

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

GLICERINAS SEMIPURIFICADAS NA ALIMENTAÇÃO DE
SUÍNOS

Autor: Liliane Maria Piano Gonçalves
Orientador: Dr. Ivan Moreira

MARINGÁ
Estado do Paraná
Março – 2012

GLICERINAS SEMIPURIFICADAS NA ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS

Autor: Liliane Maria Piano Gonçalves
Orientador: Dr. Ivan Moreira

Tese apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de DOUTOR 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



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS


**GLICERINAS SEMIPURIFICADAS
NA ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS**


Autora: Liliane Maria Piano
Orientadora: Prof. Dr. Ivan Moreira

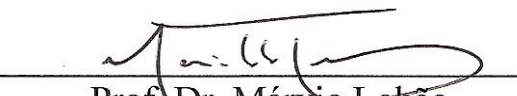
TITULAÇÃO: Doutora em Zootecnia - Área de Concentração Produção
Animal

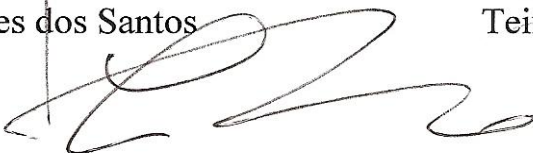
APROVADA em 02 de março de 2012.


Prof. Dr. Claudio Scapinello


Prof. Dr. Paulo Cesar Pozza


Prof. Dr. José Maurício
Gonçalves dos Santos


Prof. Dr. Márvio Lobão
Teixeira de Abreu


Prof. Dr. Ivan Moreira
(Orientador)

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

G635g Gonçalves, Liliane Maria Piano, 1982-
 Glicerinas semipurificadas na alimentação de
 suínos / Liliane Maria Piano Gonçalves. -- Maringá,
 2012.
 xv, 68 f. : il. , figs., tabs.

 Orientador : Prof. Dr. Ivan Moreira.
 Tese (doutorado em Zootecnia) - Universidade
 Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias,
 Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de
 concentração : Produção Animal, 2012.

 1. Suínos - Nutrição. 2. Suínos - Alimento
 energético. 3. Suínos - Nutrição - Biodiesel. 4.
 Suínos - Nutrição - Glicerina. 5. Suínos -
 Características da carcaça. I. Moreira, Ivan,
 orient. II. Universidade Estadual de Maringá, Centro
 de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em
 Zootecnia. III. Título.

CDD 21.ed.636.085

ZSS-00270

Ode à Alegria

Oh amigos, mudemos de tom!
Entoemos algo mais agradável
E cheio de alegria!

Alegria, mais belo fulgor divino,
Filha de Elíseo,
Ébrios de fogo entramos
Em teu santuário celeste!
Teus encantos unem novamente
O que o rigor da moda separou.
Todos os homens se irmanam
Onde pairar teu vôo suave.
A quem a boa sorte tenha favorecido
De ser amigo de um amigo,
Quem já conquistou uma doce companhia
Rejubile-se conosco!
Sim, também aquele que apenas uma alma,
possa chamar de sua sobre a Terra.
Mas quem nunca o tenha podido
Livre de seu pranto esta Aliança!
Alegria bebem todos os seres
No seio da Natureza:
Todos os bons, todos os maus,
Seguem seu rastro de rosas.
Ela nos dá beijos e as vinhas
Um amigo provado até a morte;
A volúpia foi concedida ao verme
E o Querubim está diante de Deus!

Alegres, como voam seus sóis
Através da esplêndida abóboda celeste
Sigam irmãos sua rota
Gozosos como o herói para a vitória.

Abracem-se milhões de seres!
Enviem este beijo para todo o mundo!
Irmãos! Sobre a abóboda estrelada
Deve morar o Pai Amado.
Vos prosternais, Multidões?
Mundo, presentes ao Criador?
Buscais além da abóboda estrelada!
Sobre as estrelas Ele deve morar.

Johann Christoph Friedrich von Schiller (*1759 - †1805)

A

Deus...

Por todas as providências concedidas.

Aos

Meus pais Anselmo e Ineida...

Meus primeiros formadores de valores.

À

Minha irmã Liziane...

Pelo incentivo.

Ao

Meu marido Celso...

Meu apoio em todos os momentos.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, por este momento, por tudo o que existiu antes, agora e por tudo o que ainda está por vir.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá, pela oportunidade de acesso e crescimento pessoal.

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

À empresa BIOPAR, pelo fornecimento das glicerinas necessárias para condução deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Ivan Moreira, pela orientação e dedicação nos ensinamentos necessários para o êxito deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Antonio Cláudio Furlan pela co-orientação do trabalho e aos demais professores do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, da UEM, pelos valiosos ensinamentos.

Aos colegas do grupo de pesquisa, bolsistas e estagiários: Adriana Gomez Gallego, Clodoaldo de Lima Costa Filho, Gabriel Moresco, Jocasta Carraro, Juliana Beatriz Toledo, Laura Marcela Diaz Huepa, Lina Maria Peñuela Sierra, Maicon Danner Borille, Paulo Levi de Oliveira Carvalho, Silvia Letícia ferreira e Thaline Maira Pachelli da Cruz, muito obrigada pela dedicação e esforços na realização deste trabalho.

Aos funcionários da Fazenda Experimental de Iguatemi: Carlos (Hulk), João Salvalágio, Toninho, Mauro e os tratoristas.

Às funcionárias do Laboratório de Análise de Alimentos e Nutrição Animal (LANA), Cleuza Volpato e Creuza Azevedo, pela amizade, paciência e auxílio na execução das análises.

Por fim, a todas as pessoas que em algum momento desta caminhada estiveram presentes e estenderam sua mão amiga.

A todos, muito Obrigada.

BIOGRAFIA

LILIANE MARIA PIANO GONÇALVES, filha de Anselmo Piano e Ineida Lúcia Piano, nasceu em Marechal Cândido Rondon, Estado do Paraná, no dia 15 de agosto de 1982.

Cursou o ensino fundamental na Escola Municipal Rodrigues Alves e o ensino médio no Colégio Estadual Eron Domingues, em Marechal Cândido Rondon/PR.

Em dezembro de 2004, concluiu a graduação em Zootecnia, pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon/PR.

Participou do Programa Apoio Técnico à Pesquisa/CNPq, na Universidade Estadual de Maringá, no período de abril de 2006 a março de 2007.

Em maio de 2009, concluiu o Mestrado em Zootecnia, área de concentração Produção Animal, pela Universidade Estadual de Maringá.

Submeteu-se à banca para qualificação da Tese de Doutorado, em novembro de 2011.

Em março de 2012, concluiu o Doutorado em Zootecnia, área de concentração Produção Animal, pela Universidade Estadual de Maringá.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xi
RESUMO.....	xii
ABSTRACT.....	xiv
I – INTRODUÇÃO.....	1
1.1 – Produção de biocombustíveis.....	2
1.2 – Produção do biodiesel.....	2
1.3 – Produção da glicerina.....	5
1.4 – Restrições ao uso da glicerina.....	7
1.5 – Uso da glicerina na alimentação animal.....	8
1.6 – Absorção do glicerol.....	11
1.7 – Metabolismo do glicerol.....	12
Referências.....	16
II – OBJETIVOS GERAIS.....	20
III – Glicerinas Semipurificadas na Alimentação de Suínos na Fase Inicial (15 - 30 kg).....	21
Resumo.....	21
Abstract.....	22
Introdução.....	23
Material e Métodos.....	24
Resultados e discussão.....	29
Conclusões.....	36
Referências.....	38
IV – Glicerinas Semipurificadas na Alimentação de Suínos na Fase de Crescimento e Terminação (30 - 90 kg).....	41
Resumo.....	41
Abstract.....	42
Introdução.....	43
Material e Métodos.....	44

Resultados e discussão.....	52
Conclusões	65
Referências	66
V – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	69
VI - IMPLICAÇÕES.....	70

LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1 - Composição química e energética da glicerina semipurificada vegetal (GSPV) e glicerina semipurificada mista (GSPM).....	24
TABELA 2 - Composição centesimal, nutricional, energética e custo das rações, contendo diferentes níveis de inclusão de glicerina semipurificada vegetal (GSPV) e glicerina semipurificada mista (GSPM), para suínos na fase inicial.....	28
TABELA 3 - Coeficientes de digestibilidade aparente (CD), coeficiente de metabolização (CM) e valores digestíveis da glicerina semipurificada vegetal (GSPV) e glicerina semipurificada mista (GSPM), estudados na fase inicial.....	31
TABELA 4 - Desempenho de suínos na fase inicial, alimentados com rações contendo diferentes níveis de inclusão de glicerina semipurificada vegetal (GSPV) e glicerina semipurificada mista (GSPM).....	33
TABELA 5 - Níveis plasmáticos (mg/dL) de glicose, triglicerídeos, colesterol e nitrogênio da ureia plasmática de suínos na fase inicial, alimentados com rações contendo diferentes níveis de inclusão de glicerina semipurificada vegetal (GSPV) e glicerina semipurificada mista (GSPM).....	35
TABELA 6 - Custo de ração (R\$/kg), custo em ração por quilograma de peso corporal ganho (CR), índice de eficiência econômica (IEE) e índice de custo (IC) de suínos na fase inicial (15-30 Kg), alimentados com diferentes níveis de inclusão de glicerina semipurificada vegetal (GSPV) e glicerina semipurificada mista (GSPM).....	36
TABELA 7 - Composição centesimal, nutricional, energética e custo das rações, contendo diferentes níveis de inclusão de glicerina semipurificada vegetal (GSPV) e glicerina semipurificada mista (GSPM), para suínos na fase de crescimento.....	48

