.; MACHADO, A.S; Utilizacao de agente complexante na purificação da glicerina, Tecnologia em Processos, SENAI, 2010.
- CUBAS, L.J.; FERREIRA, F.A; DELFINO, D.L; et al. Neutralização da glicerina bruta obtida pela transesterificacao dos óleos. Expominas, outubro 2010.
- DONKIN, S.S. Glycerol from Biodiesel Production: The New Corn for Dairy Cattle **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, suplemento especial p.280-286, 2008
- DOZIER III, 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, 2008.
- DOPPENBERG, J.;VAN DER AAR, P.J. Biofuels: Implications for the feed industry. **Wageningen Academic Publishers**, p. 73–88, 2007.
- EBB - EUROPEAN BIODIESEL BOARD. **Statistics the EU biodiesel industry**. Disponível em: <http://www.ebb-eu.org/stats.php>. Acesso em 18/12/2011.
- EUVG – ESCOLA UNIVERSITARIA VASCO DA GAMA. Nutrição Animal, Minerais (Macro e Micro) 2010.
- FAIRBANKS, M; Glicerina. **Revista Química e Derivados**, n.487, 2009.
- FDA US Food and Drug Administration.[2010]. **Food additives permitted in feed and drinking water of animals. Methyl esters of higher fatty acids**. Disponível em: <http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfCFR/CFRSearch.cfm?fr=172.225&SearchTerm=fatty%20acids>.

- FERNANDO, Sandun; ADHIKARI, Sushil; KOTA, Kiran; BANDI, Ranjitha. Glycerol Based Automotive Fuels From Future Biorefineries. **Fuel**, Mississippi, v. 86, Dez. 2007, p. 2806 -2809
- FERRARY, R.A; OLIVEIRA, V.S; SCABIO, A. Biodiesel de soja: taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em gerador de energia. **Química Nova**, São Paulo, v.28, n. 1, p. 19-23, 2005.
- FERREIRA, Marcionila de Oliveira. **Purificação da glicerina bruta obtida a partir da transesterificação do óleo de algodão**. 2009. 127f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009.
- FERRERO, A.J.; ROSA, I.M.; VENECIANO, E. Proceso de purificacion de la glicerina obtenida del biodiesel a pequeña escala. Centro de Investigacion em Tecnologia Lactocarnica, Villa Maria, Cordoba, 2010.
- GIANFELICI, M.F. **Uso de glicerol como fonte de energia para frangos de corte**. 120f. Dissertação. (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal do Rio grande do Sul, Porto Alegre. 2009.
- GROESBECK, C. N.; MCKINNEY, L. J.; DEROUCHÉY, J. M. et al. Effect of crude glycerol on pellet mill production and nursery pig growth performance. **Journal of Animal Science**. v.86, p.2228-2236, 2008.
- KATO, T.; HAYASHI, Y.; INOUE, K.; YUASA, H.; Glycerol Absorption by Na-Dependent Carrier-Mediated Transport in the Closed Loop of the Rat Small Intestine. **Biological & Pharmaceutical Bulletin**. v.28, n.3, p.553-555, 2005.
- 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**. v.87, p.4042-4049, 2009.
- KIJORA, C., BERGNER, H.; KUPSCH, R.-D. et al. Glycerol as feed component in diets of fattening pigs. **Archives of Animal Nutrition**. n.47, p.345-360, 1995.
- LAMMERS, P.J.; KERR, B.J.; WEBER, T.E. et al. Growth performance, carcass characteristics, meat quality, and tissue histology of growing pigs fed crude glycerin-supplemented diets. **Journal of Animal Science**, v.86, p.2962-2970, 2008a.
- LAMMERS, P. J.; KERR, B. J.; HONEYRNAN, M. S. et al. Nitrogen-corrected apparent metabolizable energy value of crude glycerol for laying hens. **Poultry Science**, v.87, p.104-107, 2008b.
- LAMMERS, P.J.; KERR, B.J.; WEBER, T.E.; et al. Digestible and metabolizable energy of crude glycerol for growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.86, p.602-608, 2008c.
- LEITE, D.O.; BRAGA, S.V. **Esterificacao e transesterificacao: caracteristicas dessas reações**. Universidade Federal de Bahia-ICADS-Barreiras. Especial Pedagogia & Comunicação, 2011.
- LIN, E.C.C. Glycerol utilization and its regulation in mammals. **Annual Review Biochemistry**, v.46, p.765-795, 1977.
- LOFRANO, R.C.Z. Uma revisão sobre biodiesel. **Revista Científica do UNIFAE**, v.2, n.2, 2008.
- MAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Ministério da agricultura autoriza novo uso da glicerina. Disponível em: http://www.sindiracoes.org.br/index.php?option=com_content&task=view&id=972&Itemid=1.
- MERCK INDEX - Susan Budavari, Maryadele J.O'Neil, Ann Simith, Patrícia E Heckelman. 11a edição Merck Sharp & Dohme Research Laboratories. Rahway, New Jersey. 2000. p. 705.

- MOUROT, J.; AUMAITRE, A.; MOUNIER, A.; PEINIAU, P.; FRANCOIS, A C. Nutricional and physiological effects of dietary glycerol in the growing pig. Consequences on fatty tissues and post mortem muscular parameters. *Livestock Production Science*, Gilles, v.38,1994.
- NATURAL RESOURCES CANADA. [2005] **Biodiesel: GHG Emissions Using Ghgenius an Update**. Disponível: <www.nrcan.gc.ca>. Acesso em: 25/01/2012
- NELSON, D.L.; COX, M.M. *Lehninger principles of biochemistry*, 3rd Ed. New York: Worth, 2000.
- OOI, T.L.; YONG, K.C.; HAZIMAH, A.H.; DZULKEFLY, K.; WAN YUNUS, W.M.Z. Glycerol residue- A rich source of glycerol medium chain fatty acids. **Journal of Oleo Science**, v.53, n.1, p.29-33, 2004.
- POLO NACIONAL DE BIOCOMBUSTÍVEIS ESALQ/USP. **Biombustíveis**. Disponível em: <http://www.polobio.esalq.usp.br/biocombustiveis.html/>.
- ROBERGS, R.A.; GRIFFIN. S.E. Glycerol: biochemistry, pharmacokinetics and clinical and practical applications. **Sports.Med.** n.26, p.145-167, 1998.
- SALVADOR, A. F.; MACHADO, A.S; SANTOS, E.P; Purificação da glicerina bruta vegetal, Artigo. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em <http://www.biodiesel.gov.br/docs/congress2006/co-products/purificacao4.pdf>.
- SARCINELLI, M.F.; VENTURINI, K.S.; SILVA, C.L. **Características de Carne Suína**. Universidade Federal do Espírito Santo, 2007.
- SBRT- Serviço Brasileiro de Resposta Técnicas. **Purificação e uso de glicerina em nutrição animal**. Disponível em: <http://www.sbirt.ibict.br>. Acesso em: 12/12/2011.
- THOMPSON, J.C.; HE, B.B. Characterization of crude glycerol from biodiesel production from multiple feedstocks. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 22, p.261–265, 2006.
- TOEWS, C.J. Evidence for metabolism of glycerol by skeletal muscle and the presence of a muscle nicotinamide-adenine dinucleotide phosphate-dependent glycerol deshydrogenase. *Journal of Biochemistry*, Oxford, v.98, 1996.
- WALDROUP, P.W. [2007]. **Glycerine and ddgs: biofuel by-products for broilers**. In: 15th Annual ASAIM Southeast Asian Feed Technology and Nutrition Workshop, Disponível em: <http://www.asasea.com/index.php?language=en&screenname>.
- WIRTHENSOHN G, VANDEWALLET A. AND GUDER W.G Renal glycerol metabolism and the distribution of glycerol kinase in rabbit Nephron *Biochem J* 1981, 198, 543-549.
- XAVIER, D.; VALANCA, M. B.; PASCOAL, E.; MEDEIROS, N.; LUCENA, S.; Nova aplicação da glicerina a partir do biodiesel. Artigo, Pernambuco, 2007. Disponível em : http://www.biodiesel.gov.br/rede_arquivos/coprodutosII.htm
- ZIJLSTRA, R. T.; MENJIVAR, K.; LAWRENCE, E.; BELTRANENA, E. The effect of feeding crude glycerol on growth performance and nutrient digestibility in weaned pigs. **Canadian Journal of Animal Science**. v.89, n.1,p.85-89, 2009.

OBJETIVOS GERAIS

A) Avaliar a composição nutricional (química, energética) e digestibilidade da glicerina semi purificada neutralizada.

B) Avaliar a utilização da glicerina semipurificada neutralizada (GSPN) na alimentação de suínos e seus efeitos sobre desempenho, parâmetros bioquímicos de sangue, qualidade da carcaça e da carne suína.

C) Identificar quais são os níveis máximos de inclusão da glicerina semipurificada neutralizada nas rações dos suínos (15 a 90 kg), e verificar a viabilidade econômica de sua utilização.

Glicerina Semipurificada Neutralizada na Alimentação de Leitões na Fase Inicial (15-30 kg).

RESUMO – Foram conduzidos dois experimentos com o objetivo de determinar o valor nutricional da glicerina semipurificada neutralizada (GSPN) e avaliar o desempenho e as variáveis plasmáticas de leitões na fase inicial com a inclusão da GSPN nas rações. Experimento I: foi conduzido um ensaio de digestibilidade com 30 (24 para as rações testes e 6 para a ração referência) suínos mestiços ($42,91 \pm 1,58$ kg), distribuídos em delineamento experimental de blocos inteiramente casualizados. Os níveis de substituição da ração referência pela glicerina foram 4, 8, 12 e 16%. A unidade experimental consistiu de um suíno, totalizando seis unidades experimentais por tratamento. Os valores de energia digestível (ED) e metabolizável (EM) das gliceras foram estimados pela análise de regressão do consumo de ED e EM (kcal/kg) associada com a glicerina vs. consumo de glicerina (kg). Os valores de ED e EM (kcal/kg), na matéria natural obtidos foram de: 3.298 e 2.531 kcal/kg respectivamente. Experimento II: foram utilizados 100 leitões ($15,14 \pm 0,06$ a $30,28 \pm 0,65$ kg), distribuídos em delineamento de blocos casualizados, com quatro níveis de inclusão (3,5; 7,0; 10,5 e 14%), dez repetições e dois leitões por unidade experimental. Adicionalmente, foi formulada uma ração testemunha, não contendo glicerina (0%). Os resultados de desempenho sugerem que é viável a utilização em até 14 %, na ração de leitões na fase inicial, sem prejuízos no desempenho e variáveis plasmáticas, no entanto, resultou um aumento de 2,9% no custo da alimentação.

Palavras-chave: biodiesel, digestibilidade, glicerina.

Neutralized Semi-purified Glycerin in piglets feeding in the Initial Phase (15 – 30kg)

ABSTRACT - Two experiments were carried out to determine the nutritional value of neutralized semi-purified glycerin (NSPG) and performance and plasmatic variables of piglets in the initial phase fed on NSPG. In Experiment I, a digestibility trial was carried using 30 crossbred pigs (24 for test diets and 6 for reference diets), with initial weight (42.91 ± 1.58 kg), allotted in a completely randomized block design. The inclusion levels of glycerin on basal diet consisted of 4, 8, 12 and 16%. The experimental unit (EU) consisted of a pig, with a total of six EU per diets. The values for digestible energy (DE) and metabolizable energy (ME) of glycerin were estimated by regression analysis of the DE and ME (kcal/kg) intake associated with glycerin vs. glycerin intake (kg). The values of DE and ME (kcal/kg) obtained in the natural matter were: 3.298 and 2.531, respectively. The results indicate that this type of glycerin is an energy source for swine feeding. In Experiment II, 100 piglets (15.14 ± 0.06 a 30.28 ± 0.65), were allotted in a randomized block design with four levels inclusion (3.5, 7.0, 10.5 and 14 %) of NSPG, with ten replicates and two piglets per experimental unit. Additionally, a control diet (CD) was formulated, without glycerin (0%). The performance results show that it is feasible to use up to 14% of NSPG in piglets feeding in the initial phase without impairing performance and plasmatic variables, although it may provide an increase of about 2.9% in the diet cost.

Key Words: biodiesel, digestibility, glycerin

Introdução

Dentre os biocombustíveis, destaca-se o biodiesel, sendo este biodegradável e derivado de fontes renováveis, que pode ser obtido por meio do processo de transesterificação de gorduras animais ou de óleos vegetais.