TABELA 8 - Composição centesimal, nutricional, energética e custo das rações, contendo diferentes níveis de inclusão de glicerina semipurificada vegetal (GSPV) e glicerina semipurificada mista (GSPM), para suínos na fase de terminação.....	49
TABELA 9 - Coeficientes de digestibilidade aparente (CD), coeficiente de metabolização (CM) e valores digestíveis da glicerina semipurificada vegetal (GSPV) e glicerina semipurificada mista (GSPM), estudados na fase de crescimento e terminação.	52
TABELA 10 - Desempenho de suínos nas fases de crescimento e terminação, alimentados com rações contendo diferentes níveis de inclusão de glicerina semipurificada vegetal (GSPV) e glicerina semipurificada mista (GSPM).....	55
TABELA 11 - Espessura de toucinho e profundidade de lombo de suínos nas fases de crescimento (30-60 kg) e terminação (60-90 kg), alimentados com rações contendo diferentes níveis de inclusão de glicerina semipurificada vegetal (GSPV) e glicerina semipurificada mista (GSPM).....	57
TABELA 12 - Níveis plasmáticos (mg/dL) de glicose, triglicerídeos, colesterol e nitrogênio da ureia plasmática de suínos na fase de crescimento, alimentados com rações contendo diferentes níveis de inclusão de glicerina semipurificada vegetal (GSPV) e glicerina semipurificada mista (GSPM).....	58
TABELA 13 - Níveis plasmáticos (mg/dL) de glicose, triglicerídeos, colesterol e nitrogênio da ureia plasmática de suínos na fase de terminação, alimentados com rações contendo diferentes níveis de inclusão de glicerina semipurificada vegetal (GSPV) e glicerina semipurificada mista (GSPM).....	59
TABELA 14 - Efeito de dietas contendo diferentes níveis de inclusão de glicerina semipurificada vegetal (GSPV) e glicerina semipurificada mista (GSPM), sobre características quantitativas da carcaça de suínos (60-90 kg).....	61
TABELA 15 - Efeito de dietas contendo diferentes níveis de inclusão de glicerina semipurificada vegetal (GSPV) e glicerina semipurificada mista (GSPM), sobre as características qualitativas do músculo <i>Longissimus dorsi</i> em suínos (60-90 kg).....	62
TABELA 16 - Custo de ração (CR, R\$/kg), custo em ração por quilograma de peso corporal ganho (CR), índice de custo (IC) e índice de eficiência econômica (IEE) de suínos na fase de crescimento (30-60 Kg), alimentados com diferentes níveis de inclusão de glicerina semipurificada.....	63
TABELA 17 - Custo de ração (CR, R\$/kg), custo em ração por quilograma de peso corporal ganho (CR), índice de custo (IC) e índice de eficiência econômica (IEE) de suínos na fase de terminação (60-90 Kg), alimentados com diferentes níveis de inclusão de glicerina semipurificada.....	64

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1 - Equações de regressão da EM de dois tipos de glicerinas, obtidas a partir do consumo de energia metabolizável (Kcal/kg) associada à glicerina <i>vs.</i> o consumo de glicerina (kg), por 24 leitões em fase inicial, no período de cinco dias.....	32
FIGURA 2 - Equações de regressão da EM de dois tipos de glicerinas, obtidas a partir do consumo de energia metabolizável (Kcal/kg) associada à glicerina <i>vs.</i> o consumo de glicerina (kg), por 24 suínos em fase crescimento, no período de cinco dias.....	53

RESUMO

Quatro experimentos foram conduzidos com o objetivo de determinar o valor nutricional e avaliar o desempenho de suínos na fase inicial, crescimento e terminação, alimentados com rações contendo glicerinas semipurificadas de origem vegetal (GSPV) e mista (GSPM). No Experimento I, foi conduzido um ensaio de digestibilidade utilizando 32 leitões mestiços, machos castrados, com $19,20 \pm 1,52$ kg de peso corporal inicial, distribuídos em delineamento inteiramente ao acaso. Foram estudados dois tipos de glicerina semipurificada (GSPV e GSPM) com o uso de três níveis de inclusão na dieta referência (4, 8 e 12%). A unidade experimental consistiu de um leitão. Os valores de energia digestível (ED) e metabolizável (EM) das glicerinas foram estimados pela análise de regressão do consumo de ED e EM (Kcal/kg) associada à glicerina vs. o consumo de glicerina (kg). Os valores de ED e EM (Kcal/kg), na matéria natural, obtidos foram: 3.793 e 3.373 para GSPV e 3.220 e 2.932 para GSPM, respectivamente. Os resultados indicam que estes dois tipos de glicerinas são fontes de alta energia disponível para a alimentação de leitões (15 - 30 kg). No Experimento II, foram utilizados 90 leitões com peso corporal inicial de $15,27 \pm 0,99$ kg e final de $29,82 \pm 3,02$ kg, distribuídos em delineamento inteiramente ao acaso, em esquema fatorial $2 \times 4 + 1$, sendo dois tipos de glicerina semipurificada (GSPV e GSPM) e quatro níveis de inclusão (3, 6, 9 e 12%), com cinco repetições e dois leitões por unidade experimental. Adicionalmente foi formulada uma ração testemunha, não contendo glicerina (0%). Não houve interação entre os níveis de inclusão e o tipo de glicerina semipurificada para nenhuma das variáveis estudadas. A análise de regressão indicou que não houve efeito do nível de inclusão de glicerina semipurificada sobre o desempenho e variáveis plasmáticas. Os resultados de desempenho sugerem que é viável a utilização em até 12% de ambas as glicerinas na alimentação de leitões na fase inicial, sem prejuízos no desempenho e variáveis plasmáticas. No Experimento III, foi conduzido um ensaio de digestibilidade utilizando 32 suínos mestiços, machos castrados, com $45,08 \pm 4,11$ kg de peso corporal inicial, distribuídos em delineamento inteiramente ao acaso. Foram estudados dois tipos de glicerina semipurificada (GSPV e GSPM) com o uso de três níveis de inclusão na dieta referência (6, 12 e 18%). A unidade experimental consistiu de um suíno. Os valores de energia digestível (ED) e metabolizável (EM) das glicerinas foram estimados pela análise de regressão do consumo de ED e EM (Kcal/kg) associada à glicerina vs. o consumo de glicerina (kg). Os valores de ED e EM (Kcal/kg), na matéria natural, obtidos foram 3.777 e 2.731 para GSPV e 3.090 e 2.210 para GSPM, respectivamente. Os resultados indicam que estes dois tipos de glicerinas são fontes de alta energia disponível para a alimentação de suínos na fase de crescimento- terminação.

(30 - 90 kg). No Experimento IV, foram utilizados 72 suínos com peso corporal inicial de $30,08 \pm 1,65$ kg e final de $60,58 \pm 3,57$ kg, na fase de crescimento e 72 suínos com peso corporal inicial de $60,83 \pm 2,63$ kg e final de $93,79 \pm 5,72$ kg, na fase de terminação, distribuídos em delineamento inteiramente ao acaso, em esquema fatorial $2 \times 4 + 1$, sendo dois tipos de glicerina semipurificada (GSPV e GSPM) e quatro níveis de inclusão (4, 8, 12 e 16%), com oito 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 determinação das características quantitativas e qualitativas da carcaça. Não houve interação entre os níveis de inclusão e o tipo de glicerina semipurificada para nenhuma das variáveis estudadas. A análise de regressão indica que não houve efeito do nível de inclusão das gliceras semipurificadas vegetal e mista, sobre o desempenho, variáveis plasmáticas e características de carcaça (espessura de toucinho e profundidade de lombo). Os resultados de desempenho sugerem que é viável a utilização em até 16%, das gliceras semipurificadas vegetal e mista, na alimentação de suínos na fase de crescimento-terminação, sem prejuízos no desempenho, variáveis plasmáticas, características quantitativas e qualidade de carcaça.

Palavras-chave: alimento energético, biodiesel, glicerol, nutrição

ABSTRACT

Four experiments were carried out to determine the nutritional value and to evaluate the performance of starting, growing and finishing pigs, fed with vegetables (SPGV) and mixed (SPGM) semipurified glycerins. In the Experiment I, a digestibility trial were carried out using 32 crossbreed piglets with initial body weight of 19.20 ± 1.52 kg, allotted in a completely randomized design. It were evaluated two types of semipurified glycerins (SPGV and SPGM), and three levels of glycerin in the basal diet (4, 8, and 12%). The experimental unit consisted of one piglet. The digestible (DE) and metabolizable (ME) energy values of glycerin were estimated by regression of DE and ME (Kcal/kg) intake associated with glycerin vs. glycerin intake (kg). The values (as-fed-basis) of DE and ME (Kcal/kg) obtained were: SPGV = 3,793 and 3,373; SPGM = 3,220 and 2,932, respectively. The results indicate that these two types of glycerin are highly available energy source for piglets feeding (15 - 30 Kg). In the Experiment II, were used 90 piglets with initial body weight of 15.27 ± 0.99 and final of 29.82 ± 3.02 kg, allotted in a completely randomized design in $2 \times 4 + 1$ factorial scheme, with two types of semipurified glycerin (SPGV and SPGM), four levels (3, 6, 9, and 12%), five experimental unit (pens) and two pigs per pen. Additionally it was formulated a control diet contain no glycerin (0%). There were no interaction among semipurified glycerins levels and types of semipurified glycerin. The regression analysis indicates no effects of semipurified glycerin inclusion on performance and plasmatic variables. The results of performance trial suggest that it is feasible to use up to 12% of both semipurified glycerins on starting piglet feeding. In the Experiment III, a digestibility trial were carried out using 32 crossbreed pigs with initial body weight of 45.08 ± 4.11 kg, allotted in a completely randomized design. It were used two different types of semipurified glycerin (SPGV and SPGM), and three levels of glycerin in the diet (6, 12, and 18%). The experimental unit consisted of one pig. The digestible (DE) and metabolizable energy (ME) values of glycerin were estimated by regression of DE and ME (Kcal/kg) intake associated with glycerin vs. glycerin intake (kg). The values, (as-fed-basis) of DE and ME (Kcal/kg) obtained were: SPGV= 3,777 and 2,731; SPGM = 3,090 and 2,210, respectively. The results indicate that these two types of glycerin are highly available energy source for growing-finishing pigs feeding (30 - 90 Kg). In the Experiment IV, 72 pigs whit initial body weight of 30.08 ± 1.65 kg an final of 60.58 ± 3.57 kg in the growing phase and 72 pigs whit initial body weight of= 60.83 ± 2.63 kg and final of= 93.79 ± 5.72 in finishing phase, were allotted in a completely randomized design in $2 \times 4 + 1$ factorial scheme, with two types of semipurified glycerin (SPGV and SPGM), four

levels (4, 8, 12 and 16%), resulting in eight replicates per treatment and one pig per experimental unit. Additionally it was formulated a control diet contain no glycerin (0%). At the end of the finishing phase all pigs were slaughtered to evaluate the quantitative and qualitative carcass traits. There were no interaction among inclusion levels and type of semipurified glycerin. The regression analysis indicates no effects of semipurified glycerin inclusion on performance, plasmatic variables and carcass traits (backfat thickness and loin depth). The performance results suggest that it is feasible to use up to 16% of vegetables and mixed semipurified glycerins on growing and finishing pig feeding, without impairing performance, plasmatic variables and carcass traits.

Key Words: biodiesel, energy feedstuff, glycerol, nutrition

I - INTRODUÇÃO

O Brasil é o quarto maior exportador mundial de carne suína, atrás dos Estados Unidos, União Europeia, e Canadá. Também ocupa a mesma posição no ranking de produção, com cerca de três milhões de toneladas produzidas em 2010 (Abipecs, 2011).