Segundo a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP, 2011), o Brasil está entre os maiores consumidores e produtores de biodiesel do mundo, com uma produção anual, em 2009, de 1,6 bilhões de litros e uma capacidade instalada de 5,8 bilhões de litros para 2011. Atualmente, esta produção tem preferência pela rota metílica e a soja representa 85% da matéria-prima, sendo o restante obtido principalmente de gorduras animais.

Neste contexto, destaca-se a glicerina como principal coproduto da produção de biodiesel, sendo que aproximadamente 10% do volume total de biodiesel produzido correspondem à glicerina (FDA, 2010).

Este coproduto, segundo Carvalho et al. (2011), pode ser distribuído ou semipurificado e neutralizado na forma “Loira” (baixo conteúdo de ácidos graxos) ou sem purificação na forma bruta (alto conteúdo de ácidos graxos). Desta forma, é proposta sua utilização como uma fonte de alto potencial energético na alimentação de suínos, no entanto, é necessário determinar seu real valor nutricional (Thompson & He, 2006).

Por outro lado os processos de acidificação (HCl) utilizados para a purificação da glicerina, e a neutralização básica (NaOH), objetivando corrigir o pH, podem alterar sua composição, obtendo uma glicerina com cerca de 85% de glicerol, com reduzidos teores de metanol e aumento de NaCl e K (Ferrero et al., 2010).

A glicerina semipurificada apresenta em média, 86,95% de glicerol, 9,63% de umidade, 0,41% de proteína bruta; 0,12% gordura bruta; 3,2% de cinzas e 3 a 7 % de sal

(1,26% de sódio, 1,86% de cloro) e menos que 0,25% de potássio. O valor de energia bruta varia de 3200 a 3760 kcal/kg, dependendo da sua pureza e origem (Lammers et al., 2008; Hasen et al., 2009; Carvalho, 2011 e Piano, 2012). Avaliando leitões recém-desmamados Zijlstra et al. (2009), encontraram valor de EM para a glicerina semipurificada de 3.510 kcal/kg.

Trabalhando com leitões de 21 dias (7,9 kg), Lammers et al. (2007) observaram que a glicerina bruta pode ser utilizada em até 10% nas rações sem prejudicar o desempenho. Groesbeck et al. (2008) relatam que a inclusão de até 6% de glicerina na alimentação leitões (11 a 27 kg) propicia melhora na qualidade de *pelletes*, mas não exerce efeito sobre o desempenho dos leitões.

Assim, este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar o valor nutricional e os efeitos da inclusão da GSPN sobre o desempenho de leitões na fase inicial (15-30 kg) e verificar sua viabilidade econômica.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no Setor de Suinocultura da Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Maringá (CCA/UEM), localizada no Estado do Paraná (23°25'S, 51°57'O, a altitude de 550 m).

Foi estudada uma glicerina semipurificada neutralizada (GSPN), obtida junto a uma indústria produtora de biocombustíveis, no Estado do Paraná.

Para determinação da composição química e energética (Tabela 1) da GSPN, foram realizadas as análises de teor de umidade (Karl Fisher), glicerol total, metanol, densidade no Instituto de Tecnologia do Paraná - TECPAR. Os valores de pH, proteína bruta, minerais, energia bruta (Calorímetro adiabático - Parr Instrument Co.) e cloreto de sódio foram obtidos no Laboratório de Análise de Alimentos e Nutrição Animal da

Tabela 1- Composição nutricional (química e energética) da glicerina semipurificada neutralizada

Nutrientes	Glicerina Semipurificada Neutralizada
Umidade, %	11,89
Glicerol, %	80,20
Proteína bruta, %	0,90
Energia bruta, kcal/kg	3.535
MONG ¹ , %	1,73
Lipídios totais (g/100g)	< 0,1
Ácido graxo saturado %	22,7
Monoinsaturado %	31,3
Poliinsaturado %	43,7
Ômega 3	6,5
Ômega 6	37,2
Metanol, %	0,01
Cinzas, %	6,18
Cloreto de Sódio, %	5,86
Cálcio, ppm	92,18
Fósforo, ppm	158,52
Potássio, %	0,42
Sódio, %	3,52
Cloreto, %	2,34
Magnésio, ppm	45,13
Cobre, ppm	0,242
Cromo, ppm	0,637
Ferro, ppm	23,72
Zinco, ppm	0,39
Manganês, ppm	0,802
Alumínio, ppm	30,65
Cobalto, ppm	0,832
Molibdênio, ppm	0,164
Chumbo, ppm	0,984
Ph	6,70
Densidade, kg/m ³	1,270
Índice de acidez (mg KOH/g)	0,2

¹MONG: Matéria orgânica não-glicerol, calculada pela fórmula $100 - (\% \text{ Glicerol} + \% \text{ umidade} + \% \text{ cinzas})$.

Universidade Estadual de Maringá (LANA), segundo os procedimentos descritos por Silva & Queiroz (2002). O teor de lipídeos totais, o perfil de ácidos graxos e índice de acidez foram analisados pelo Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL). A matéria orgânica não-glicerol (MONG) foi calculada segundo a equação indicada por Hansen et al. (2009) em que $MONG = 100 - (\% \text{ glicerol} + \% \text{ umidade} + \% \text{ cinzas})$.

Experimento I – Ensaio de digestibilidade

Foi conduzido um ensaio de digestibilidade, utilizando 30 suínos mestiços de linhagem comercial, machos castrados, com $42,91 \pm 1,58$ kg de peso vivo inicial.

Os suínos foram alojados, individualmente, em gaiolas de metabolismo semelhantes às descritas por Pekas (1968), em sala de metabolismo com ambiente controlado. As temperaturas ambientes médias apresentaram mínima de $20,4 \pm 1,6^\circ\text{C}$ e máxima de $21,6 \pm 1,4^\circ\text{C}$.

A ração referência foi composta por milho (72,97%), farelo de soja (24,45%), sal comum (0,57%), calcário (0,63%), fosfato bicálcico (0,87%) e suplemento vitamínico mineral (0,50%) formulada para atender às exigências propostas por Rostagno et al. (2005).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos inteiramente casualizados. Os níveis de substituição da ração referência pela glicerina foram 4, 8, 12 e 16%, resultando em quatro rações testes, com seis unidades experimentais por tratamento.

O fornecimento das dietas, coleta de fezes e urina foi feito de acordo com o descrito por Sakomura & Rostagno (2007). No período de coleta, o fornecimento de ração foi calculado com base no peso metabólico ($\text{kg}^{0,75}$) de cada suíno e no consumo médio registrado no período de adaptação. Os arraçoamentos foram realizados às 08h30min e às 14h.

As duas refeições foram divididas em 55% do total na manhã e 45% à tarde (proporção obtida tendo como base os consumos entre manhã e tarde do período de adaptação). As rações foram umedecidas com, aproximadamente, 20% de água com o objetivo de evitar desperdícios, reduzir a pulverulência e melhorar a aceitabilidade da ração pelo suíno. Após cada refeição, a água foi fornecida no próprio comedouro na proporção de 3 mL de água/g de ração, para evitar excesso de consumo de água e comprometer o consumo da ração.

Com o objetivo de marcar o início e final do período de coleta total de fezes, foi utilizado 3% de óxido de ferro (Fe_3O_2) como marcador fecal. As fezes foram coletadas uma vez ao dia, acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em freezer (-18°C). Posteriormente, o material foi homogeneizado e seco (aproximadamente 350 g) em estufa de ventilação forçada (55°C) e moída em moinho tipo faca (peneira de 1 mm). A urina foi coletada em baldes de plástico, contendo 20 mL de HCl 1:1 para evitar a proliferação bacteriana e possíveis perdas por volatilização.

Os coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS), da matéria orgânica (CDMO), da energia bruta (CDEB) e o coeficiente de metabolização da energia bruta (CMEB) da glicerina foram calculados, conforme Matterson (1965). Os valores de energia digestível (ED) e metabolizável (EM) foram estimados pela análise de regressão (Adeola & Ileleji, 2009) da ED e EM consumida (kcal/kg) associada com a glicerina vs. consumo de glicerina (kg), referente a 30 suínos no período de 5 dias.

Experimento II – Desempenho de leitões na fase inicial (15-30 kg)

O experimento foi realizado no período de abril a julho de 2011. Foram utilizados 100 leitões mestiços de linhagem comercial, 50 machos castrados e 50 fêmeas, com peso vivo inicial de $15,14 \pm 0,06$ e final de $30,28 \pm 0,65$ kg.

As rações, à base de milho e farelo de soja (Tabela 2), foram formuladas para atenderem ao recomendado por Rostagno et al. (2011).

Na formulação das rações, utilizou-se a composição química e energética da GSPN obtida no ensaio de digestibilidade (Tabela 1). Para os demais ingredientes, como milho e farelo de soja, foram determinados os valores de proteína bruta, fósforo e cálcio.

Os animais foram distribuídos em um delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro níveis de inclusão (3,5; 7,0; 10,5 e 14%), com dez repetições e dois leitões por unidade experimental. Adicionalmente, foi formulada uma ração testemunha (RT), contendo 0% glicerina.

Os leitões foram pesados no início e no final do experimento, bem como o consumo total de ração foi computado, com o que se calculou o consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e a conversão alimentar (CA) de cada unidade experimental.

Os leitões ficaram em jejum alimentar de até 8 horas para as colheitas de sangue, no início (baseline) e no final (21° dia) do período experimental. Estas amostras foram colhidas via veia cava cranial e transferidas para tubos com heparina para análise de colesterol e triglicérides. Para determinação da glicose plasmática, foram utilizados tubos contendo Fluoreto de Sódio + Oxalato de Potássio.

As amostras sanguíneas foram centrifugadas (3.000 rpm por 15 min) para obtenção do plasma. Em seguida, 3mL de plasma (em duplicata) foram transferidos para tubos tipo “ependorf” que foram devidamente identificados e armazenados em freezer (-18°C), para posteriores análises.

Tabela 2- Composição centesimal, química, energética e custos das rações, contendo diferentes níveis de inclusão da glicerina semipurificada neutralizada (GSPN), para suínos na fase inicial (15-30 kg)

Itens, %	Níveis de inclusão da GSPN, %				
	0,0	3,5	7,0	10,5	14,0
Milho	67,96	63,91	59,86	55,51	51,09
Glicerina neutralizada	----	3,50	7,00	10,50	14,00
Farelo de soja	27,55	27,89	28,22	28,58	28,94
Óleo de soja	0,883	1,294	1,705	2,222	2,767
Calcário	0,781	0,778	0,774	0,770	0,767
Fosfato bicálcico	1,413	1,419	1,425	1,432	1,439
Sal comum	0,451	0,247	0,044	0,000	0,000
Suplemento vitamínico+mineral ¹	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Leucomag ²	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
L-Lisina HCL	0,299	0,296	0,294	0,292	0,290
DL-Metionina	0,083	0,091	0,098	0,105	0,113
L-Treonina	0,071	0,076	0,081	0,086	0,091
Valores calculados ³					
Energia Metabolizável ³ , Kcal/kg	3,230	3,230	3,230	3,230	3,230
Proteína bruta ³ , %	17,48	17,34	17,20	17,05	16,90
Cálcio ³ , %	0,738	0,738	0,738	0,738	0,738
Fósforo disponível ³ , %	0,365	0,365	0,365	0,365	0,365
Lisina digestível ³ , %	1,029	1,029	1,029	1,029	1,029
Metionina + Cistina digestível ³ , %	0,576	0,576	0,576	0,576	0,576
Treonina digestível ³ , %	0,648	0,648	0,648	0,648	0,648
Sódio %	0,198	0,198	0,198	0,262	0,342
Glicerol ³ , %	-----	2,807	5,614	8,421	11,228
Custo ³ , R\$/kg	0,648	0,650	0,651	0,653	0,657

¹Suplemento vitamínico e mineral para suínos na fase inicial; ²Lincomicina; ³Calculados com base na composição dos alimentos indicados por Rostagno et al. (2011) e/ou ficou estimados;

Para as análises de colesterol, glicose e triglicerídeos, foi utilizado o kit da Gold Analisa Diagnóstica Ltda. Os resultados de baseline obtidos no início do experimento foram utilizados como covariável para análises estatísticas.