A produção de carne suína está diretamente relacionada com a disponibilidade de insumos para formulação das rações. Com o melhoramento genético, os animais cada vez mais dependem de alimentação mais elaborada e com maior concentração de nutrientes para atender suas exigências nutricionais. Assim, questões como o preço e a disponibilidade de grãos afetam diretamente a produção de carnes.

Atualmente, o aumento da demanda por alimento pelos seres humanos, que estimula a produção animal, faz com que haja uma competição pelas mesmas fontes de nutrientes. Homem e animal cada vez mais competem pelos mesmos insumos. Além disto, outros fatores, como mudanças climáticas e a utilização de grãos e de oleaginosas na produção de bicompostíveis, diminuem ainda mais a disponibilidade de matérias-primas para a produção das rações animais. Estes acontecimentos impõem mudanças nos critérios empregados nas formulações para os animais.

Apesar do crescimento da indústria de rações, em decorrência do aumento da população de animais criados comercialmente no mundo, um sério problema enfrentado pela indústria é o aumento e a volatilidade dos preços das principais matérias-primas para as rações (os grãos), bem como a disponibilidade mundial que, se nada mudar, continuará cada vez sendo menor. Uma estratégia para amenizar a crise do fornecimento

de matérias-primas para as rações animais é a utilização de subprodutos advindos do processo de fabricação dos bicompostíveis.

1.1 - Produção de biocompostíveis

Os biocompostíveis são derivados de biomassa renovável que podem substituir, parcial ou totalmente, combustíveis derivados de petróleo e gás natural em motores a combustão ou em outro tipo de geração de energia (De Boni, 2008).

Conforme a Agencia Nacional do Petróleo (ANP, 2011), cerca de 45% da energia e 18% dos combustíveis consumidos no Brasil já são renováveis. No resto do mundo, 86% da energia vêm de fontes energéticas não renováveis.

Com o aumento do preço do petróleo e com todas as discussões relacionadas à poluição gerada pelo seu uso, outras fontes de energia, de preferência renováveis, começam a ser avaliadas. Com este novo cenário, parte da produção agrícola se dirige a produção de álcool, através de várias fontes como a cana de açúcar, o milho e os cereais de inverno. Também, por meio da agricultura, começou a ser viabilizada a produção de biodiesel, tendo como fonte o óleo e os subprodutos de várias espécies vegetais (soja, mamona, girassol, etc.) bem como as gorduras de origem animal, como o óleo de frango, o sebo bovino e a banha suína.

Pelos indicadores internacionais, o crescimento da produção de etanol e de biodiesel é irreversível. Sendo este o caso, dois fatos novos surgem na área da produção animal. Primeiro, os consumidores de energia à base de álcool e biodiesel competirão, diretamente com os animais, pelas mesmas fontes energéticas. Segundo, a produção de etanol e biodiesel gerará resíduos que deverão ser empregados em vários processos, entre eles, na alimentação animal. Como resíduos da produção do etanol destacam o bagaço de cana e o DDGS (grãos secos de destilaria com solúveis) e no caso do biodiesel, o glicerol.

1.2 - Produção do biodiesel

Desde 1º de janeiro de 2010, o óleo diesel comercializado em todo o Brasil contém 5% de biodiesel. Esta regra foi estabelecida pela Resolução nº 6/2009 do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), publicada no Diário Oficial da União (DOU) em 26 de outubro de 2009, que aumentou de 4% para 5% o percentual obrigatório de mistura de biodiesel ao óleo diesel.

O Brasil está entre os maiores produtores e consumidores de biodiesel do mundo, com uma produção anual, em 2010, de 2,4 bilhões de litros e uma capacidade instalada, no mesmo ano, para cerca de 5,8 bilhões de litros (ANP, 2011).

O biodiesel é um combustível produzido a partir de óleos vegetais ou de gorduras animais. Dezenas de espécies vegetais presentes no Brasil podem ser usadas na produção do biodiesel, entre elas soja, dendê, girassol, babaçu, amendoim, mamona e pinhão-manso. Entretanto, o óleo vegetal *in natura* é bem diferente do biodiesel, que deve atender à especificação estabelecida pela Resolução ANP nº 7/2008.

A produção e o uso do biodiesel no Brasil propiciam o desenvolvimento de uma fonte energética sustentável sob os aspectos ambiental, econômico e social, porque além da diminuição da dependência do diesel importado, há geração de renda para famílias de agricultores que cultivam as oleaginosas e diminui as principais emissões veiculares em comparação ao diesel derivado do petróleo.

O Brasil apresenta grande potencial para a produção de biodiesel, pois além da diversidade de culturas oleaginosas, dispõe de tecnologia de ponta e estrutura fabril com alta capacidade para desenvolver esta produção.

Sob a ótica química, o biodiesel é um monoalquil éster de ácidos graxos, obtido através de um processo de transesterificação de óleos vegetais com álcoois (metanol ou etanol) através da catálise básica, utilizando como catalizadores, o hidróxido de sódio ou potássio (0,3 - 0,6%), ou ainda pela esterificação desses materiais na presença de catalisadores ácidos, na qual ocorre a transformação de triglicerídeos em moléculas menores de ésteres de ácidos graxos, tendo como subproduto a glicerina bruta (Van Gerpen, 2005; Thompson & He, 2006).

A catálise básica é a mais utilizada em todo mundo, sendo a produção de biodiesel, em quase toda sua totalidade, conduzida por esta rota. Os catalisadores, utilizados são bases fortes como hidróxido de potássio e de sódio, carbonatos, metóxidos, etóxidos e em menor grau propóxidos e butóxidos de sódio e potássio (Lofrano, 2008).

A produção do biodiesel segue as seguintes etapas: preparação da matéria-prima, reação de transesterificação, separação de fases, recuperação e desidratação do álcool, purificação da glicerina e do biodiesel.

A preparação da matéria-prima visa criar melhores condições para efetivação da reação de transesterificação, com a máxima taxa de conversão. A matéria-prima deve ter

o mínimo de umidade e de acidez, o que é possível submetendo-as a um processo de neutralização, através de lavagem com uma solução alcalina (NaOH ou KOH), seguida de uma operação de secagem ou desumidificação (Parente, 2003).

A transesterificação ou alcoólise é o deslocamento de álcool a partir de um éster de álcool em um processo semelhante ao da hidrólise, exceto que utiliza álcool ao invés de água. Para esta reação, os alcoóis mais adequados são: metanol, etanol, propanol, butanol e álcool amílico. Metanol e etanol são utilizados com mais frequência, especialmente porque o metanol possui baixo custo e vantagens físicas e químicas (polaridade, álcool de cadeia mais curta, reação rápida com triglicerídeos e dissolução fácil com o catalisador básico). Além disso, permite a separação simultânea da glicerina (Fukuda et al., 2001).

A separação de fases, após a reação de transesterificação, converte a matéria graxa em ésteres (biodiesel), sendo a mistura reacional final constituída de duas fases, por meio da separação por decantação e/ou por centrifugação. A fase pesada é composta de glicerina bruta impregnada dos excessos utilizados de álcool, de água e de impurezas inerentes à matéria-prima. A fase leve é constituída de uma mistura de ésteres metílicos ou etílicos (Costenaro, 2009).

Nas etapas seguintes, a fase pesada, contendo glicerina, água e álcool, é submetida primeiramente a um processo de hidrólise ácida para remoção dos sabões. A glicerina, após a hidrólise, é denominada de glicerina loira. Após a remoção dos sabões a glicerina vai para o processo de evaporação, eliminando da glicerina loira, constituintes voláteis, cujos vapores são liquefeitos em um condensador apropriado. O processo de recuperação e desidratação do álcool acontece separadamente. Neste processo o álcool residual é recuperado da fase mais leve, liberando para as etapas seguintes, ésteres metílicos ou etílicos. O excesso residual de álcool, após os processos de recuperação, contém quantidades significativas de água, necessitando de uma separação. A desidratação deste álcool é feita normalmente por destilação, sendo que, no caso do metanol, este processo é bastante simples.

Na sequência é feita a purificação dos ésteres (biodiesel) - fase leve, os quais serão separados por centrifugação ou desumidificados posteriormente, resultando, finalmente, no produto final, o biodiesel. Já a purificação da glicerina loira é realizada por destilação a vácuo, resultando em um produto límpido e transparente, denominado comercialmente de glicerina destilada. Entretanto, o termo “glicerina residual”

caracteriza o produto de calda da destilação da glicerina loira, ajustável na faixa de 10 a 15% do total (Costenaro, 2009).

A glicerina é o principal co-produto da produção de biodiesel, considerada como uma fração dos carboidratos com o peso 10 - 11% dos triglicerídeos (Cerrate et al., 2006). Sua produção corresponde aproximadamente a 10% do volume total de biodiesel.

1.3 - Produção da Glicerina

A glicerina é um trihidroxipropano (1,2,3-propanotriol), pertencente à função álcool com três hidroxilas, de estrutura química $C_3H_8O_3$. Apresenta alta higroscopicidade (capacidade de absorver água do ar) e solubilidade na água e etanol, em virtude dos grupos hidroxilas (-OH) presentes. Seu ponto de fusão é de 17,8°C e ebulição com decomposição em 290°C. A glicerina pode ser queimada, com a temperatura de combustão acima do seu ponto de ebulição para não emitir gases tóxicos (acroleína), os quais são formados entre 200°C e 300°C.

A palavra glicerina é empregada como sinônimo de glicerol. Entretanto, na prática, classicamente a palavra glicerina é empregada para fazer referência de que não se trata de uma substância pura e se aplica aos produtos comerciais que contenham 95%, ou mais, de glicerol na sua composição. Já o glicerol é o produto puro, que pode ser encontrado em todas as gorduras e óleos e é um intermediário importante no metabolismo dos seres vivos.

A glicerina pode ser vendida na sua forma bruta (glicerina natural), sem qualquer purificação, ou purificada. São comercializados dois tipos de glicerina natural. O primeiro apresenta 80% de glicerol, enquanto o segundo de 88 a 91% de glicerol. Quanto à glicerina purificada é classificada em glicerina técnica (99,5% de glicerol) ou glicerina farmacêutica (86% ou 99,5% de glicerol).

Na indústria, quando purificada, várias são as aplicações da glicerina, entre as quais se destacam os usos em alimentos, bebidas e cosméticos. No entanto, são necessários processos complexos e de alto custo para que essa matéria-prima alcance as exigências em grau de pureza necessárias para estes fins, visto que a glicerina bruta apresenta impurezas como água, catalisador (alcalino ou ácido), impurezas providas dos reagentes, ácidos graxos, ésteres, etanol ou metanol, propanodióis, monoéteres e oligômeros de glicerina (Menten et al., 2010).

A glicerina apresenta características físico-químicas em que se destacam as propriedades de ser um líquido oleoso, incolor, viscoso e de sabor doce, solúvel em água e álcool em todas as proporções e pouco solúvel em éter, acetato de etila e dioxano e insolúvel em hidrocarbonetos (Arruda et al., 2007).

As propriedades físicas e características da glicerina são tão significativas quanto às propriedades químicas para muitas aplicações. Estas qualidades permitem que a glicerina seja utilizada como umectante, plastificantes, emoliente, espessante, solvente, dispersante, lubrificante, adoçante, anticongelante e ajuda no processamento das rações.

Na Comunidade Europeia, a glicerina está registrada como aditivo de alimento, sem limite de inclusão (Nº 1831/2003) (Piesker & Dersjant-Li, 2006). Kerr et al. (2008) mencionaram que a qualidade da glicerina obtida da reação química depende do equipamento empregado, podendo haver variação desta substância como também da cor do produto final. A alteração da cor depende do pigmento encontrado no óleo do qual o biodiesel é produzido.

Desde 1959, a glicerina é reconhecida como substância atóxica, permitida como aditivo em alimentos, e também considerada como substância “GRAS” (*Generally Regarded as Safe*) pelo FDA (*Food and Drug Administration*) dos EUA. No Brasil, seu uso em produtos alimentícios é assegurado pela Resolução de nº 386, de cinco de agosto de 1999.

No entanto, para sua utilização é necessário que a glicerina sofra processos de purificação. Os processos de purificação da glicerina incluem filtração, destilação a vácuo, descoloração e troca de íons para a remoção, principalmente, de K^+ e Na^+ utilizados como catalisadores (Ooi et al., 2004).

A purificação tem custo excessivamente elevado para pequenos e médios produtores nacionais de biodiesel (Rivaldi et al., 2008). Devido a este fato, uma maior quantidade de efluentes contendo glicerol poderá ser descartada no meio ambiente sem nenhum tratamento, aumentando, conseqüentemente, os problemas e riscos ambientais. No entanto, a procura pela glicerina purificada é muito maior, pelo seu valor econômico.

1.4 - Restrições ao uso da glicerina

A glicerina é um aditivo permitido na alimentação humana e animal como umectante, porém, sem critérios de conformidade e de qualidade para a glicerina

destinada a este fim, nem a obrigação de registro prévio do produto. Em maio de 2010, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) autorizou 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 159 mg/kg), sódio e matéria mineral (valores garantidos pelo fabricante g/kg, podendo variar pelo processo produtivo). No entanto, a glicerina já é reconhecida como um alimento seguro para alimentação animal (FDA, 21 C. F. R. 582, 1320). A indústria alimentícia dispõe de uma glicerina segura, por causa das preocupações em relação aos níveis de contaminantes provenientes da produção de biodiesel (Donkin, 2008).

Os fatores de qualidade relacionados com a produção da glicerina necessitam de atenção especial. Existem preocupações sobre os níveis residuais de sódio, potássio, metanol e teor de umidade da glicerina para sua utilização na alimentação animal (Waldroup, 2007). Nos EUA ainda não há legislação para o nível de metanol na glicerina. Entretanto, há legislação para o nível de metanol na dieta, que não pode ultrapassar 150 ppm (Kerr et al., 2008).

No metabolismo do metanol são formados dióxido de carbono e água e os intermediários, o formaldeído e o formato. Segundo Menten et al., (2010), a intoxicação por metanol em animais é identificada pela excreção de ácido fórmico na urina. O metanol ingerido é oxidado no fígado a formaldeído e este a ácido fórmico. O ácido fórmico é a substância tóxica. Lammers et al. (2008c) indicaram que, quando em quantidades elevadas, o ácido fórmico 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. No entanto, estudos de Lammers et al. (2008a) e Kijora et al. (1995) não verificaram frequência de lesões histológicas no rim, fígado e olhos em virtude da toxicidade do metanol presente na glicerina.

Em razão de o metanol possuir ponto de evaporação baixo (65°C), o processo de peletização das rações poderia minimizar a presença deste álcool (Doppenberg & Van der Aar, 2007). Além disso, Van Gerpen, (2005) destaca que no processo de produção do biodiesel, a recuperação de metanol por uma usina de biodiesel também está relacionada à produção e eficiência da planta da usina, porque o metanol recuperado é reutilizado no processo.

Há uma grande variação na composição química em glicerinas obtidas de diferentes matérias-primas e indústrias. Gott (2009) observou que o teor de cinza apresentou maior variação entre as amostras, pela quantidade de catalisadores utilizados por cada indústria, no entanto, teores de glicerol, metanol, umidade e pH não apresentaram grande variação.

Assim, é necessária uma padronização na composição química da glicerina pelas indústrias produtoras de biodiesel, para obter um produto confiável para utilização na alimentação animal.

1.5 - Uso da glicerina na alimentação animal

A energia bruta das amostras é uma maneira indireta de estabelecer a eficiência do processo de produção de biodiesel. Quanto menor o valor de energia mais eficiente é a transformação, ficando como produto final somente glicerol e não parte de glicerol e parte de triglicerídeos intactos. Também o nível de sódio do glicerol deve ser avaliado para incluí-lo como nutriente quando da formulação. Sob o ponto de vista da formulação, as variações de energia e de sódio, associadas à variação do metanol, podem ser restritivas ao uso da glicerina como alternativa para a alimentação animal.

A glicerina além de ser uma fonte energética, pode ser empregada nas dietas para melhorar a qualidade do pellet (Grosbeck, 2002), reduzir o pó das dietas e dos suplementos minerais e vitamínicos e, pelo seu sabor adocicado, pode servir para melhorar o sabor das dietas (Piesker & Dersjant-Li, 2006).

Conforme Jagger (2008), a glicerina é um líquido doce, altamente energético e pode ser utilizada pelos suínos como qualquer nutriente glicogênico ou lipogênico, dependendo do status energético do animal. Para o atendimento da exigência energética na fase de crescimento pode-se utilizar a glicerina, a qual será metabolizada via glicólise, possuindo um valor de energia líquida de 3.343,84 Kcal/kg.

Grosbeck et al. (2008) destacam que os valores energéticos do milho, trigo e da glicerina são semelhantes. Desta forma, Tibble et al. (2007) recomendam a utilização da glicerina na alimentação de leitões em idade precoce, sendo a glicerina uma ótima alternativa energética na substituição dos cereais, como o milho ou trigo, nas rações.

Para leitões recém-desmamados, o valor de energia digestível para a glicerina semipurificada foi de 3.510 Kcal/kg (Zijlstra et al., 2009). A inclusão de até 8% nas dietas beneficiou estes animais, que sempre se encontram em estado de deficiência de

energia em razão do apetite limitado. Christopher (2009) avaliando níveis de substituição da lactose por glicerina na alimentação de leitões recém-desmamados confirmam que a glicerina, além de melhorar a durabilidade do pellet, fluidez, eficiência e temperatura da peletizadora, pode ser adicionada nas dietas em níveis de até 5% sem prejudicar o desempenho dos animais. Lammers et al. (2008c) observaram um declínio na capacidade de suínos (± 11 kg) de metabolizar níveis acima de 10% de inclusão.

Groesbeck et al. (2008) recomendam a inclusão de até 12% de glicerina para animais em de fase de creche, pelo sabor adocicado da glicerina, proporcionando melhora na palatabilidade da dieta e conseqüentemente, o consumo de ração, além de atuar de maneira positiva no desempenho dos animais e melhorar as propriedades físicas de dietas peletizadas para leitões.

Na Europa, a utilização do glicerol na alimentação de suínos tem sido alvo de estudos desde a década de 1990, visando avaliar os efeitos da glicerina, oriunda de diferentes fontes, sobre o desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de suínos. Mourot et al. (1993), em trabalhos com a utilização em até 5% de glicerina proveniente de óleo de colza, na alimentação de suínos em crescimento (35 - 100 kg), observaram uma redução na perda de água durante a sangria e cozimento, esta retenção de água pode ter ocorrido por causa da hidratação do tecido, com o aumento na pressão osmótica intracelular, além da ação protetora sobre a desnaturação das proteínas durante o cozimento.

Estudos de Lammers et al. (2008a), usando 0,5 e 10% de glicerina em rações a base de milho e farelo de soja, Kijora et al, (1995) e Kijora & Kupsch, (1996), usando até 30% de glicerina em rações à base de cevada e farelo de soja e Mourot et al. (1994) usando 5% de glicerina em rações à base de farelo de trigo e soja, não observaram alterações no desempenho e características quantitativa e qualitativas da carcaça de suínos.

Em pesquisas recentes de Mendoza et al. (2010), os resultados indicam que a inclusão em até 15% de glicerina purificada em dietas de suínos em terminação não proporcionam efeitos prejudiciais sobre o desempenho e características quantitativa e qualitativas da carcaça. Resultados confirmados por estudos de Kijora & Kupsch (1996) e Airhart et al. (2002), não verificaram efeito significativo em características de carcaça, como perdas por gotejamento e cocção.

Pesquisas demonstram que a inclusão em até 5% da glicerina semipurificada, proveniente da gordura animal e óleo de colza, proporciona melhorias nos parâmetros quantitativos e qualitativos da carcaça, como redução na perda de água por gotejamento e cocção, aumento do teor de lipídios e melhoria na qualidade sensorial nos músculos *Longissimus dorsi* e *Semimembranosus* (Mourot et al., 1993 e Mourot, 2009), além do aumento no rendimento no cozimento do presunto (Cerneau et al., 1994). Estes resultados não foram confirmados por Berenchein et al. (2010), utilizando glicerina semipurificada, proveniente de sebo bovino e Della Casa et al. (2009) e Mendoza et al. (2010) avaliando a glicerina purificada. Da mesma forma, Duttlinger et al. (2009) não detectaram efeitos nas variáveis força de cisalhamento, perda de líquidos por cocção e características sensoriais com utilização de glicerina e ractopamina na alimentação de suínos em terminação.

Estudos com inclusão da glicerina foram realizados com codornas de corte (Batista, 2010), poedeiras (Lammers et al., 2008b), frangos de corte (Cerrate et al., 2006; Dozier et al., 2008; Guerra, 2010) e perus (Rosebrough et al., 1980). Entretanto, Min et al. (2010) observaram que com altos níveis de inclusão de glicerina na alimentação, as aves não foram capazes de metabolizar todo o glicerol absorvido, em virtude da saturação da enzima glicerol-quinase que transforma glicerol em glicerol-3-fosfato.

Outro problema destacado na literatura está na fluidez correta das rações nos alimentadores em dietas com até 10% de inclusão, promovendo uma inibição no consumo de ração, resultando em um crescimento mais lento e pior conversão alimentar. Além disso, com 10% de glicerina nas dietas de frangos de corte, a cama do aviário foi visivelmente mais úmida por causa dos níveis elevados de sódio ou potássio (Waldroup, 2007), proporcionado pelo desequilíbrio no balanceamento dos eletrólitos (Min et al., 2010).