Para avaliar a viabilidade econômica da GSPN, foram estabelecidos os preços das matérias-primas no mercado e calculado o custo da ração por quilograma de peso vivo ganho segundo Bellaver et al. (1985) conforme descrito abaixo:

Y_i (R\$/kg) = $Q_i \times P_i / G_i$, em que: Y_i = custo da ração por kg de peso vivo ganho no i -enésimo tratamento; Q_i = quantidade de ração consumida no i -enésimo tratamento; P_i = preço por kg da ração utilizada no i -enésimo tratamento; G_i = ganho de peso do i -enésimo tratamento;

Foi calculado também o Índice de Eficiência Econômica (IEE) e o Índice de Custo (IC), segundo metodologia proposta por Gomes et al. (1991). $IEE (\%) = M_{Ce} / C_{Tei} \times 100$ e $IC (\%) = C_{Tei} / M_{Ce} \times 100$ em que: M_{Ce} = menor custo da ração por kg ganho observado entre os tratamentos; C_{Tei} = custo do tratamento i considerado.

Foram utilizados os preços dos insumos da região de Maringá-PR para calcular os custos das rações experimentais: milho grão R\$ 0,47/kg, farelo de soja R\$ 0,70/kg, óleo de soja R\$ 1,98/kg e glicerina (GSPN) R\$ 0,25/kg (preços do 16/02/2012).

Os resultados foram submetidos à análise de variância, adotando-se o seguinte modelo estatístico: $Y_{ijkm} = \mu + B_i + S_j + N_k + e_{ijkm}$, em que Y_{ijkm} = observação do animal m , dentro do bloco i , nível de inclusão k ; μ = constante associada a todas as observações; B_i = efeito do bloco, sendo $i = 1, 2, \dots, 10$; S_j = efeito de sexo j (1=fêmea 2=macho); N_k = efeito dos níveis de GSPN, sendo $k = 3,5; 7,0; 10,5$ e 14% ; e e_{ijkm} = erro aleatório associado à observação.

Os graus de liberdade referentes aos níveis de inclusão da GSPN foram desdobrados em polinômios ortogonais, para obtenção das equações de regressão.

As análises estatísticas foram efetuadas utilizando o pacote estatístico SAEG (UFV, 2000). No experimento de desempenho, o peso inicial dos leitões foi utilizado como covariável.

Na viabilidade econômica, foi aplicado o teste Dunnett (Sampaio, 1998), para a comparação do custo da ração testemunha (0% de glicerina) com cada um dos níveis de inclusão da GSPN.

Resultados e Discussão

Os resultados analisados concernentes à composição energética, química da GSPN (Tabela 1) são similares aos com resultados citados por Zavarize et al, (2010) para os teores de glicerol (80,1%), metanol (0,02%), cloreto de sódio (5,76%), umidade (11,6%), em estudos de glicerinas provenientes de diversas matérias-primas e de diferentes regiões. O teor de metanol da GSPN enquadra-se nas recomendações de 150 ppm (FDA, 2010), entretanto, o teor de cinzas foi superior aos apresentados por Piano (2012), trabalhando com a glicerina semipurificada mista e vegetal, sendo que estas diferenças podem ser resultado as diferentes matérias-primas e os catalisadores usados na indústria para sua neutralização (Gott, 2009).

O teor de ácidos graxos totais foi inferior aos encontrados por Kerr et al., (2009), para glicerina proveniente da gordura de aves. No entanto, os resultados foram semelhantes aos obtidos por Kovacs (2011), que encontrou 5,2% de NaCl, 0,05% de lipídeos totais e 5,4% de cinzas. A composição da GSPN estudada neste trabalho é distinta das glicerinas de outras pesquisas o que pode ocasionar uma resposta diferente pelos animais.

Em sua pesquisa, Lammers et al., (2007) alertaram que a concentração de metanol, cloreto de sódio ou potássio da glicerina deve ser monitorada para evitar quantidades excessivas destes compostos nas dietas dos suínos. Além disso, Hasen et al.

(2009) afirmaram que o uso da glicerina na alimentação animal dependerá da matéria-prima que é utilizada no processamento. Desta forma, recomenda-se uma análise de sua composição antes de ser formulada a dieta. No entanto, a neutralização e purificação fazem da glicerina um produto com melhor qualidade e com um pH mais neutro, sendo de interesse no mercado, embora o custo desta pode aumentar.

Experimento I – Ensaio de Digestibilidade

Os coeficientes de digestibilidade (MS e EB) e metabolização, assim como nutrientes digestíveis (Tabela 3) da GSPN, evidenciaram que este coproduto é boa fonte energética para alimentação de suínos de 42,91 kg, evidenciando que tem níveis médios de aproveitamento com 2.531 kcal/kg de EM e só um 0,77 EM:ED, o que pode ser causado pela quantidade de resíduos dos catalisadores na glicerina, diminuindo CM nos suínos com a comparação de outras pesquisas.

Tabela 3- Coeficientes de digestibilidade aparente (CD), coeficiente de metabolização (CM) e valores digestíveis da glicerina semipurificada neutralizada (GSPN), estudados com suínos

Coeficientes, %	GSPN
CD da Matéria seca	84,82
CD da Energia bruta	93,29
CM da Energia bruta	71,60
Nutrientes digestíveis	MN ¹
Matéria seca digestível, %	74,73
Energia digestível, kcal/kg	3298
Energia metabolizável, kcal/kg	2531
EM: ED	0,77

¹ Matéria natural;

Os valores de EM da GSPN foram semelhantes aos relatados por Piano (2012), em estudos com suínos em crescimento e terminação alimentados com glicerina semipurificada mista, o qual relatou 2, 210 kcal/kg de EM e relação EM:ED de 0,72.

Trabalhando com glicerina oriunda do óleo de soja+gordura e óleo de fritura Lammers et al. (2008) determinaram o valor energético das glicerinas com (86,95% glicerol) e obtiveram valores de 3,344 kcal/kg ED, sendo estes valores semelhantes aos obtidos no presente trabalho (Tabela 3), no entanto, para EM, obtiveram 3,207 kcal/kg que foram maiores aos obtidos com a GSPN nesta pesquisa.

Em outros estudos, Bartelt & Schneider (2002), trabalhando com glicerina semipurificada para suínos na fase de crescimento, com inclusão de 5, 10 e 15%, obtiveram 4.180; 3.439; e 2.256 kcal/kg EM, respectivamente, sendo o valor obtido para o nível de 15% de inclusão, similar ao da GSPN aqui estudada. No entanto Kerr et al. (2009), trabalhando com glicerina bruta utilizando suínos na fase de terminação, obtiveram valores superiores (3.772 kcal/kg de ED) aos obtidos no presente trabalho (Tabela 3).

A relação EM: ED no uso da glicerina semipurificada (Lammers et al., 2008 e Kerr et al., 2009) e glicerina bruta (Carvalho, 2011), foram superiores aos obtidos neste trabalho. No entanto, relatados por Piano (2012), em suínos na fase inicial com uma relação de 0,89 EM: ED para glicerina semipurificada vegetal (GSPV) e 0,91 glicerina semipurificada mista (GSPM), o autor destaca que a GSPV tem teores de ácidos graxos maiores que a GSPM, o que proporcionou um valor energético mais alto.

Para os valores da EM da GSPN, que foram estimados pela análise de regressão (Adeola & Ileleji, 2009), foi obtido 2.531 kcal/kg de EM (Figura 6). Esta relação linear mostra que, na medida em que se aumentou o nível de inclusão da GSPN na dieta dos suínos, maior foi o consumo de glicerina, da mesma forma em que se acrescentou o nível de energia metabolizável ingerida.

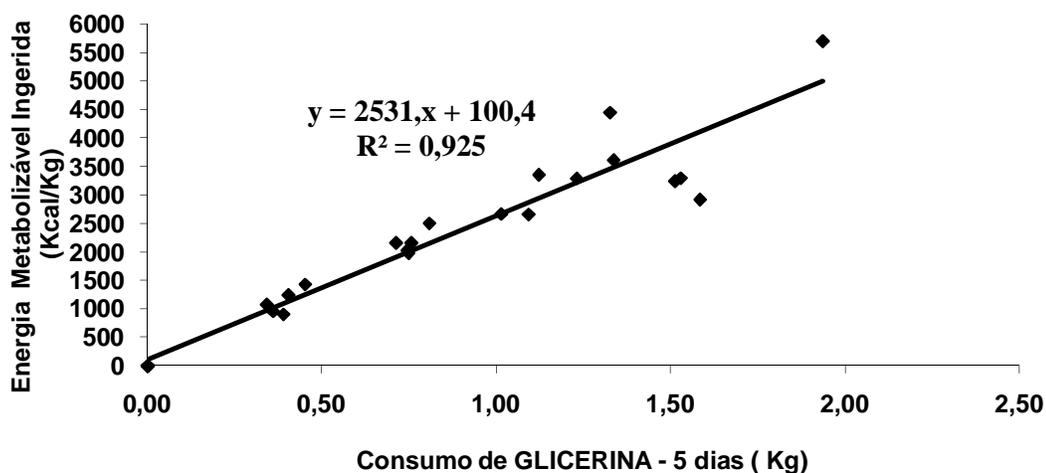


Figura 5- Equação de regressão da EM da glicerina semipurificada neutralizada (GSPN), obtido a partir da energia metabolizável (kcal/kg) ingerida vs. o consumo de GSPN (kg), por 30 suínos no período de 5 dias.

Por outro lado Mendoza et al. (2010) advertem que no metabolismo da glicerina há aumento na excreção da energia na urina, o que pode ocasionar uma limitação do uso da glicerina. No entanto, Piano (2012) afirma que o metabolismo da energia da glicerina pode ter sido interferido pelos resíduos dos catalisadores (Na^+ e K^+), evidenciado no incremento do consumo da água que naturalmente incrementará a produção da urina nos altos níveis de inclusão da GSPN.

Experimento II – Desempenho de suínos na fase inicial (15-30 kg)

A análise de regressão indica que não houve efeito ($P > 0,05$) dos níveis de inclusão da GSPN para as variáveis CDR, GDP e CA (Tabela 4). Estes valores mostram que esta glicerina pode ser utilizada para leitões (15-30 kg), sem prejudicar o desempenho, sendo dietas isoenergéticas. Lammers et al. (2008) afirmaram que a inclusão de até 10% da glicerina semipurificada não prejudicou o desempenho (CDR, GDP e CA) de leitões na fase inicial.

Trabalhando com leitões na fase inicial (15 a 30 kg) e utilizando quatro níveis de inclusão (3, 6, 9 e 12%) de glicerina semipurificada de origem vegetal e mista, Piano (2012) observou que a glicerina pode ser incluída em até 12% sem prejudicar

desempenho dos leitões. Entretanto Heugten et al. (2008) afirmaram que a inclusão de até 5% da glicerina bruta não causou prejuízo no desempenho de leitões.

Tabela 4 - Desempenho de leitões na fase inicial (15-30 kg), alimentados com rações contendo glicerina semipurificada neutralizada (GSPN)

Itens	Níveis de inclusão de GSPN (%)					Média \pm EP ¹	Lin ²	Quad ³
	0	3,5	7,0	10,5	14,0			
CDR ⁴	1,314	1,248	1,331	1,241	1,305	1,287 \pm 0,131	NS	NS
GDP ⁵	0,729	0,683	0,727	0,706	0,711	0,711 \pm 0,039	NS	NS
CA ⁶	1,81	1,83	1,83	1,77	1,84	1,82 \pm 0,021	NS	NS

¹ Erro padrão; ² Efeito linear dos níveis de GSPN; ³ Efeito quadrático dos níveis de GSPN; ⁴CDR = Consumo diário de ração; ⁵GDP = Ganho diário de peso; ⁶CA = Conversão alimentar, NS= não-significativo.

Por outro lado, Groesbeck et al. (2008) indicaram que a inclusão de até 12% de glicerina bruta em dietas para leitões contribui para o aumento linear do GDP e CDR, mas nenhuma diferença foi observada para a C.A.

Em estudo diferente, Schieck et al. (2010), trabalhando com fêmeas suínas na fase de lactação, mostraram que até 9% de inclusão de glicerina bruta (86,1% glicerol) não afetou o desempenho e reduziu o incremento calórico, contribuindo com o estresse térmico.

Os valores obtidos (Tabela 5) mostram que não houve efeito ($P>0,05$) dos níveis de inclusão da GSPN para a glicose, colesterol e triglicerídeos plasmáticos. Estes resultados estão indicando que houve uma metabolização do excesso de glicerol plasmático pela via gliconeogênese. De forma geral, sabe-se que o glicerol pode ser convertido em glicose através da gliconeogênese, ou oxidado, produzindo energia através da glicólise. Esta resposta dos leitões demonstrou que não houve a relação entre os níveis circulantes e a concentração de triglicerídeos no tecido hepático.

Tabela 5 - Níveis plasmáticos (mg/dL) de glicose, colesterol e triglicerídeos de leitões na fase inicial (15-30 kg), alimentados com rações contendo glicerina semipurificada neutralizada (GSPN)

Colheita	Níveis de inclusão da GSPN, %					Média \pm EP ¹	Lin ²	Quad ³
	0	3,5	7,0	10,5	14,0			
	Glicose							
Final	91,28	90,21	88,83	87,18	89,56	89,41 \pm 1,758	NS	NS
	Colesterol							
Baseline	39,09	36,18	36,98	40,32	38,98	38,31 \pm 0,750	NS	NS
Final	43,75	45,66	44,52	43,35	45,66	44,59 \pm 0,804	NS	NS
	Triglicerídeos							
Baseline	50,90	52,59	57,07	56,16	56,07	54,56 \pm 1,515	NS	NS
Final	69,63	66,45	70,38	70,32	67,18	68,79 \pm 2,154	NS	NS

¹ Erro padrão; ² Efeito linear; ³ Efeito quadrático; NS = não significativo

Da mesma forma, estudos de Hansen et al.(2009) não mostraram diferença na concentração de glicose em suínos (30 kg) alimentados com glicerina semipurificada com inclusão em até 16% na ração.

Resultados similares foram obtidos por Piano (2012), utilizando GSPV e GSPM, que não observou efeito sobre a concentração de glicose e triglicerídeos, entretanto, para os teores de colesterol, houve efeito quadrático para as duas glicerinas, sendo os níveis referentes à GSPV maiores que os da GSPM, com até 12% de inclusão na ração de suínos em crescimento. Mourot et al. (1994) afirmaram que a inclusão de 5% de glicerina bruta não afeta a concentração dos triglicerídeos. Resultados semelhantes foram obtidos por Christopher (2009), quando substituíram a lactose por glicerina na alimentação de leitões recém-desmamados.

A análise de viabilidade econômica (Tabela 6) mostrou que não houve alteração ($P>0,05$) do custo de ração (CR) por quilograma de peso vivo ganho com a inclusão de até 14% da GSPN. O teste de Dunnet indicou que não houve diferença entre os diferentes níveis de inclusão da GSPN, comparado com a ração testemunha (0%). Esta

resposta é dependente da relação dos preços entre as matérias-primas (milho, farelo de soja, óleo de soja e GSPN), sendo que estes valores são variáveis no mercado.

Tabela 6- Custo de ração (Cr\$/kg), custo em ração por quilograma de peso vivo ganho (CR), índice de eficiência econômica (IEE) e índice de custo (IC) de leitões na fase inicial (15-30 kg), alimentados com níveis crescentes de inclusão de glicerina semipurificada neutralizada (GSPN) nas rações

Itens	Níveis de inclusão da GSPN, %					CV ¹	Dun ²	Reg ³
	0,0	3,5	7,0	10,5	14,0			
Peso inicial, kg	15,17	15,08	15,17	15,15	15,13			
Peso final, kg	30,68	29,63	30,67	30,20	30,25			
Custo da ração	0,648	0,650	0,651	0,653	0,657	-	-	-
CR, R\$/kg PV ⁴	1,154	1,172	1,163	1,092	1,188	8,48	NS	NS
IEE	94,58	93,17	93,88	100,00	91,87	-	-	-
IC	100,00	101,51	100,74	94,58	102,95	-	-	-

¹- Coeficiente de variação; ²- Teste de Dunnett; * Valor diferente (P<0,05) em relação ao nível 0% de inclusão, NS= não-significativo, ³- Análise de regressão; ⁴- Custo da ração por kg de peso vivo ganho.

Conclusões

Os valores de energia digestível e metabolizável para a glicerina semipurificada neutralizada, para suínos na fase de crescimento (42,9 kg) são de 3.298 kcal/kg e 2.531 kcal/kg, na matéria natural, respectivamente. Os resultados sugerem que em rações de leitões (15-30 kg) é possível utilizar até 14% sem afetar o desempenho e variáveis plasmáticas. No entanto, pode proporcionar aumento em até 2,9% no custo das rações, dependendo da relação de preços dos ingredientes.

Referências

- ADEOLA, O.; ILELEJI, K. E.; Comparison of two diet types in the determination of metabolizable energy content of corn distillers dried grains with solubles for broiler chickens by the regression method. **Poultry Science**, v.88, p. 579-585, 2009.
- ANP – Agência Nacional de Petróleo. Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Biodiesel**. Disponível em: <http://www.anp.gov.br>. Acesso em 15/12/2011.
- BARTELT, J.; SCHNEIDER, D. **Investigation on the energy value of glycerol in the feeding of poultry and pig**. In: Union for the Promotion of Oilseeds- Schriften Heft 17. Union Zur Förderung Von Oel-Und Proteinplafalzen E.V., Berlin, Germany, p. 15-36, 2002.

- BELLAVER, C.; FIALHO, E.T.; PROTAS, J.F.S. et al. Radícula de malte na alimentação de suínos em crescimento e terminação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.20, n.8, p. 969-74, 1985.
- CARVALHO, P.L.O. Glicerina bruta na alimentação de suínos. 2011. 109f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- CHRISTOPHER, S.M. **Evaluation of the Nutritional Value of glycerol, a byproduct of biodiesel production, for swine**. 2009. 54f. (Master Animal Science). North Carolina State University, Raleigh, North Carolina.
- FDA US Food and Drug Administration.[2010]. **Food additives permitted in feed and drinking water of animals. Methyl esters of higher fatty acids**. Disponível em: <http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfCFR/CFRSearch.cfm?fr=172.225&SearchTerm=fatty%20acids>.
- FERRERO, A.J.; ROSA, I.M.; VENECIANO, E. **Proceso de purificacion de la glicerina obtenida del biodiesel a pequeña escala**. Centro de Investigacion em tecnologia Lactocarnica. Universidad Tecnologica Nacional/Facultad regional Villa Maria, 2010.
- GOMES, M.F.M.; BARBOSA, H.P.; FIALHO, E.T. et al. **Análise econômica da utilização de trigoilho para suínos**. Concórdia:EMBRAPA-CNPSA, p.1-2, 1991, (Comunicado Técnico, 179).
- GOTT, P. **Variation in the Chemical Composition of Crude Glycerin**. The Ohio State University. 2009. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1811/37082>. Acesso em: 5/01/2012.
- GROESBECK, C. N.; MCKINNEY, L. J.; DEROUCHÉY, J. M. et al. Effect of crude glycerol on pellet mill production and nursery pig growth performance. **Journal of Animal Science**. v.86, p.2228-2236, 2008.
- HANSEN, C. F.; HERNANDEZA, A.; MULLAN, B. P. et al. 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.
- HEUGTEN E.V.; ODLE J.; STARK CH.; SHIELDS M.; **Evaluation of the Nutritional value of glycerol, a byproduct of biodiesel production, for swine**. North Carolina pork council. Dept. of Animal Science, NCSU, 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 pigs. **Journal of Animal Science**. v.87, p.4042–4049, 2009.
- KOVACS, P. **The use of glycerol generated during the biodiesel production for feeding pig**. Thesis of doctoral (PhD) dissertation – University of West-Hungary (Faculty of agricultural and food sciences mosonmagyaróvár) Institute of Animal Sciences, 2011.
- LAMMERS, P.; HONEYMAN, M.; KERR, B.J.; WEBER, T. Growth and performance of nursery pigs fed crude glycerol. Ames: Iowa State University Animal Industry Report, 2007.
- LAMMERS, P.J.; KERR, B.J.; WEBER, T.E.; et al. Digestible and metabolizable energy of crude glycerol for growing pigs. **Journal of Animal Science**, v86, p.602-608, 2008.
- MATTERSON, L.D.; POTTER, L.M.; STUTZ, M.W. et al. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. Storrs, Connecticut University of Connecticut, Agricultural Experiment Station, **Research Report**, v. 7, n. 1, p. 11-14, 1965.

- MOUROT, J.; AUMAITRE, A.; MOUNIER, A. et al. 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, 1994.
- MENDOZA, O.F.; ELLIS, M.; MCKEITH, F.K. et al. Metabolizable energy content of refined glycerol and its effects on growth performance, and carcass and pork quality characteristics of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.30, 2010.
- PEKAS, J.C. Versatile swine laboratory apparatus for physiologic and metabolic studies. **Journal Animal Science**, v.27, n.5. p. 1303-1309, 1968.
- PIANO, L.M. Glicerina semipurificada na alimentação de suínos. 2012. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá. p. 90
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2.ed. Viçosa:UFV, 2005. 186p.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3.ed. Viçosa:UFV, 2011. 205p
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2007. 283p.
- SAMPAIO, I.B.M. **Estatística aplicada a experimentação animal**. Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais, p. 221, 1998.
- SCHIECK, S.; KERR, B. J.; BAIDOO S. K. et al. Use of crude glycerol, a biodiesel coproduct, in diets for lactating sows. **Journal Animal Science**, v. 88, p.2648-2010.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos - métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p.
- THOMPSON, J.C.; HE, B.B. **Characterization of crude glycerol from biodiesel production from multiple feedstocks**, Applied Engineering in Agriculture, Ames, v.22, 2006.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. 2000. SAEG- **Sistema de análises estatísticas e genéticas. Versão 7.2**. Viçosa: MG.
- ZAVARIZE, K. C. ; SARTORI, J R ; PELÍCIA, V. C. ; PEZZATO, A C ; ARAÚJO, C.A. ; STRADIOTTI, A.C; MADEIRA, L.Glicerina na alimentação de frangos de corte em diferentes fases de desenvolvimento. Arquivos de Zootecnia, v. 60, p. 913-920,2010. ; DivulgaçaoMedia: Digital;Website:<http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/az.htm>;
- ZIJLSTRA, R. T.; MENJIVAR, K.; LAWRENCE, E.; BELTRANENA, E. The effect of feeding crude glycerol on growth performance and nutrient digestibility in weaned pigs. **Canadian Journal of Animal Science**. v.89, n.1,p.85-89, 2009.

Glicerina Semipurificada Neutralizada na Alimentação de Suínos na Fase de Crescimento e Terminação (30-90 kg)

RESUMO – Foi conduzido um experimento com o objetivo de avaliar o desempenho, as variáveis plasmáticas e as características quantitativas da carcaça e qualitativas da carne de suínos em fase de crescimento e terminação, alimentados com rações contendo glicerina semipurificada neutralizada (GSPN). Foram utilizados 80 suínos na fase de crescimento ($30,31 \pm 0,47$ a $60,41 \pm 0,87$ kg) e de terminação ($60,45 \pm 0,46$ a $90,99 \pm 0,83$ kg), distribuídos em delineamento em blocos casualizados, sendo quatro níveis de inclusão (3,5; 7,0; 10,5 e 14%) de GSPN, com 16 repetições e um suíno por unidade experimental. Adicionalmente, foi formulada uma ração testemunha, não contendo glicerina (0%). Ao final da fase de terminação, todos os suínos foram abatidos, para avaliação das características quantitativas da carcaça e qualitativas da carne. A análise de regressão indica que não houve efeito ($P > 0,05$) da inclusão da GSPN sobre o desempenho, espessura de toucinho e profundidade de lombo nas fases de crescimento e terminação. Para as variáveis plasmáticas, apenas para a fase de terminação, houve efeito linear crescente sobre o colesterol e triglicérides. Entretanto, para as variáveis quantitativas da carcaça, houve efeito linear crescente ($P < 0,05$) para peso de carcaça quente, rendimento de carcaça quente, peso de carcaça fria e rendimento de carcaça fria, enquanto que, para as variáveis qualitativas, houve efeito quadrático para perda de água por gotejamento e lipídeos totais na inclusão da GSPN. Os resultados sugerem que é viável a utilização de até 14% da GSPN, na alimentação de suínos (30 a 90 kg), sem prejuízos no desempenho, níveis plasmáticos, variáveis quantitativos da carcaça e na qualidade da carne, no entanto pode proporcionar aumento de cerca de 8,5 % no custo da alimentação de suínos de crescimento (30-60 Kg) e 3,8% na terminação (60-90 kg).