Pesquisas com cães observaram que a adição de até 9% de glicerina semipurificada promove aumento da digestibilidade energética. No entanto, níveis mais elevados de inclusão resultam na produção de fezes menos consistentes pelos animais (Lima et al., 2010).

1.6- Absorção do glicerol

O termo glicerina é referido ao produto gerado a partir dos biocombustíveis, considerando apenas como glicerol, quando este é formado no metabolismo (Dozier et al., 2008). O glicerol é um componente nutricional da gordura dietética (triglicerídeos). Sabe-se que o glicerol na dieta pode ser absorvido como constituinte de monoglicerídeos após uma hidrólise parcial dos triglicerídeos.

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. 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 & Griffin, 1998).

Após ingestão, o glicerol é absorvido pelo intestino delgado e metabolizado predominantemente no fígado e nos rins. A quantidade de glicose gerada depende do estado metabólico e do nível de glicerol consumido. Atua como precursor na síntese de triacilgliceróis e fosfolipídios, no fígado e no tecido adiposo, sendo liberado do catabolismo do triacilglicerol, convertido à glicose via fosforilação do glicerol-3-fosfato e catalisado pela glicerol-quinase. Então, participa da gliconeogênese ou é oxidado via glicólise ou ciclo de Krebs, promovendo energia prontamente disponível, sendo em média responsável pela produção de 22 mol de ATP para cada mol de glicerol (Mourot et al., 1994; Best, 2006).

Aproximadamente 20% do glicerol livre é liberado pelos monoglicerídeos (Yuasa et al., 2003). Durante a digestão, os triglicerídeos são hidrolisados pela lipase pancreática para formar ácidos graxos livres e glicerol, sendo este solúvel em água e facilmente absorvido no intestino delgado. Em ratos, a absorção intestinal do glicerol varia de 70 a 89%, esta alta absorção, possivelmente, em virtude do pequeno peso molecular do glicerol e uma absorção com transporte passivo, ao invés de formar uma micela como ocorre com as médias e grandes cadeias de ácidos graxos com sais biliares (Dozier et al., 2008). Estudos evidenciam que a taxa de absorção de glicerol no lúmen intestinal equivale a um quarto da absorção de glicose e que a concentração entre os compostos não é afetada (Lin, 1977).

Experimentos da década de 1950 (Herting et al., 1956) relatam que o glicerol com base no mesmo princípio é também absorvido pelo estômago, no entanto em uma taxa mais lenta que a absorção intestinal.

Proteínas integrais facilitam a circulação de água pelas membranas celulares formando, por exemplo, um canal de água nas células intestinais, denominadas de aquaporinas (AQPs) (Kato et al., 2005). Sabe-se que um grupo de AQPs específicas pode agir como canais também para os pequenos solutos neutros, normalmente glicerol e ureia, sendo estas denominadas de aquagliceroporinas.

Em ratos, existem dois transportes de absorção do glicerol no intestino, um transporte ativo e um passivo. O primeiro depende de um sistema de co-transporte, sendo responsável por 70% do transporte do glicerol em baixas concentrações. Por outro lado, Yuasa et al. (2003) em estudos “in situ” no jejuno e cólon, verificaram que a absorção do glicerol é saturável e, possivelmente, o transporte de glicerol pode ter um envolvimento com um co-transportador, mediado sódio-dependente, por causa desta saturação do transporte intestinal. No entanto, o transporte passivo, em razão do glicerol ser um soluto hidrofílico, acredita-se que seja absorvido, principalmente, por transporte paracelular.

1.7- Metabolismo do glicerol

Segundo Menten et al. (2010) o glicerol é um componente do metabolismo normal dos animais, sendo encontrado na circulação e nas células. Ele é derivado de (1) lipólise no tecido adiposo, (2) hidrólise dos triglicerídeos das lipoproteínas do sangue e (3) gordura dietética. Entretanto, existe menos informação sobre as implicações metabólicas da suplementação exógena de glicerol na dieta, especialmente quando a suplementação atinge grandes proporções como um ingrediente energético das rações.

De acordo com Lin (1977), o glicerol é bem absorvido no intestino de ratos, porém menos rapidamente do que a glicose. Além disso, o glicerol também é absorvido no estômago de ratos, porém menos rapidamente do que no intestino.

Uma vez absorvido, o glicerol 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. Segundo Lin (1977), o fígado é responsável por, aproximadamente, 3/4 da capacidade total do corpo de metabolizar o glicerol. Já o rim é o órgão responsável por cerca de 1/5

desta capacidade de metabolização do glicerol e também pela essencial reabsorção do glicerol, evitando excessos de perdas na urina. No entanto, o glicerol em concentração sérica de 1mM pode ser totalmente eliminado pelos rins.

As atividades das enzimas hepáticas e renais contribuem, com 80% da atividade enzimática corporal de ratos nos cinco primeiros dias após o nascimento, de modo que a maior parte do glicerol sanguíneo, provavelmente, é metabolizado por esses órgãos disponibilizando-o para a gliconeogênese durante o período neonatal (Vernon & Walker, 1970).

O glicerol é uma molécula de baixo peso molecular que desempenha um papel vital, sendo um importante componente estrutural dos triglicerídeos e fosfolípidios. Além disso, o glicerol é precursor do gliceraldeído 3- fosfato, um intermediário na lipogênese e na via gliconeogênica e produz energia através das vias glicolítica e do ácido tricarbóxico (Lin, 1977; Tao et al., 1983). No metabolismo celular, o glicerol 3- fosfato (G_3P), é um metabólito central e possui triplo papel: fornecer o esqueleto de carbono para a gliconeogênese, carregador de equivalentes redutores do citosol para a mitocôndria para fosforilação oxidativa, agir como estrutura de lípidos glicéridos.

Em mamíferos, existem três enzimas responsáveis pelo metabolismo do glicerol e G_3P , a glicerol-quinase, o citosol NAD^+ - dependente desidrogenase G_3P e o mitocondrial FAD ligado a G_3P desidrogenase (Lin, 1977). A primeira enzima que participa da metabolização do glicerol é a glicerol-quinase. Esta também pode aceitar a dihidroxiacetona e o L-gliceraldeído como substratos. O Citidina trifosfato (CTP) e o Uridina trifosfato (UTP) podem substituir o ATP como doadores de grupo fosfato, embora o ATP seja o principal doador. Esta reação é regulada pelo “status” energético da célula e ocorre quando tem energia, no entanto, a reação é inibida quando ocorre o acúmulo de G_3P , que é o produto imediato da reação de fosforilação.

Segundo Lin, (1977) em alguns tecidos, os níveis destas enzimas podem ser modulados. A enzima glicerol-quinase, por exemplo, parece ser controlada, principalmente, pela insulina, a oxidorreductase citosólica pelos corticosteroides e a desidrogenase mitocondrial pelos hormônios da tireoide. O aumento de glicerol-quinase hepática é reflexo do aumento dos níveis séricos da insulina em condições de gliconeogênese. O aumento da enzima mitocondrial ocorre em condições de maior atividade respiratória dirigida pelos hormônios da tireoide e o significado da

sensibilidade especial dos níveis da G₃P-oxireductase aos controles corticosteroides é determinado pelos tecidos neurais.

De acordo com Lin et al. (1976), houve efeito do glicerol nas enzimas lipogênicas no fígado de ratos alimentados com dietas com alto teor de glicerol proporcionando elevada atividade hepática da piruvato-quinase, glicose-6-fosfato desidrogenase, enzima málica, enzima de clivagem do citrato e acetil Coa. As trioses formadas a partir de glicerol são direcionadas para formação de glicose.

No metabolismo do glicerol ocorre uma redução hepática da síntese de ácidos graxos em ratos resultando em um aumento na relação do NADH / NAD citoplasmático. Entretanto, em aves o glicerol é um ótimo substrato para gliconeogênese em razão da atividade da glicerol-quinase no fígado. Nesta espécie ocorre um efeito do glicerol na síntese de ácidos graxos, sendo semelhante ao efeito do 1,3- butanodiol, ou seja, no fígado aumenta a relação do NADH / NAD citoplasmático (Lin et al. (1976). Além disso, o glicerol pode aumentar a deposição de proteína, por causa da redução gliconeogênica a partir de aminoácidos, através da inibição da atividade da fosfoenolpiruvato carboxiquinase ou glutamato desidrogenase (Simon et al.,1997).

Em suínos, existe uma limitação na ativação de enzimas para utilização de glicerol. Altos níveis de inclusão de glicerina na alimentação proporcionam baixo conteúdo energético, pois o sistema enzimático (glicerol-quinase) torna-se saturado na conversão do glicerol para glicerol-3-fosfato, sendo o glicerol em excesso excretado pela urina (Doppenberg & Van Der Aar, 2007).

O glicerol, para sua utilização, é disponibilizado, primeiramente, na lipólise nos tecidos adiposos e a partir da hidrólise dos triglicerídeos nas lipoproteínas no sangue (Lin, 1977). Durante a lipólise, os triglicerídeos são hidrolisados pelos adipócitos para formar sequencialmente diacilglicerol, em seguida, monoacilglicerol, sendo este hidrolisado, na etapa final, para uma rápida liberação de um ácido graxo e glicerol na circulação. Neste momento, uma proteína transportadora de membrana encontrada no plasma dos adipócitos, conhecida como aquagliceroporina (AQP7) pode funcionar como um canal de liberação do glicerol do tecido adiposo. Estudos verificaram que ratos deficientes na AQP7 tiveram reduzida liberação do glicerol e apresentaram severa hipoglicemia em jejum induzido (Maeda et al., 2004).

A metabolização crônica do glicerol no fígado de ratos e aves, tem um efeito estimulador sobre a síntese de ácidos graxos livres, triglicerídeos, colesterol,

quilomícrons e das lipoproteínas plasmáticas (Narayan & McMullen, 1979), além de aumentar os níveis de colesterol e triglicerídeos no tecido hepático, o que propicia o aumento do peso deste órgão (Narayan & McMullen, 1979; Rosebrough et al., 1980).

Pela presença natural do glicerol no tecido animal e seu papel no metabolismo lipídico, o uso da glicerina na alimentação de suínos pode reduzir algumas perdas no momento do abate.

O destino metabólico do glicerol pode ser direcionado, dependendo do tecido e do estado nutricional do animal, para o fornecimento de esqueleto carbônico para a gliconeogênese, para a transferência de equivalentes redutores do citosol para a mitocôndria, com a geração de 22 ATP, como precursor da síntese de triglicerídeos, ou como constituinte da molécula do triacilglicerol (Menten et al., 2008).