Palavras-chave: característica de carcaça, desempenho, glicerol

Neutralized Semi-Purified Glycerin in Swine Feeding in the Growing and Finishing Phase (30-90 kg)

ABSTRACT – The experiment was carried out to evaluate the performance, plasma variables and the quantitative traits of the carcass and qualitative traits of the meat of pigs in the growing and finishing phases fed on neutralized semi-purified glycerin (NSPG). 80 pigs were used in the growing (30.31 ± 0.47 a 60.41 ± 0.87 kg) and finishing (60.45 ± 0.46 a 90.99 ± 0.83 kg) phases, allotted in a randomized block design, with four levels of NSPG inclusion (3.5, 7.0, 10.5 and 14%), with sixteen replicates and one pig per experimental unit. Additionally, it formulated a control diet containing no glycerin (0%). At the end of the finishing phase all pigs were slaughtered to evaluate the quantitative traits of the carcass and the qualitative traits of the meat. The regression analysis indicates that there was no effect ($P > 0.05$) of NSPG inclusion on performance, backfat thickness and loin depth during the growing and finishing phase. For plasma variables, only in the finishing phase cholesterol and triglycerides increased linearly. However there was a linear increase for the quantitative variables of the carcass ($P < 0.05$) for hot carcass weight, hot carcass yield, cold carcass weight, and cold carcass yield, whereas for the qualitative variables, there was a quadratic effect for water drip loss and total lipids in the NSPG inclusion. The results from all experiments suggest that it is feasible to use up to 14% of NSPG in pigs feeding (30-90 kg), without impairing performance, plasmatic parameters, and quantitative variables of carcass and meat quality. However it may result in an increase of about 8.5% in the diet cost of pigs in the growing phase (30-60 kg) and of 3.8% for pigs in the finishing phase (60-90 kg).

Keywords: carcass traits, glycerol, performance

Introdução

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de biodiesel (13% da participação), com produção anual de 2,4 bilhões de litros no ano de 2010 e capacidade instalada de 5,8 bilhões de litros (ANP, 2011). O biodiesel tem a glicerina como seu principal coproduto que corresponde a cerca de 10% a 12% do produto final (Knothe et al., 2006; Thompson & He, 2006).

Durante os processos de purificação da glicerina bruta, ocorre uma acidificação com ácido clorídrico (35,5-38%), com intuito de separar os ácidos graxos, os quais podem retornar a produção do biodiesel, o que permitirá o aumento no rendimento na indústria. Em seguida, ocorre uma neutralização básica (NaOH) deste coproduto, objetivando corrigir o pH. Estes dois processos podem alterar sua composição, resultando em uma glicerina com cerca de 81,75% de glicerol, aumento de NaCl e com reduzidos teores de metanol (Ferrero et al., 2010)

Na suinocultura, a alimentação representa cerca de 70 a 80% do custo de produção. Desta forma, é necessária a busca de alimentos alternativos protéicos e energéticos, por exemplo, a glicerina que é uma fonte energética, entretanto deve-se avaliá-la nutricional e economicamente.

Estudos realizados por Kijora et al.(1996) e Doppenberg & Van Der Aar (2007), em que avaliaram a utilização da glicerina na alimentação de suínos, sugerem uma adição de no máximo 5% deste coproduto nas dietas de suínos em crescimento e terminação. Em outro estudo, Berenchtein et al. (2010), avaliando características quantitativas e qualitativas da carcaça em suínos alimentados com níveis crescente de glicerina semipurificada (80 % glicerol e 3.660 kcal/kg EM), afirmaram que não houve influência da inclusão deste coproduto na qualidade da carne.

Na mesma linha de pesquisa, Lammers et al. (2008) verificaram aumento na capacidade de retenção de umidade em carcaça de suínos, com a inclusão de até 10% de glicerina na alimentação, sendo que este efeito é valorizado pela indústria da carne suína.

Este trabalho tem por finalidade avaliar a utilização da glicerina semipurificada neutralizada, na alimentação de suínos, por meio do desempenho, parâmetros plasmáticos e características quantitativas da carcaça e qualitativas da carne de suínos (30 a 90 kg).

Material e Métodos

O experimento foi realizado no Setor de Suinocultura da Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Maringá (CCA/UEM), localizada no Estado do Paraná (23°21'S, 52°04'W, a uma altitude de 564 m).

Foi estudada a glicerina semipurificada neutralizada (GSPN) de origem de óleo de soja, obtida junto a uma indústria produtora de bicompostíveis, no Estado do Paraná.

Os teores de umidade (Karl Fisher), glicerol total, metanol e densidade da GSPN (Tabela 1) foram determinadas no TECPAR (Instituto de Tecnologia do Paraná). Os valores de pH, proteína bruta, minerais, energia bruta (Calorímetro adiabático - Parr Instrument Co.) e cloreto de sódio foram determinados no Laboratório de Análise de Alimentos e Nutrição Animal da Universidade Estadual de Maringá (LANA), segundo os procedimentos descritos por Silva & Queiroz (2002). Os teores de lipídeos totais, o perfil de ácidos graxos e índice de acidez foram analisados pelo ITAL (Instituto de Tecnologia de Alimentos). A matéria orgânica não-glicerol (MONG) foi calculada

segundo a equação indicada por Hansen et al. (2009) em que $MONG = 100 - (\% \text{ glicerol} + \% \text{ umidade} + \% \text{ cinzas})$.

O experimento foi conduzido no período de abril de 2011 a novembro de 2011. As temperaturas mínimas e máximas médias, registradas no período experimental, foram de $16,2 \pm 1,08^{\circ}\text{C}$ e $25,3 \pm 1,94^{\circ}\text{C}$, respectivamente. As umidades relativas do ar médias do período experimental, pela manhã e pela tarde, foram de $67,3 \pm 8,73 \%$ e $58,4 \pm 13,62 \%$, respectivamente.

Foram utilizados 80 suínos mestiços (40 machos castrados e 40 fêmeas) de linhagem comercial, na fase de crescimento ($30,31 \pm 0,47 - 60,41 \pm 0,87$ kg) e de terminação ($60,45 \pm 0,46 - 90,99 \pm 0,83$ kg.)

Os animais foram alojados em galpões de alvenaria, cobertos com telhas de fibrocimento, divididos em duas salas, sendo cada uma composta por dez baias ($7,60 \text{ m}^2$ cada), separada por um corredor central. Cada baia possuía bebedouros tipo chupeta no fundo e comedouro semi-automático localizado na parte frontal. A ração e a água foram fornecidas à vontade durante todo o período experimental.

Na formulação das rações, utilizou-se a composição química e energética da GSPN obtido no ensaio de digestibilidade (Tabela 1). Para os demais ingredientes, como milho e farelo de soja, foram determinados os valores de proteína bruta, fósforo e cálcio.

Os tratamentos consistiam de cinco rações experimentais com níveis crescentes de inclusão (0,0; 3,5; 7,0; 10,5 e 14,0 %) da GSPN. As rações à base de milho e farelo de soja (Tabelas 7 e 8) foram formuladas para atenderem às recomendações de Rostagno et al. (2011).

Os suínos foram distribuídos em delineamento de blocos inteiramente casualizados, com quatro níveis de inclusão (3,5; 7,0; 10,5 e 14,0%) da GSPN, com 16 repetições e um suíno por unidade experimental. Adicionalmente, foi formulada uma ração testemunha (RT), contendo 0% de glicerina.

Os suínos foram pesados no início e no final do experimento, bem como o consumo total de ração foi computado, com o que foi calculado pelo consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e a conversão alimentar (CA) de cada unidade experimental. Ao final da fase de crescimento e terminação, foi medida a espessura de toucinho e profundidade de lombo na posição P₂ (4 cm das vértebras da última costela), utilizando o aparelho Sono-Grader (Renco[®]).

Os animais ficaram em jejum alimentar de até 8 horas para as colheitas de sangue, no início (baseline) e no final crescimento ao 31º dia e terminação ao 33º dia. As amostras foram colhidas via veia cava cranial com tubos com heparina para análise de colesterol e triglicérides. Para determinação da glicose plasmática, foram utilizados tubos contendo Fluoreto de Sódio + Oxalato de Potássio.

As amostras sanguíneas foram centrifugadas (3.000 rpm por 15 min) para obtenção do plasma. Em seguida, 3mL de plasma (em duplicata) foram transferidos para tubos tipo “eppendorf” que foram devidamente identificados e armazenados em freezer (-18°C), para análises posteriores.

Nas análises de colesterol, glicose e triglicérides, foram utilizados kits da Gold Analisa Diagnóstica Ltda. Os resultados de baseline obtidos no início do experimento foram utilizados como covariável para análises estatísticas.

Tabela 7- Composição centesimal, química, energética e custos das rações, contendo diferentes níveis de inclusão da glicerina semipurificada neutralizada (GSPN), para suínos na fase crescimento (30-60 kg)

Items, %	Níveis de inclusão da GSPN, %				
	0,0	3,5	7,0	10,5	14,0
Milho	74,21	70,16	66,10	61,68	57,25
Farelo de soja	22,56	22,89	23,23	23,59	23,95
Glicerina neutralizada	0,00	3,50	7,00	10,50	14,00
Fosfato bicálcico	1,096	1,103	1,109	1,116	1,123
Óleo de soja	0,372	0,783	1,195	1,741	2,287
Calcário	0,658	0,654	0,651	0,647	0,643
Suplemento vitamínico+mineral ¹	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
Sal comum	0,405	0,201	0,000	0,000	0,000
L-Lisina HCL	0,264	0,262	0,259	0,257	0,255
DL-Metionina	0,071	0,079	0,086	0,093	0,101
L-Treonina	0,060	0,065	0,075	0,075	0,081
Leucomag ²	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
Valores calculados ³					
Energia Metabolizável ³ , Kcal/kg	3.230	3.230	3.230	3.230	3.230
Proteína bruta ³ , %	15,67	15,54	15,40	15,24	15,09
Cálcio ³ , %	0,602	0,602	0,602	0,602	0,602
Fósforo disponível ³ , %	0,297	0,297	0,297	0,297	0,297
Lisina digestível ³ , %	0,888	0,888	0,888	0,888	0,888
Metionina + Cistina digestível ³ , %	0,524	0,524	0,524	0,524	0,524
Treonina digestível ³ , %	0,577	0,577	0,577	0,577	0,577
Sódio %	0,180	0,180	0,181	0,262	0,342
Glicerol ³ , %	-----	2,807	5,614	8,421	11,228
Custo ³ , R\$/kg	0,605	0,606	0,607	0,610	0,614

¹Suplemento vitamínico e mineral para suínos na fase inicial; ² Lincomicina; ³Calculados com base na composição dos alimentos indicados por Rostagno et al. (2011) e/ou ficou estimados;

Tabela 8- Composição centesimal, química, energética e custos das rações, contendo diferentes níveis de inclusão da glicerina semipurificada neutralizada (GSPN), para suínos na fase terminação (60- 90 kg)

Items, %	Níveis de inclusão da GSPN, %				
	0,0	3,5	7,0	10,5	14,0
Milho	77,07	73,02	68,88	64,45	60,03
Farelo de soja	20,17	20,50	20,85	21,21	21,58
Glicerina neutralizada	0,00	3,50	7,00	10,50	14,00
Fosfato bicálcico	0,867	0,874	0,880	0,887	0,894
Calcário	0,586	0,583	0,579	0,575	0,572
Sal comum	0,359	0,156	0,000	0,000	0,000
Suplemento vitamínico+mineral ¹	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
Óleo de soja	0,418	0,829	1,272	1,818	2,363
Leucomag ²	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
L-Lisina HCL	0,248	0,246	0,244	0,241	0,239
DL-Metionina	0,060	0,070	0,074	0,082	0,090
L-Treonina	0,060	0,065	0,073	0,078	0,083
Valores calculados ³					
Energia Metabolizável ³ , Kcal/kg	3.250	3.250	3.250	3.250	3.250
Proteína bruta ³ , %	14,81	14,67	14,52	14,37	14,22
Cálcio ³ , %	0,513	0,513	0,513	0,513	0,513
Fósforo disponível ³ , %	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250
Lisina digestível ³ , %	0,821	0,821	0,821	0,821	0,821
Metionina + Cistina digestível ³ , %	0,493	0,493	0,493	0,493	0,493
Treonina digestível ³ , %	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550
Sódio %	0,162	0,162	0,181	0,262	0,343
Glicerol ³ , %	----	2,807	5,614	8,421	11,228
Custo ³ , R\$/kg	0,583	0,584	0,586	0,589	0,592

¹ Suplemento vitamínico e mineral para suínos na fase inicial; ² Lincomicina; ³ Calculados com base na composição dos alimentos indicados por Rostagno et al. (2011) e/ou ficou estimados;

Ao final da fase de terminação, todos os suínos foram mantidos em jejum alimentar por um período médio de 24 horas para posteriormente serem abatidos, no abatedouro da Fazenda Experimental de Iguatemi-FEI/UEM. Os suínos foram previamente submetidos à insensibilização elétrica (200 watts) antes do abate. As carcaças foram resfriadas (1-2°C) por 24h para, posteriormente, serem submetidas à avaliação quantitativa, conforme o Método Brasileiro de Classificação de Carcaça Suína MBCCS (Bridi e Silva, 2009) e o método americano (NPPC, 1991).

O pH do músculo *Longissimus dorsi* foi mensurado na carcaça quente, 45 min *post mortem* (pH45) e na carcaça resfriada, mantida na câmara fria (1-2°C), por 24h, (pH24), utilizando um medidor de pH portátil digital HI 99163 (Hanna Instruments), seguindo as recomendações de Bridi & Silva (2009). As áreas do *Longissimus dorsi* e de gordura foram medidas utilizando uma mesa digitalizadora e com o auxílio do software Spring (Câmara et al., 1996). No abate foram pesados o fígado e os rins (direito e esquerdo), para avaliar a diferença estatística no peso do órgão com a inclusão dos diferentes níveis da GSPN.

Na análise comercial da tipificação das carcaças, foi utilizada uma Pistola Hannessy (GP 7 – suínos), com sonda de registros por espectroscopia de refletância, sendo esta inserida na região da espinha dorsal, sob a penúltima costela, para mensuração de PSE (Pálido, suave, exudativa) no músculo *Longissimus dorsi*, percentagem de carne magra, profundidade de lombo, espessura de gordura e Classe (cor).

Para avaliação qualitativa da carcaça, foram retiradas amostras (1,5 cm de espessura) do *Longissimus dorsi* na região da 8ª e 10ª vértebras, para posterior mensuração de gordura intramuscular (marmoreio), perda de água por gotejamento, descongelamento e cocção, conforme Bridi & Silva (2009).

A cor do músculo *Longissimus dorsi* foi mensurada 24h após abate, com amostras retiradas entre a 8ª e 10ª vértebras torácicas, conforme descrito por Bridi & Silva (2009). Na superfície do músculo, foram realizadas seis medições de luminosidades Minolta (L*, a* e

b*), utilizando o colorímetro portátil CR-400 Konica Minolta's, (configurações: Iluminante D65; 0° ângulo de visão e 4 auto-average). Os componentes L* (luminosidade), a* (componente vermelho-verde) e b* (componente amarelo-azul) foram expressos no sistema de cor CIELAB.

Na mensuração das variáveis cor, consistência (CONS) e marmoreio, foi adotado um subjetivo score na superfície do músculo *Longissimus dorsi*, utilizando uma pontuação com escala de cinco pontos (1 = pálida, mole e desprovida de marmoreio; 5 = escura, firme moderado ou abundante marmoreio), como descrito por NPPC (1991).

As amostras cozidas do *Longissimus dorsi* foram utilizadas para medição da força de cisalhamento (kgf). Em cada amostra, foram retiradas longitudinalmente, no sentido das fibras musculares, cinco subamostras no formato cilíndrico (diâmetro 1,27), segundo recomendações de Ramos & Gomide (2007). As análises foram realizadas em um texturômetro Stable Micro System TA-XT2i, acoplado a probe Warner-Bratzler Shear Force e o software Texture Expert Exponent – Stable Micro Systems.

Para a avaliação da viabilidade econômica da GSPN, foram levantados preços das matérias-primas no mercado e calculado o custo da ração por quilograma de peso vivo ganho, segundo Bellaver et al. (1985) conforme descrito abaixo:

Y_i (R\$/kg) = $Q_i \times P_i / G_i$, em que: Y_i = custo da ração por kg de peso vivo ganho no i -enésimo tratamento; Q_i = quantidade de ração consumida no i -enésimo tratamento; P_i = preço por kg da ração utilizada no i -enésimo tratamento; G_i = ganho de peso do i -enésimo tratamento;

Foi calculado também o Índice de Eficiência Econômica (IEE) e o Índice de Custo (IC), segundo metodologia proposta por Gomes et al. (1991). IEE (%) = $M_{Ce} / C_{Tei} \times 100$ e IC (%) = $C_{Tei} / M_{Ce} \times 100$ em que: M_{Ce} = menor custo da ração por kg ganho observado entre os tratamentos; C_{Tei} = custo do tratamento i considerado. Foram utilizados os preços dos

insumos (milho grão, R\$ 0,47/kg; farelo de soja R\$ 0,70/kg; óleo de soja R\$ 1,98/kg e GSPN R\$ 0,25/kg) da região de Maringá-PR (preços do dia 16/02/2012).

As variáveis obtidas foram submetidas à análise de variância, adotando-se o seguinte modelo estatístico: $Y_{ijkm} = \mu + B_i + S_j + N_k + e_{ijkm}$, em que Y_{ijkm} = observação do animal m , dentro do bloco i , nível de inclusão k ; μ = constante associada a todas as observações; B_i = efeito do bloco, sendo $i = 1, 2, 3, \dots, 16$; S_j = efeito de sexo j (1=fêmea 2=macho); N_k = efeito dos níveis da GSPN, sendo $k = 0, 3,5, 7,0, 10,5, 14\%$; e_{ijkm} = erro aleatório associado à observação.

Os graus de liberdade referentes aos níveis de inclusão GSPN foram desdobrados em polinômios ortogonais, para obtenção das equações de regressão.

As análises estatísticas foram efetuadas utilizando o pacote estatístico SAEG (UFV, 2000). No experimento de desempenho, nas fases de crescimento e terminação, o peso inicial dos suínos foi utilizado como covariável, enquanto que para avaliação das características quantitativas e qualitativas da carcaça, foi utilizado o peso de abate como covariável.

Para a comparação dos resultados da ração testemunha (0% de glicerina) com cada um dos níveis de inclusão de GSPN, foi aplicado o teste de Dunnett (Sampaio, 1998), para as variáveis que apresentaram diferença ($P \leq 0,05$) na análise de variância.

Resultados e Discussão

A análise de regressão indicou que não houve efeito ($P > 0,05$) dos níveis de inclusão da GSPN sobre as variáveis CDR, GDP, CA, ET e PL nos suínos nas fases de crescimento e terminação (Tabela 9). Os resultados indicam que com a inclusão de GSPN na dieta dos suínos, não prejudicou o desempenho dos suínos e as características da carcaça do animal vivo, com estes resultados podem determinar que esta glicerina não tenha componentes nocivos para os suínos e não vai aumentar a porcentagem de gordura na carne.

Tabela 9- Desempenho, espessura de toucinho (ET) e profundidade de lombo (PL) no P₂ de suínos na fase crescimento (30-60 kg) e terminação (60 a 90 kg), alimentados com rações contendo glicerina semipurificada neutralizada (GSPN)

Itens	Níveis de inclusão de GSPN (%)					Média ±EP ¹	Lin ²	Quad ³
	0,0	3,5	7,0	10,5	14,0			
Fase de crescimento								
CDR ⁴	1,953	1,966	1,984	2,099	2,138	2,028±0,038	NS	NS
GDP ⁵	0,883	0,873	0,870	0,882	0,934	0,888±0,016	NS	NS
CA ⁶	2,248	2,252	2,374	2,396	2,318	2,318±0,044	NS	NS
ET ⁷	8,69	8,94	8,44	9,69	8,63	8,88±0,274	NS	NS
PL ⁸	40,25	38,19	38,19	39,56	40,00	39,24±0,836	NS	NS
Fase de terminação								
CDR ⁴	2,531	2,517	2,619	2,549	2,566	2,556±0,063	NS	NS
GDP ⁵	0,923	0,928	0,950	0,937	0,915	0,931±0,014	NS	NS
CA ⁶	2,780	2,752	2,777	2,753	2,820	2,776±0,044	NS	NS
ET ⁷	12,07	11,87	11,94	11,00	13,00	11,98±0,334	NS	NS
PL ⁸	55,27	52,00	52,75	51,27	50,88	52,43±0,817	NS	NS

¹ Erro padrão; ² Efeito linear dos níveis de GSPN; ³ Efeito quadrático dos níveis de GSPN; ⁴CDR = Consumo diário de ração; ⁵GDP = Ganho diário de peso; ⁶CA= Conversão alimentar, ⁷ET= Espessura de Toucinho, ⁸PL= Profundidade de Lombo, NS= não-significativo.

Da mesma forma, Lammers et al., (2008); Berenchtein et al., (2010) e Schieck et al., (2010) não observaram efeitos depressivos sobre CDR, GPD e CA com a adição de até 10% de glicerina semipurificada (com aproximadamente 3.406 kcal/kg EM) nas dietas de suínos.

Resultados diferentes aos deste trabalho foram obtidos por Kijora & Kuppsch, (1996), em que observaram maior consumo de ração, com até 10% de inclusão de glicerinas com diferentes níveis de purificação na alimentação de suínos em crescimento.

No entanto, Hansen et al. (2009) não encontraram efeitos sobre as características de carcaça (ET e PL) de suínos com a inclusão de 5% de glicerina. Respostas similares foram obtidas por Della Casa et al. (2009) e Mendoza et al. (2010), para de suínos nas fases de crescimento com até 16% de inclusão da glicerina purificada.

Entretanto, Hanczakowska et al. (2010), observaram redução na ET e aumento na PL com a inclusão de até 10% de glicerina bruta, resultados diferentes aos do presente trabalho.

Os níveis plasmáticos (Tabelas 10) de glicose, colesterol e triglicerídeos na fase de crescimento mostram que não houve efeito ($P>0,05$) da inclusão da GSPN sobre estas variáveis. Da mesma forma, Piano (2012) afirmou que a glicerina semipurificada vegetal e mista, com a inclusão de até 12% em rações para suínos em crescimento e terminação não alterou ($P>0,05$) as concentrações de glicose, triglicerídeos e colesterol, sendo que o autor não deu jejum para os animais antes das colheitas.

Tabela 10- Níveis plasmáticos (mg/dL) de glicose, colesterol e triglicerídeos de suínos na fase crescimento (30-60kg), alimentados com rações contendo glicerina semipurificada neutralizada (GSPN)

Colheita	Níveis de inclusão da GSPN, %					Média \pm EP ¹	Lin ²	Quad ³
	0,0	3,5	7,0	10,5	14,0			
	Glicose							
Final	71,77	79,56	76,55	76,98	79,83	76,94 \pm 0, 199	NS	NS
	Colesterol							
Baseline	75,89	72,46	77,85	73,76	69,21	73,83 \pm 0, 276	NS	NS
Final	74,30	77,32	83,97	75,03	89,01	79,93 \pm 0, 202	NS	NS
	Triglicerídeos							
Baseline	47,22	53,13	55,85	54,22	47,90	51,66 \pm 0, 176	NS	NS
Final	54,79	48,39	50,40	58,69	54,03	53,26 \pm 0, 283	NS	NS

¹Erro padrão; ² Efeito linear; ³ Efeito quadrático; NS = não significativo

Trabalhando com glicerina semipurificada (76,1% de glicerol) na alimentação de suínos (50,9 kg a 105,2 kg), Hasen et al. (2009) não observaram alteração na concentração de glicose. Respostas similares foram obtidas por Carvalho (2011), utilizando glicerina bruta (vegetal e mista), com altos teores de ácidos graxos totais. Este autor não observou efeito sobre parâmetros plasmáticos da glicose e colesterol, com a inclusão de até 12% nas dietas de suínos (30 a 90 kg).

Na fase de terminação (Tabela 11) as variáveis colesterol e triglicerídeos plasmáticos aumentaram de forma linear ($P<0,05$), com a inclusão da GSPN, o que não ocorreu para os teores de glicose. Isto pode acontecer quando no metabolismo do glicerol houve excesso, então este não vai a entrar na gliconeogênese e vai ficar nos triglicerídeos para excreção ou deposição o que pode aumentar os níveis plasmáticos.