Resultados de pesquisas gerados nos últimos anos indicam que o uso de glicerina proveniente da produção de biodiesel tem uma aplicação segura quando incluída na formulação de rações para aves e suínos até cerca de 10%, não afetando o desempenho, a saúde, a qualidade da carcaça e da carne dos animais. Entretanto, como a qualidade da glicerina produzida industrialmente pode ser variável, seu uso deve ser feito com cautela até que novos estudos estabeleçam mais claramente todos os efeitos da alimentação de animais com a glicerina (Menten et al., 2010).

Referências

- ABIPECS. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PRODUTORA E EXPORTADORA DE CARNE SUÍNA **Produção mundial de carne suína**. 2011. Disponível em: <<http://www.abipecs.org.br/pt/estatisticas/mundial/producao-2.html>> Acesso em: 07 set. 2011.
- AIRHART, J. C.; BIDNER, T. D.; SOUTHERN, L. L. Effect of oral glycerol administration with and without dietary betaine on carcass composition and meat quality of late-finishing barrows. **Journal of Animal Science**. v.80 (Suppl. 2), n.71 (Abstr.), 2002.
- ANP – Agência Nacional de Petróleo. Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>> Acesso em: 06 out 2011.
- 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, Acesso em: 10 set. 2011.
- ARRUDA, P.V. RODRIGUES, R.C.L.B.; FELIPE, M.G.A. Glicerol: um subproduto com grande capacidade industrial e metabólica **Revista Analytica**, n.26, 2007.
- BATISTA, E. **Avaliação nutricional do glicerol para codornas de corte**. 2010. 58f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- 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.
- BEST, P. Increased biofuel production will grow supplies of by-products: glicerine gives an energy option. **Feed International**, Los Gatos, v.55, n.12, p.20-21. 2006.
- CERNEAU, P.; MOUROT, J.; PEYRONNET, C. Effet du glycerol alimentaire sur la qualite de la viande de porc et le rendement technologique du jambon cuit. **Journées Recherche Porcine em France**. V.26, p.193-198, 1994.
- CERRATE, S.; YAN, F.; WANG, Z.; et al. Evaluation of Glycerine from Biodiesel Production as a Feed Ingredient for Broilers. **Journal of Poultry Science**, v.5, n.11, p.1001-1007, 2006.
- CHRISTOPHER, S.M. **Evaluation of the Nutritional Value of glycerol, a byproduct of biodiesel production, for swine**. 2009. 54p. (Master Animal Science). North Carolina State University, Raleigh, North Carolina.
- COSTENARO, H.S. **Hidrólise ácida e retirada de sais da glicerina bruta proveniente da produção de biodiesel**. 2009. 135p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade de São Paulo, São Paulo.
- DE BONI, L.A.B. **Tratamento da glicerina bruta e subprodutos obtidos da reação de transesterificação de sebo bovino utilizada para a produção de biodiesel**. 2008.117f. Dissertação (Mestrado profissional em engenharia) - Universidade Luterana do Brasil, Canoas.
- 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.

- 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.
- DOPPENBERG, J.; VAN DER AAR, P.J. Biofuels: Implications for the feed industry. **Wageningen Academic Publishers**, p. 73–88, 2007.
- DOZIER III, W.A.; KERR, B. J.; CORZO, A.; et al. Apparent Metabolizable Energy of Glycerin for Broiler Chickens. **Journal Poultry Science**, v.87, p.317–322, 2008.
- DUTTLINGER A.W.; HOUSER, T.A.; DEROUCHÉY, 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, Kansas, 2009.
- FUKUDA, H.; KOND, A.; NODA, H. Biodiesel Fuel Production by Transesterification of Oils. **Journal of Bioscience and Bioengineering**, v. 92, n. 5, p.405-416, 2001.
- GUERRA, R. L. H. Glicerina bruta na alimentação de frangos de corte. 2010.67f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- GOTT, P. **Variation in the Chemical Composition of Crude Glycerin**. 2009. The Ohio State University. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1811/37082>>. Acesso em: 05 ago. 2011.
- GROESBECK, C.N. The Effect of Feed Ingredients on Feed Manufacturing and Growth Performance of Pigs. 2002.
- 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.
- HERTING, D.C.; EMBREE, N.D.; HARRIS, P.L. Absorption of acetic acid and glycerol from rat stomach. **American Journal Physiology**. v.187, p.224-226, 1956.
- JAGGER, S. Proceedings of the British Society of Animal Science. In: **The implications of biofuel production on intensive livestock production in the United States**. Comerford, l p. 286-287, 2008.
- KATO, T.; HAYASHI, Y.; INOUE, K.; et al. 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., HONEYMAN. M., LAMMERS, P. 2008. Feeding Bioenergy Coproducts to Swine. Iowa Pork Industry Center.
- KIJORA, C., BERGNER, H.; KUPSCH, R.-D. et al. Glycerol as feed component in diets of fattening pigs. **Archives of Animal Nutrition**. v.47, p.345-360, 1995.
- 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.
- 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.
- LIMA, D.C.; NETTO, M.V.T.; FELIZ, A.P. et al. Digestibilidade de dietas contendo crescentes níveis de glicerina em cães. In: Congresso Internacional sobre Nutrição de Animais de Estimação, 2010, Campinas. **Anais...** Campinas: CNBA, 2010.
- LIN, E.C.C. Glycerol utilization and its regulation in mammals. **Annual Review Biochemistry**, v.46, p.765-795, 1977.
- LIN, M. H.; ROMSOS, D. R.; LEVEILLE, A. A. Effect of Glycerol on Lipogenic Enzyme Activities and on Fatty Acid Synthesis in the Rat and Chicken. **The Journal of Nutrition**. v.106, p.1668-1677, 1976.
- LOFRANO, R.C.Z. Uma revisão sobre biodiesel. **Revista Científica do UNIFAE**, v.2, n.2, 2008.
- MAEDA, N.; FUNAHASHI, T.; HIBUSE, T. et al. Adaptation to fasting by glycerol transport through aquaporin 7 in adipose tissue, In: **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**.v.101, n.51, p. 17801- 17806, 2004.
- 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.88, n.12, p.3887-3895, 2010.
- MENTEN, J.F.M.; MIYADA, V.S.; BERENCHTEIN, B. Glicerol na alimentação animal. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS, 2008, Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA, 2008.
- MENTEN, J.F.M.; ZAVARIZE, K.C.; SILVA, C.L.S. Biodiesel: oportunidades do uso de glicerina na nutrição de aves. In: IV Congresso Latino Americano de Nutrição Animal, 2010, Estância de São Pedro. **Anais...** Estância de São Pedro, 2010.
- MIN, Y.N.; YAN, F.; LIU, F.Z. et al.. Glycerin: A New Energy Source for Poultry. **International Journal of Poultry Science** v.9, n.1, p.1-4, 2010.
- MOUROT, J.; AUMAITRE, A.; MOUNIER, A. et al. Effect du glycerol alimentaire sur les performances de croissance et la qualité de la viande chez le porc Large White. **Journées Recherche Porcine en France**, v.25, p.29-35, 1993.
- 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**, Amsterdam, v.38, p.237-244. 1994.
- MOUROT, J. Utilisation du glycérol en alimentation porcine. **INRA Productions Animales**, n.5, v.22, p.409-414, 2009.
- 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.
- OOI, T.L.; YONG, K.C.; HAZIMAH, A.H.; et al. Glycerol residue - A rich source of glycerol medium chain fatty acids. **Journal of Oleo Science**, v.53, n.1, p.29-33, 2004.

- PARENTE, E.J.S. **Biodiesel: Uma aventura Tecnológica num País Engraçado**. Fortaleza, Ed. Unigráfica, 2003. 66 p.
- PIESKER, M.; DERSJANT-LI. Y. Glycerol in Animal Nutrition - Versatile co- product of biodiesel production. Feed magazine Kraftfutter. PLUSKE, J. **Evaluation of glycerine as co-product of biodiesel production for the pig industry**. Subiaco: Pork Cooperative Research Center, 2006. 200p. (Supplement).
- RIVALDI, J.D.; SARROUH, B.F.; FIORILO, R.; et al. Glicerol de biodiesel: Estratégias biotecnológicas para o aproveitamento do glicerol gerado da produção de biodiesel. **Revista biotecnologia**, v.10, n.37, 2008.
- ROBERGS, R.A.; GRIFFIN. S.E. Glycerol: biochemistry, pharmacokinetics and clinical and practical applications. **Sports.Med.** n.26, p.145-167, 1998.
- ROSEBROUGH, R.W.; GEIS, E.; JAMES, P. et al. Effects of dietary energy substitutions on reproductive performance, feed efficiency and lipogenic enzyme activity on large white turkey hens. **Journal of Poultry Science**, v.59, p.1485-1492, 1980.
- SIMON, A.; SCHWABE, M.; BERGNER, H. Glycerol supplementation to broiler rations with low crude protein content. **Archives of Animal Nutrition**, v.50, p.271- 282, 1997.
- TAO, R.C.; KELLEY, R.E.; YOSHIMURA N.N.; et al. Glycerol: Its metabolism and use as an intravenous energy source. **Journal Parenteral Enteral Nutrition**, v.7, p.479-488, 1983.
- TIBBLE, S.J.; COOK, D.R.; BALFAGON, A.; et al. Novedades en alimentación de Lechones: Glicerol – Buenas características nutricionales. Dificultades tecnológicas. In: Curso de Especialización FEDNA, 23. 2007, Madri. **Anais...** Madri: FEDNA. p.213-227, 2007.
- 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.
- VAN GERPEN, J. Biodiesel processing and production. **Fuel Processing Technology**, v.86, p.1097-1107, 2005.
- VERNON, R.G.; WALKER, D.G. Glycerol Metabolism in the Neonatal Rat. **Biochemistry Journal**, v.118, p.531-536, 1970.
- WALDROUP, P.W. **Glycerin and ddgs: biofuel by-products for broilers**. In: 15th Annual ASAIM Southeast Asian Feed Technology and Nutrition Workshop. 2007. Disponível em: <<http://www.asasea.com/index.php?language=en&screenname>> Acesso em: 02 set. 2011.
- YUASA,H.; HAMAMOTO, K.; DOGU, S.; et al. Saturable Absorption of glycerol in the Rat Intestine. **Biological & Pharmaceutical Bulletin**. v.26, n.11, p.1633-1636, 2003.
- ZIJLSTRA, R. T.; MENJIVAR, K.; LAWRENCE, E.; et al. 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.

II - OBJETIVOS GERAIS

A) Avaliar o conteúdo energético e verificar o valor nutricional de duas gliceras semipurificadas, uma de origem vegetal (óleo de soja) e outra de origem mista (óleo de soja + gordura animal).

B) Verificar qual o nível máximo de inclusão das gliceras semipurificadas vegetal e mista, nas rações dos suínos nas diferentes fases de crescimento (15 - 90 kg) que propicie o melhor desempenho, rendimento de carcaça e retorno econômico.

III – Glicerinas semipurificadas na alimentação de leitões na fase inicial (15-30 kg)

RESUMO – Dois experimentos foram conduzidos com o objetivo de determinar o valor nutricional e avaliar o desempenho e variáveis plasmáticas de leitões na fase inicial, alimentados com rações contendo dois tipos de glicerinas semipurificadas, uma de origem vegetal - GSPV (óleo de soja) e uma mista - GSPM (óleo de soja + gordura animal), com diferentes níveis de inclusão. No Experimento I, foi conduzido um ensaio de digestibilidade utilizando 32 leitões mestiços, machos castrados, com $19,20 \pm 1,52$ kg de peso corporal inicial, distribuídos em delineamento inteiramente ao acaso. Foram estudados dois tipos de glicerina semipurificada (GSPV e GSPM) com o uso de três níveis de inclusão na dieta referência (4, 8 e 12%). A unidade experimental consistiu de um leitão. Os valores de energia digestível (ED) e metabolizável (EM) das glicerinas foram estimados pela análise de regressão do consumo de ED e EM (Kcal/kg) associada à glicerina vs. o consumo de glicerina (kg). Os valores de ED e EM (Kcal/kg), na matéria natural, obtidos foram: 3.793 e 3.373 para GSPV e 3.220 e 2.932 para GSPM, respectivamente. Os resultados indicam que estes dois tipos de glicerinas são fontes de alta energia disponível para a alimentação de leitões na fase inicial (15 - 30 kg). No Experimento II, foram utilizados 90 leitões com peso corporal inicial de $15,27 \pm 0,99$ kg e final de $29,82 \pm 3,02$ kg, distribuídos em delineamento inteiramente ao acaso, em esquema fatorial $2 \times 4 + 1$, sendo dois tipos de glicerina semipurificada (GSPV e GSPM) e quatro níveis de inclusão (3, 6, 9 e 12%), com cinco repetições e dois leitões por unidade experimental. Adicionalmente foi formulada uma ração testemunha, não contendo glicerina (0%). Não houve interação entre os níveis de inclusão e o tipo de glicerina semipurificada para nenhuma das variáveis estudadas. Não houve efeito do nível de inclusão de glicerina semipurificada sobre o desempenho e variáveis plasmáticas. Os resultados de desempenho sugerem que é viável a utilização em até 12% de ambas as glicerinas na alimentação de leitões na fase inicial, sem prejuízos no desempenho e variáveis plasmáticas.

Palavras – chave: alimento energético, co-produto, glicerol, leitão

III – Semipurified glycerins on starting piglets feeding (15 - 30 kg)

ABSTRACT – Two experiments were carried out to determine the nutritional value and to evaluate the performance and plasmatic variables in starting piglets, fed with diets containing two types of semipurified glycerins, a vegetable - SPGV (soybean oil) and mixed - SPGM (soybean oil + animal fat), with different levels of inclusion. In the Experiment I, a digestibility trial was carried out using 32 crossbred piglets with initial body weight of 19.20 ± 1.52 kg, allotted in a completely randomized design. It were evaluated two types of semipurified glycerin (SPGV and SPGM), and three levels of glycerin in diet (4, 8, and 12%). The experimental unit consisted of one piglet. The digestible (DE) and metabolizable energy (ME) values of glycerin were estimated by regression of DE and ME (Kcal/kg) intake associated with glycerin *vs.* glycerin intake (kg). The values (as-fed-basis) of DE and ME (Kcal/kg) obtained were: SPGV = 3,793 and 3,373; SPGM = 3,220 and 2,932, respectively. The results indicate that these two types of glycerin are highly available energy source for starting pigs (15 - 30 kg) diets. In the Experiment II, there were used 90 piglets with initial body weight of 15.27 ± 0.99 and final of 29.82 ± 3.02 kg, allotted in a completely randomized design in $2 \times 4 + 1$ factorial scheme, with two types of semipurified glycerin (SPGV and SPGA), four levels (3, 6, 9, and 12%), five experimental unit (pens) and two piglets for pen. Additionally it was formulated a control diet contain no glycerin (0%). There were no interactions among semipurified glycerin levels and semipurified glycerin types. No effects of semipurified glycerin inclusion on performance and plasmatic variables were observed. The performance results suggest that it is feasible to use up to 12% of both semipurified glycerin on piglet feeding, without impairing performance and plasmatic variables.

Key-words: co-product, energy feedstuff, glycerol, piglet

INTRODUÇÃO

O preço do petróleo e as discussões relacionadas à poluição gerada pelo seu uso impulsionam o interesse por fontes alternativas de energia, de preferência renováveis. É o caso dos biocombustíveis, derivados de biomassa renovável que podem substituir, parcial ou totalmente, combustíveis derivados de petróleo e gás natural em motores a combustão ou em outro tipo de geração de energia (De Boni, 2008).

O biodiesel é um biocombustível produzido a partir de óleos vegetais ou de gorduras animais e o Brasil está entre os maiores produtores e consumidores de biodiesel do mundo, com uma produção anual, em 2010, de 2,4 bilhões de litros e uma capacidade instalada, no mesmo ano, para cerca de 5,8 bilhões de litros (ANP, 2011).

A glicerina, principal co-produto da fabricação do biodiesel, pode ser comercializada conforme Carvalho et al. (2010), na forma bruta (alto conteúdo de ácidos graxos) ou semipurificada, mais conhecida como “loira” (baixo conteúdo de ácidos graxos).

O valor energético da glicerina é semelhante ao do milho (Groesbeck et al., 2008), assim, este ingrediente pode ser importante na substituição do milho nas rações, como fonte energética para alimentação animal, uma vez que, absorvida no organismo, participa da formação de lipídios, pode ser convertida em glicose através da via gliconeogênese e oxidada para a produção de energia através da glicólise e do ciclo do ácido cítrico.

O uso da glicerina oriunda de diferentes matérias-primas na alimentação de suínos tem sido alvo de estudos visando avaliar os seus efeitos sobre o desempenho, característica de carcaça e qualidade de carne de suínos.

A glicerina semipurificada possui em sua composição água, resíduos de ácidos graxos e metanos além de teores variáveis de cloreto de sódio (NaCl). Pode ser utilizada na alimentação animal, sendo uma fonte alternativa de energia na formulação das rações para suínos em todas as fases de produção (Menten et al., 2009).

Este trabalho foi conduzido para determinar o valor nutricional de gliceras semipurificadas de origem vegetal e mista e avaliar os efeitos da inclusão em rações práticas sobre o desempenho de suínos na fase inicial (15 a 30 kg) e sua viabilidade econômica.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Setor de Suinocultura da Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), pertencente à Universidade Estadual de Maringá (UEM), localizada no Estado do Paraná.

Foram estudadas duas glicerinas semipurificadas: GSPV – oriunda de óleo vegetal (soja) e GSPM – mista, oriunda de 80% de gordura animal + 20% de óleo de soja, ambas obtidas na indústria de bicomustíveis BIOPAR, localizada no município de Rolândia/PR.

Para determinação da composição química e energética (Tabela 1) das glicerinas (GSPV e GSPM), foram realizadas as análises de densidade, teor de umidade (Karl Fisher) e glicerol total no Instituto de Tecnologia do Paraná (TECPAR).

TABELA 1 - Composição química e energética da glicerina semipurificada vegetal (GSPV) e glicerina semipurificada mista (GSPM)

Nutrientes	GSPV	GSPM
Umidade, %	4,38	15,07
Glicerol, %	74,94	68,66
Proteína bruta, %	0,06	0,04
Energia bruta, Kcal/kg	3.760	3.217
Ácidos graxos totais, %	9,0	5,1
MONG, % ¹	18,62	13,05
Metanol, %	10,32	6,28
Cinzas, %	2,06	3,22
Cloreto de Sódio, %	0,23	0,35
Cálcio, PPM	26,25	79,81
Fósforo, PPM	157,43	653,44
Potássio, %	0,116	0,006
Sódio, %	0,870	1,040
Cloreto, %	0,360	0,381
Magnésio, PPM	7,07	38,99
Cobre, PPM	0,132	0,532
Cromo, PPM	0,000	8,571
Ferro, PPM	14,01	256,57
Zinco, PPM	0,194	2,234
Manganês, PPM	0,464	1,487
Alumínio, PPM	1,90	13,86
Cobalto, PPM	0,100	0,220
Molibdênio, ppm	0,000	0,000
Chumbo, PPM	0,294	0,526
pH	5,60	1,67
Densidade, kg/m ³	1.183	1.189

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

Os valores de pH, proteína bruta, cinzas e energia bruta (Parr Instrument Co. AC720) foram obtidos no Laboratório de Análise de Alimentos e Nutrição Animal da Universidade Estadual de Maringá (LANA), segundo os procedimentos descritos por Silva & Queiroz (2002). O teor de cloreto de sódio foi determinado no Laboratório de Controle de Análises da empresa BIOPAR.

A matéria orgânica não glicerol (MONG) foi calculada segundo a equação indicada por Hansen et al. (2009) em que $MONG = 100 - (\% \text{ glicerol} + \% \text{ umidade} + \% \text{ cinzas})$. A determinação de lipídios totais e metanol foram realizados por cromatografia, respectivamente nos Departamentos de Química e Física, na Universidade Estadual de Maringá.

Experimento I - Ensaio de digestibilidade

Foi conduzido um ensaio de digestibilidade total, no qual foram utilizados 32 leitões mestiços de linhagem comercial, machos castrados, com $19,20 \pm 1,52$ kg de peso corporal inicial.

Os animais foram alojados individualmente em gaiolas de metabolismo semelhantes às descritas por Pekas (1968), em sala com ambiente parcialmente controlado. As temperaturas, ambiente média, apresentaram mínima de $20,5 \pm 0,86^\circ\text{C}$ e máxima de $23,4 \pm 1,00^\circ\text{C}$. As umidades relativas médias do ar ambiente apresentaram mínima de $39,3 \pm 14,26\%$ e máxima de $61,4 \pm 14,03\%$.

A ração referência, composta por milho (70,42%), farelo de soja (26,40%), sal comum (0,50%), calcário (0,60%), fosfato bicálcico (1,58%) e suplemento vitamínico mineral (0,50%), foi calculada para atender as exigências indicadas por Rostagno et al. (2005).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado. Foram estudados dois tipos de glicerina semipurificada (GSPV e GSPM) com o uso de três níveis de inclusão (4, 8 e 12%) em uma dieta referência para cada glicerina e quatro unidades experimentais por tratamento.

O fornecimento das dietas, coleta de fezes e urina foram realizados de acordo com os procedimentos descritos 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 leitão e o consumo médio registrado no período de adaptação. Os arraçamentos foram realizados às 08h e às 15h.