Tabela 11- Níveis plasmáticos (mg/dL) de glicose, colesterol e triglicerídeos de suínos na fase terminação (60-90 kg), alimentados com rações contendo glicerina semipurificada neutralizada (GSPN)

Colheita	Níveis de inclusão da GSPN, %					Média \pm EP ¹	Lin ²	Quad ³
	0,0	3,5	7,0	10,5	14,0			
	Glicose							
Final	70,50	63,72	70,53	69,56	70,86	69,03 \pm 0,193	NS	NS
	Colesterol							
Baseline	83,34	83,00	83,90	89,22	83,87	84,67 \pm 0,202	NS	NS
Final	84,94	88,68	92,94	96,97	100,92	93,15 \pm 0,188	L: 0,04	NS
	Triglicerídeos							
Baseline	53,27	52,80	58,61	53,93	49,50	53,62 \pm 0,201	NS	NS
Final	45,06	53,21	61,62	69,85	78,17	61,56 \pm 0,246	L: 0,01	NS

¹ Erro padrão; ² Efeito linear (Colesterol= 84, 8815 + 1, 1457X), (Triglicerídeos= 44, 9707 + 2, 37013X); ³ Efeito quadrático; NS = não significativo

Os primeiros estudos avaliando a utilização da glicerina na alimentação animal e seus efeitos nos níveis plasmáticos foram realizados por Narayan & McMullen (1979). Estes autores observaram que aves e ratos alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta mostraram efeito estimulador da glicerina sobre os níveis plasmáticos de triglicerídeos e colesterol.

Da mesma forma, estudos utilizando glicerina na alimentação de suínos Mourot et al. (1994), verificaram que a inclusão de 5% de glicerina derivada do óleo de colza, proporcionou elevação linear dos níveis de colesterol, resultados semelhantes aos deste trabalho.

A maioria das características quantitativas da carcaça (Tabela 12), não foram influenciadas pela inclusão da GSPN nas dietas. Entretanto, os pesos de carcaça quente, rendimento de carcaça quente, peso de carcaça fria e rendimento de carcaça fria aumentaram de forma linear (P=0,04) com a inclusão da GSPN. Por outro lado, no teste de Dunnett, não indicou haver diferença (P \leq 0,05) entre a ração testemunha (0% de glicerina) e os níveis de inclusão da GSPN. Estes resultados são bom para a indústria da suinocultura já que, obtendo maior rendimento e peso nas carcaças, pode ter aumento na rentabilidade da produção de

carne suína. Estas respostas indicam que a glicerina pode ser usada até 14%, sem comprometer a característica da carcaça de suínos.

Resultados similares foram obtidos em diversos estudos (Kijora & Kuppsch, 1996; Lammers et al., 2008; Carvalho, 2011 e Piano, 2012), estudando glicerinas brutas (óleo de soja e óleo de soja+gordura), semipurificada e purificada, com até 12% de inclusão nas dietas de suínos na fase de crescimento e terminação, os quais não observaram diferenças ($P>0,05$) nas características quantitativas de carcaça.

Em trabalhos com suínos, alimentados com níveis de até 8% de inclusão da glicerina bruta, Schieck et al. (2010) observaram aumento do peso da carcaça quente, ausência de efeito sobre o rendimento da carcaça e capacidade de retenção de água. Na mesma linha de pesquisa, Berenchtein et al. (2010), com inclusão de até 9% de glicerina em dieta de suínos, observaram redução de cerca de 5% na AOL e aumento de 6,5% na relação gordura-carne, para os suínos que receberam a glicerina na alimentação.

Neste estudo (Tabela 12), não houve alteração ($P>0,05$) do peso do fígado e rins. Respostas semelhantes foram encontradas por Lin et al. (1976) em pesquisas avaliando o peso do fígado em frangos alimentados por três semanas com dieta contendo 20% de glicerina.

Da mesma forma, outras pesquisas com suínos (Kijora & Kuppsch, 1996; Lammers et al., 2008) relataram a ausência de alterações patológicas no fígado e rins possivelmente influenciadas pela inclusão da glicerina bruta.

Tabela 12- Efeito das dietas contendo diferentes níveis de inclusão com a glicerina semipurificada neutralizada (GSPN), sobre as características quantitativas da carcaça e órgãos de suínos em terminação (60-90 kg)

Itens	Níveis de inclusão da GSPN, %					Media \pm EP ⁶	Dunnett	Reg ⁷
	0,0	3,5	7,0	10,5	14,0			
Peso de abate, kg	88,38	87,00	87,30	87,65	87,97	87,66 \pm 0,733	NS	NS
Quebra de jejum, %	3,58	3,52	3,70	3,46	3,36	3,52 \pm 0,134	NS	NS
Peso carcaça quente, kg	70,90	71,26	71,60	71,94	72,24	71,58 \pm 0,218	NS	L:0,04
Rendimento carcaça quente, %	80,22	81,90	82,01	82,08	82,12	81,67 \pm 0,229	NS	L:0,04
Peso carcaça fria, kg	68,95	69,26	69,58	69,89	70,21	69,58 \pm 0,419	NS	L:0,04
Rendimento carcaça fria, %	78,02	79,61	79,70	79,74	79,81	79,38 \pm 0,238	NS	L:0,04
Quebra de rendimento, %	2,69	2,65	2,85	2,86	2,78	2,77 \pm 0,550	NS	NS
Peso pernil, kg	10,66	10,99	11,00	11,17	11,03	10,97 \pm 0,080	NS	NS
Rendimento pernil, kg	30,07	30,84	30,73	31,05	30,54	31,58 \pm 0,328	NS	NS
Comprimento carcaça, cm	89,64	88,35	89,27	89,00	88,58	88,97 \pm 0,268	NS	NS
AOL, cm ²⁽¹⁾	36,31	35,51	36,10	33,72	35,38	35,40 \pm 0,584	NS	NS
GORD, cm ²⁽²⁾	15,22	17,06	15,28	16,76	15,74	16,01 \pm 0,344	NS	NS
CMAGRA, kg ³	53,10	53,52	53,46	55,39	54,48	53,99 \pm 0,575	NS	NS
PMAGRA, % ⁴	74,97	75,92	74,37	76,71	76,18	75,63 \pm 0,819	NS	NS
C:G ⁵	0,43	0,49	0,43	0,50	0,45	0,46 \pm 0,011	NS	NS
Fígado, kg	1,33	1,31	1,33	1,36	1,31	1,33 \pm 0,012	NS	NS
Rins, kg	0,218	0,175	0,178	0,175	0,179	0,185 \pm 0,009	NS	NS

Quebra pelo jejum (QJ), peso de carcaça quente (PCQ), rendimento de carcaça quente (RCQ), peso de carcaça fria (PCF), rendimento de carcaça fria (RCF), quebra de rendimento (QR), rendimento do pernil (RP), peso de pernil (PP), espessura de toucinho (ET), comprimento de carcaça (CC),¹ área de olho-de-lombo (AOL),² área da gordura subcutânea (GORD),³ carne magra na carcaça (CMAGRA),⁴ porcentagem de carne magra na carcaça (PMAGRA),⁵ Grelação carne: gordura (C:G) ⁶ Erro padrão; ⁷ Efeito linear dos níveis da GSPN (PCQ= 70,9360 + 0,0929980X) (RCQ= 80,7800 + 1,0275X) (PCF= 68,9471 + 0,0899744X) (RCF= 78,5129 + 0,107016X); Efeito quadrático dos níveis da glicerina; NS = não-significativo.

Os resultados obtidos, utilizando os métodos tradicionais de avaliação de carcaça (Tabela 12), bem como com o uso da Pistola Hennessy (Tabela 13) na tipificação da carcaça de suínos, confirmaram que a utilização da GSPN não prejudica as características da carcaça, bem como reafirma a equivalência entre os métodos, viabilizando o uso da pistola nos abatedouros facilitando a tipificação da carcaça suína.

Tabela 13- Efeito das dietas contendo diferentes níveis de inclusão com a glicerina semipurificada neutralizada (GSPN), sobre as características da carcaça medidas com a pistola Hennessy de suínos em terminação (60-90 kg)

Itens	Níveis de inclusão da GSPN, %					Media \pm EP ¹	Reg ²
	0,0	3,5	7,0	10,5	14,0		
PSE	71,42	81,71	81,61	84,93	81,94	80,32 \pm 4,086	NS
CM, %	51,64	52,77	51,38	51,17	52,13	51,82 \pm 0,365	NS
ET, mm	17,87	17,09	17,96	18,03	17,48	17,69 \pm 0,388	NS
PL, mm	41,74	44,77	42,13	39,00	41,78	41,89 \pm 0,974	NS
CLASSE	1,80	2,00	1,81	1,87	2,13	1,92 \pm 0,827	NS

Pálida, macio, essudativa (PSE); Carne Magra (CM); Espessura de Toucinho (ET); Profundidade de Lombo (PL); ¹- Erro padrão; ²- Efeito linear dos níveis da GSPN; Efeito quadrático dos níveis da glicerina; NS = não-significativo.

De acordo com Lima et al. (1999), trabalhando com fêmeas e machos suínos em crescimento e terminação, confirmaram que o uso da Pistola Hennessy, em comparação com método de avaliação da ABCS (1973), é eficiente para tipificar carcaças suínas. Estes autores não observaram diferença entre os métodos para as variáveis de ET e PL. Em pesquisa semelhante na comparação de diferentes métodos, Irgang (1998), utilizando a Pistola Hennessy (GP 4) e régua milimétrica simultaneamente para a medição da ET e PL, encontrou diferença apenas entre as medidas de ET, o que deve-se especialmente ao local das medidas e a camada de pele.

Apenas duas características qualitativas da carne (Tabela 14) sofreram efeitos da GSPN. Foi observado efeito quadrático (P=0,02) para as variáveis perdas de água por gotejamento e para lipídeos totais. Respostas similares foram obtidas por Carvalho (2011), o qual evidenciou efeito quadrático para as perdas de água por gotejamento em suínos alimentado com glicerina

bruta mista. Estes efeitos sobre o PGOT e lipídeos totais podem ser explicados devido à glicerina proporcionar a hidratação do tecido com aumento na pressão intracelular pela retenção de água, além da ação protetora sobre a desnaturação das proteínas durante o cozimento (Mourot, 2009). De acordo com Xu et al. (2009), a mudança de dieta, bem como o estresse pré abate, podem influenciar o perfil de ácidos graxos na gordura.

Da mesma forma, o teste de Dunnett não mostrou diferença ($P \leq 0,05$) entre cada nível de inclusão de GSPN e a ração testemunha (0% de glicerina).

Utilizando glicerina semipurificada com inclusão em até 5%,, Mourot et al. (1994) observaram uma diminuição na perda de água por gotejamento e perdas na cocção, melhorando assim a qualidade da carne. Da mesma forma, Hanczakowska et al. (2010) e Kovacs (2011), trabalhando com glicerina bruta e purificada, observaram um aumento na capacidade de retenção de água em suínos abatidos com 110 kg e 85 kg, respectivamente.

Segundo Hassen et al. (2009) e Berenchein et al. (2010), não se constataram efeito para as variáveis Luminosidade (L,a,b) e pH, com adição de níveis crescente de glicerina semipurificada na alimentação de suínos, confirmando os resultados do presente estudo.

Da mesma forma, Duttlinger et al. (2009) e Kovacs (2011) não encontraram efeito da glicerina para perdas por cocção e força de cisalhamento, reafirmando a resposta obtida neste estudo. No entanto, Piano (2012) afirmou que a glicerina semipurificada mista e vegetal não influenciou ($P > 0,05$) nenhuma das características quantitativas e qualitativas na carcaça em suínos.

Tabela 14- Efeito das dietas contendo diferentes níveis de inclusão com a glicerina semipurificada neutralizada (GSPN), sobre as características qualitativas da carne de suínos em terminação (60-90 kg)

Itens	Níveis de inclusão da GSPN, %					Media \pm EP ⁵	Dunnett	Reg ⁶
	0,0	3,5	7,0	10,5	14,0			
pH 45 min.	6,43	6,51	6,43	6,52	6,46	6,47 \pm 0,035	NS	NS
pH 24h	5,92	5,97	5,95	5,98	5,93	5,95 \pm 0,054	NS	NS
PGOT, % ¹	3,20	3,24	4,17	4,34	3,10	3,61 \pm 0,187	NS	Q: 0,02
Marmoreio	2,40	1,60	2,19	1,93	2,00	2,06 \pm 0,069	NS	NS
Minolta a* ⁷	7,60	7,93	7,50	7,10	7,48	7,52 \pm 0,120	NS	NS
Minolta b* ⁷	6,16	5,99	5,98	5,76	5,91	5,96 \pm 0,119	NS	NS
Minolta L* ⁷	52,98	52,95	53,11	53,74	52,69	52,99 \pm 0,359	NS	NS
Consistência	2,13	2,40	2,31	2,20	2,38	2,29 \pm 0,060	NS	NS
COR	2,20	2,13	2,00	1,80	2,06	2,04 \pm 0,055	NS	NS
PLD, % ²	9,23	9,45	8,82	8,75	9,45	9,14 \pm 0,206	NS	NS
PLC, % ³	30,74	30,45	29,70	30,62	29,91	30,27 \pm 0,505	NS	NS
FC, Kgf/seg ⁴	2,62	2,66	2,72	2,52	2,59	2,63 \pm 0,480	NS	NS
Umidade, %	70,95	70,93	71,26	70,57	70,79	70,90 \pm 0,103	NS	NS
Matéria mineral, %	1,42	1,27	1,47	1,36	1,38	1,38 \pm 0,153	NS	NS
Proteína bruta, %	23,67	23,90	24,19	23,66	24,29	23,94 \pm 0,764	NS	NS
Lipídeos totais, %	2,77	3,17	3,28	3,63	3,12	3,19 \pm 0,515	NS	Q: 0,02

¹ Perda de água por gotejamento (PGOT); consistência (CONS) e cor, segundo método americano; ² perda de líquido por descongelamento (PLD); ³ perda de líquido por cocção (PLC); ⁴FC = Força de cisalhamento; matéria mineral (MM); proteína bruta (PB); ⁵ Erro padrão; ⁶ Efeito quadrático dos níveis de GSPN (PGOT $y = 2,9525970 + 0,298849X - 0,0195707X^2$) Lipídeos totais = $2,73724 + 0,161895X - 0,00920637X^2$); ⁷ a*: indica a coloração da carne variando do vermelho ao verde (alto indica cor vermelha, baixo indica cor verde); b*: indica a coloração da carne variando do amarelo ao azul (b* alto indica cor mais amarelo, b* baixo indica cor mais azul); L*: indica o grau de luminosidade da carne (L* = 0 carne escura, L = 100 carne branca); NS = não-significativo.

O estudo de viabilidade econômica (Tabela 15), para a fase de crescimento (30-60 kg) e terminação (60-90 kg), mostrou não haver diferença ($P>0,05$) no custo da ração por kg de peso vivo ganho com a inclusão de até 14% da GSPN.

Da mesma forma, o teste de Dunnett indicou que não houve diferença entre os níveis de inclusão da GSPN em relação à ração testemunha (0%). O custo é uma representação da relação de preços entre as matérias-primas (farelo de soja, óleo de soja, milho e a GSPN).

Tabela 15- Custo de ração (Cr\$/kg), custo em ração por quilograma de peso vivo ganho (CR), índice de eficiência econômica (IEE) e índice de custo (IC) de suínos na fase crescimento (30-60 kg) e terminação (60-90 kg), alimentados com níveis crescentes de inclusão de glicerina semipurificada neutralizada (GSPN) nas rações

Itens	Níveis de inclusão da GSPN, %					CV ¹	Dun ²	Reg ³
	0,0	3,5	7,0	10,5	14,0			
Crescimento (30-60 kg)								
Peso inicial, kg	30,68	30,27	30,35	29,84	30,42			
Peso final, kg	60,84	60,26	59,47	61,23	60,26			
Custo da ração	0,605	0,606	0,607	0,610	0,614	-	-	-
CR, R\$/kg PV ⁴	1,297	1,440	1,325	1,489	1,408	15,02	NS	NS
IEE	100,00	90,08	97,89	87,11	92,15	-	-	-
IC	100,00	111,01	102,16	114,79	108,51	-	-	-
Terminação (60-90 kg)								
Peso inicial, kg	60,25	59,97	60,18	60,64	61,18			
Peso final, kg	90,66	90,31	91,29	91,51	91,19			
Custo da ração	0,583	0,584	0,586	0,589	0,592	-	-	-
CR, R\$/kg PV ⁴	1,621	1,609	1,627	1,622	1,670	11,57	NS	NS
IEE	99,25	100,00	98,88	99,17	96,32	-	-	-
IC	100,75	100,00	101,13	100,84	103,82	-	-	-

¹ Coeficiente de variação; ² Teste de Dunnett; * Valor diferente ($P<0,05$) em relação ao nível 0% de inclusão, NS= não-significativo; ³ Análise de regressão; ⁴ Custo da ração por kg de peso vivo ganho.

Como o valor energético da glicerina pode ser semelhante ao do milho, sua inclusão na alimentação animal dependerá do valor relativo entre o milho, farelo de soja e glicerina (Kerr et al., 2009).

De forma geral, (Tabela 15), a inclusão de até 14% de GSPN em rações isoenergéticas para suínos em crescimento (30-60 kg) proporciona um aumento no custo de 3,8%; na terminação (60-90 kg) de 8,5% em relação com a ração sem glicerina (0%).

Conclusões

A adição de até 14% da glicerina semipurificada neutralizada não interfere no desempenho, parâmetros plasmáticos, características da carcaça e qualidade da carne de suínos nas fases de crescimento e terminação (30 a 90 kg), mas a viabilidade econômica de sua utilização depende da relação de preços entre o milho, farelo de soja, óleo de soja e da glicerina semipurificada neutralizada.

Referências

- ABCs. **Método Brasileiro de Classificação de Carcaças**. Publicação Técnica n.2. Estrela/RS, 1973, 17p.
- ANP – Agência Nacional de Petróleo. **Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis**. Disponível em: <http://www.anp.gov.br>. Acesso em: 15/12/2011.
- BELLAVER, C.; FIALHO, E.T.; PROTAS, J.F.S. et al. Radícula de malte na alimentação de suínos em crescimento e terminação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.20, n.8, p. 969-74, 1985.
- BERENCHTEIN, B.; COSTA, L.B.; BRAZ, D.B. et al. Utilização de glicerol na dieta de suínos em crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.7, p.1491-1496, 2010.
- BRIDI, A.M. & SILVA, C.A. **Avaliação da Carne Suína**. Londrina, 120p. 2009.
- CÂMARA, G.; SOUZA, R. C.; FREITAS, U.M.; et al. SPRING: Integrating Remote Sensing and GIS with Object-Oriented Data Modelling. **Computers and Graphics**, v.15, n.6, p. 13-22, 1996.
- CARVALHO, P.L.O. **Glicerina bruta na alimentação de suínos**. 109f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá. 2011.
- DELLA CASA, G.; BOCHICCHIO, D.; FAETI, V. et al. Use of pure glycerol in fattening heavy pigs. **Meat Science**, v.81, p.238-244, 2009
- DOPPENBERG, J.; VAN DER AAR, P. **The nutritional value of biodiesel by-products: Part2 Glycerine**. Asia: Feed Business, 2007.

- DUTTLINGER A.W.; HOUSER, T.A.; DEROCHEY, J.M. et al. **Sensory Characteristics of Loins from Pigs Fed Glycerol and Ractopamine HCl During the Last 28 Days of Finishing.** In: Proceedings of the Kansas Swine Day, p. 274-279, 2009.
- FERRERO, A.J.; ROSA, I.M.; VENECIANO, E. **Proceso de purificacion de la glicerina obtenida del biodiesel a pequeña escala.** Centro de Investigacion em tecnologia Lactocarnica. Universidad Tecnologica Nacional/Facultad regional Villa Maria, 2010.
- GOMES, M.F.M.; BARBOSA, H.P.; FIALHO, E.T. et al. Análise econômica da utilização de trigoilho para suínos. Concórdia: **EMBRAPA- CNPSA**, 1991, p.1-2 (Comunicado Técnico, 179).
- HANCZAKOWSKA, E.; WEGLARZY, K.; SZYMCZYK, B.; HANCZAKOWSK, P. Effect of adding crude or refined glycerol to pig diets on fattening performance, nutrient digestibility and carcass evaluation, **Annals Animal Science.** v. 10, n. 1, p.67-73, 2010.
- HANSEN, C. F.; HERNANDEZA, A.; MULLAN, B. P. et al. 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.
- IRGANG, R.; GUIDONI, A.L.; BERLITZ, D.; CORSO, C. Medidas de espessura de toucinho e de profundidade de músculo para estimar rendimento de carne em carcaca de suínos. **Revista Brasileira. Zootec.**, v.27,n.5,p.928-935, 1998.
- 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.** v.87, p.4042–4049, 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. V; KRAHL, J; RAMOS, L. P. **Manual de Biodiesel.** Tradução Luiz Pereira Ramos. São Paulo: Edgard Blücher, 2006.
- KOVACS, P. **The use of glycerol generated during the biodiesel production for feeding pig.** Thesis of doctoral (PhD) dissertation – University of West-Hungary (Faculty of agricultural and food sciences mosonmagyarovar) Institute of Animal Sciences, 2011.
- LAMMERS, P.J.; KERR, B.J.; WEBER, T.E. et al. Growth performance, carcass characteristics, meat quality, and tissuehistology of growing pigs fed crude glycerin-supplemented diets. **Journal of Animal Science**, v.86, p.2962-2970, 2008.
- LIMA, G.J.M.; GUIDONI, A.L.; Niveis de cromo-acido nicotínico em dietas de suínos em crescimento e terminacao. **Pesquisa Agropecuaria**, Brasília, v.34, n.3, p.443-439, mar, 1999.
- LIN, E.C.C.; ROMSONS, R.R.; LEVEILLE, A.G. Effect of Glycerol on Lipogenic Enzyme Activities and on Fatty Acid Synthesis in the Rat and Chicken. **Journal of Nutrition.** 1976.
- MENDOZA, O.F.; ELLIS, M.; MCKEITH, F.K. et al. 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**, v.30, 2010.
- MOUROT, J. Utilisation du glycérol en alimentation porcine. **Inra Productions Animales**, n.5, v.22, p.409-414, 2009.

- MOUROT, J.; AUMAITRE, A.; MOUNIER, A. et al. 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, 1994.
- NARAYAN, K.; MCMULLEN, J. The interactive effect of dietary glycerol and corn oil on rat liver lipids, serum lipids and serum lipoproteins. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 109, p.1836-1846, 1979.
- NATIONAL PORK PRODUCERS COUNCIL - NPPC. **Procedures to evaluate market hogs**. 3rd ed. Des Moines: NPPC, 1991. 16p
- PIANO, L.M. Glicerina semipurificada na alimentação de suínos. 2012. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá. p. 90
- RAMOS, E.M.; GOMIDE, L.A.M. **Avaliação da qualidade de carnes: Fundamentos e Metodologias**. Viçosa:UFV, 2007, 599p.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa:UFV, 2011.
- SAMPAIO, I.B.M. **Estatística aplicada a experimentação animal**. Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais, p. 221, 1998.
- SCHIECK, S.J.; SHURSON, G.C.; KERR, B.J. et al. Evaluation of glycerol, a biodiesel co-product, in grow-finish pig diets to support growth and pork quality. **Journal of Animal Science**. 2010. doi:10.2527/jas.2010-2858.
- SILVA, D.J. QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos - métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2002.
- THOMPSON, J.C.; HE, B.B. Characterization of crude glycerol from biodiesel production from multiple feedstocks. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 22, p.261–265, 2006.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. 2000. SAEG- **Sistema de análises estatísticas e genéticas. Versão 7.2**. Viçosa: MG. 150p (Manual do usuário).
- XU, G.S.K.; BAIDOO, L.J.; JOHNSTON, D.; BIDUS, J.E.; CANNON AND SHURSON, G.C. The effects of feeding diets containing corn distillers dried grains with solubles (DDGS), and DDGS withdrawal period, on growth performance and pork quality in grower-finisher pigs. **Journal Animal Science**. 88:1388-1397, 2009.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A glicerina semipurificada neutralizada tem valores de ED 3.298 e EM 2.531(kcal/kg), na material natural respectivamente, para suínos na fase de crescimento (42,9 kg).

Pode ser incluída em até 14% na alimentação de suínos de (15-90 kg), sem prejudicar o desempenho, variáveis plasmáticas, características quantitativas e qualidade da carne.

Sua viabilidade econômica na utilização nas dietas dos suínos dependerá da relação dos preços entre milho, óleo de soja, farelo de soja e a glicerina.

A glicerina pode ter diferenças em sua composição química, energética e física, dependendo de sua matéria-prima e os diferentes processos de purificação e neutralização aos quais foi submetida pela indústria na procura de melhorar o produto para o mercado.