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 água em, aproximadamente, 20% da ração fornecida para evitar desperdícios, reduzir a pulverulência e melhor aceitabilidade da ração pelo animal. Após cada refeição, a água foi fornecida no próprio comedouros na proporção de três mL de água/g de ração fornecida, para evitar excesso de consumo de água e comprometer o consumo da ração.

Para marcar o início e final de cada período de coleta total de fezes, utilizou-se 3% de óxido férrico (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), moída em moinho tipo faca (peneira de 1 mm). A urina foi coletada em baldes de plástico, contendo 20 mL de ácido clorídrico (HCl 1:1) para evitar a proliferação bacteriana e possíveis perdas de nitrogênio por volatilização.

Os coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS), matéria orgânica (CDMO), energia bruta (CDEB) e coeficiente de metabolização da energia bruta (CMEB) da GSPV e da GSPM, foram calculados conforme Matterson et al. (1965). Os valores de energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM) foram estimados pela análise de regressão (Adeola & Ileleji, 2009) da ED e EM consumida (Kcal/kg) associada à glicerina vs. o consumo de glicerina (kg).

Experimento II: Experimento de Desempenho da Fase Inicial (15 - 30 Kg)

O experimento foi realizado no período de novembro de 2009 a janeiro de 2010. A temperatura mínima média, registrada no período experimental, foi de $24,10 \pm 2,45^\circ\text{C}$ e a máxima média de $32,71 \pm 2,87^\circ\text{C}$.

Foram utilizados 90 leitões, mestiços de linhagem comercial, com peso inicial de $15,27 \pm 0,99$ e final de $29,82 \pm 3,02$ kg.

Os leitões foram alojados em galpão de creche, de alvenaria, coberto com telhas de fibrocimento, dispostas em quatro salas, cada uma possuindo dez baias, divididas por um corredor central. As baias eram do tipo “suspensas”, com piso de plástico parcialmente ripado, comedouros semiautomáticos frontais e bebedouro tipo “chupeta” na parte posterior. Cada baia possuía $1,32 \text{ m}^2$. As rações e a água foram fornecidas à vontade durante todo o período experimental.

Os leitões foram distribuídos em delineamento experimental de blocos ao acaso (tempo e peso) em esquema fatorial $2 \times 4 + 1$, sendo dois tipos de glicerina semipurificada (GSPV e GSPM) e quatro níveis de inclusão (3, 6, 9, e 12%) com cinco repetições e dois leitões por unidade experimental (UE). Adicionalmente foi formulada uma ração testemunha (RT) sem adição de glicerina (0%), a qual foi utilizada para as análises estatísticas das gliceras GSPV e GSPM.

As rações experimentais (Tabela 2) à base de milho e farelo de soja foram formuladas para atenderem ao recomendado por Rostagno et al. (2005), para leitões na fase inicial (15 – 30 kg).

Para a formulação das rações foi utilizada a composição química e energética das gliceras semipurificadas, GSPV e GSPM, obtidas no experimento de digestibilidade. Para o milho e farelo de soja, foram determinados os valores de PB, fósforo e cálcio e os níveis de EM foram os indicados por Rostagno et al. (2005).

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

No início (baseline), meio (12^o dia) e no final (24^o dia) do período experimental, foram colhidas amostras de sangue de todos os animais, via veia cava cranial e transferida para tubos com heparina.

As amostras foram centrifugadas (3.000 rpm por 15 minutos) para obtenção do plasma. Em seguida, 3 mL de plasma (em duplicata) foram transferidos para tubos tipo “ependorff” devidamente identificados e armazenados em freezer (-18°C), para posteriores análises laboratoriais. Para análise do nitrogênio da ureia plasmática (NUP), glicose (GLIC), colesterol total (COL) e triglicérides (TRIG) foram utilizados Kits da Gold Analisa Diagnóstica Ltda. Os resultados do baseline obtidos no início do experimento foram utilizados como covariável para análises.

TABELA 2 - Composição centesimal, nutricional, energética e custo das rações, contendo diferentes níveis de inclusão de glicerina semipurificada vegetal (GSPV) e glicerina semipurificada mista (GSPM), para suínos na fase inicial

Itens	GSPV(%)					GSPM(%)			
	0	3	6	9	12	3	6	9	12
Milho	67,47	63,96	60,37	56,79	53,12	63,63	59,72	55,81	51,90
Glicerina	0,00	3,00	6,00	9,00	12,00	3,00	6,00	9,00	12,00
Farelo de soja	28,05	28,57	29,16	29,75	30,42	28,62	29,27	29,91	30,56
Óleo de soja	1,117	1,112	1,110	1,108	1,109	1,386	1,656	1,927	2,198
Calcário	0,602	0,590	0,588	0,578	0,572	0,596	0,583	0,578	0,565
Fosfato bicálcico	1,632	1,642	1,652	1,660	1,668	1,643	1,653	1,663	1,672
Sal comum	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350
Suplemento vitamínico + mineral ¹	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Promotor de crescimento ²	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
L-Lisina HCl, 99%	0,218	0,210	0,200	0,189	0,181	0,209	0,197	0,186	0,174
L-Treonina, 98%	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030
DL-Metionina, 99%	0,026	0,031	0,035	0,040	0,045	0,031	0,036	0,041	0,046
Valores calculados ³									
Energia metabolizável ³ , Kcal/kg	3.230	3.230	3.230	3.230	3.230	3.230	3.230	3.230	3.230
Proteína bruta ³ , %	18,13	18,13	18,13	18,13	18,13	18,13	18,13	18,13	18,13
Cálcio ³ , %	0,720	0,720	0,720	0,720	0,720	0,720	0,720	0,720	0,720
Fósforo digestível ³ , %	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
Lisina digestível ³ , %	0,991	0,991	0,991	0,991	0,991	0,991	0,991	0,991	0,991
Metionina+Cistina digestível ³ , %	0,555	0,555	0,555	0,555	0,555	0,555	0,555	0,555	0,555
Treonina digestível ³ , %	0,624	0,624	0,624	0,624	0,624	0,624	0,624	0,624	0,624
Glicerol ³ , %	-	2,248	4,496	6,745	8,993	2,060	4,120	6,179	8,239
Custo ³ , R\$/kg	0,614	0,606	0,599	0,592	0,585	0,612	0,611	0,610	0,609

¹- Suplemento vitamínico e mineral para suínos na fase inicial; ²- Lincomicina 30%; ³- Calculados com base na composição dos alimentos indicados por Rostagno et al. (2005) e/ou determinados.

Para avaliar a viabilidade econômica da inclusão das glicerinas semipurificadas, GSPV e GSPM na alimentação de suínos, foram levantados preços das matérias-primas no mercado e calculado o custo da ração por quilograma de peso corporal 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 corporal 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. O milho (grão) custou R\$ 0,475/kg, o farelo de soja R\$ 0,629/kg, o óleo de soja R\$ 2,63/kg e as glicerinas semipurificadas (GSPV e GSPM) R\$ 0,20/kg.

Os resultados das diferentes variáveis estudadas foram submetidos à análise de variância, de acordo com o seguinte modelo estatístico: $Y_{ijk} = \mu + B_i + N_j + F_k + NF_{jk} + e_{ijkl}$, em que Y_{ijk} = observação do animal l , dentro do bloco i , nível de inclusão j e tipo de glicerina semipurificada k ; μ = constante associada a todas as observações; B_i = Efeito do bloco, sendo $i = 1, 2, 3, 4, 5$; N_j = efeito dos níveis de glicerina semipurificada, sendo $j = 0, 3, 6, 9, 12\%$; F_k = efeito do tipo de glicerina semipurificada, sendo $k = GSPV$ e $GSPM$; NF_{jk} = efeito da interação dos níveis de inclusão j e o tipo de glicerina semipurificada k e e_{ijkl} = erro aleatório associado à observação.

Para a comparação dos resultados da ração testemunha (sem inclusão de glicerina semipurificada) com cada um dos níveis de inclusão de GSPV e GSPM, foi aplicado o teste de Dunnett (Sampaio, 1998). As análises estatísticas foram efetuadas utilizando o sistema de análises estatísticas e genéticas (SAEG) desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores obtidos referentes à composição física, química e energética das glicerinas semipurificadas (GSPV e GSPM) (Tabela 1) apresentaram valores inferiores em relação aos obtidos por Berenchtein et al. (2010) para os teores de glicerol (80,00%) e cinzas (10,00%), em glicerina semipurificada. A glicerina semipurificada mista utilizada neste trabalho apresentou teor de água elevado, esse fator resultou em um teor de energia baixo em relação à glicerina semipurificada vegetal.

Os valores evidenciam que a glicerina semipurificada possui variação em sua composição química. Gott (2009) trabalhando com glicerinas obtidas de diferentes matérias-primas e indústrias, afirmam que o teor de cinza possui ampla variação na composição química das glicerinas, pela quantidade de catalisadores utilizados por cada indústria. No entanto, os valores de glicerol, metanol, umidade e pH não apresentaram grande variação. Por esta razão, Hansen et al. (2009) destacaram que o uso da glicerina pode ser influenciado pelo nível e tipo de glicerina utilizada nas rações e deve ser levado em consideração, no momento da formulação das dietas, a quantidade de minerais e a variação de parâmetros como pH e teor de MONG.

A glicerina semipurificada passa por processos de purificação, o que reduz os teores de ácidos graxos e também os resíduos de catalisadores (sódio ou potássio) em sua composição, o que torna a glicerina semipurificada um ingrediente de melhor qualidade para uso na alimentação de suínos e também outras espécies de interesse comercial. Também com a purificação, a glicerina semipurificada apresenta menor teor de metanol em comparação com a glicerina bruta, enquadrando nas recomendações de 150 ppm de metanol para utilização da glicerina na alimentação animal (FDA, 2010).

Neste trabalho, não foram observados sintomas de intoxicação nos animais que consumiram glicerina. Na literatura revisada (Kijora et al. 1995; Lammers et al. 2008a; Lammers et al. 2008b) não há relatos de incidência na frequência de lesões associadas com a toxicidade do metanol em olhos, rins, fígado ou na histologia dos tecidos em suínos.

Há pouca literatura com informações sobre o uso da glicerina semipurificada na alimentação animal. Pesquisas com diferentes espécies de interesse comercial estão em andamento. O fator mais desfavorável ao uso é o custo do processo de purificação da glicerina, o que eleva o custo final do produto.

Como a qualidade da glicerina produzida industrialmente pode ser variável, seu uso deve ser feito com cautela até que novos estudos estabeleçam mais claramente todos os efeitos da alimentação de animais com glicerina (Menten, et al., 2009).

Experimento I – Ensaio de Digestibilidade

Os coeficientes de digestibilidade (MS, MO, EE e EB), metabolização da energia e nutrientes digestíveis (Tabela 3) das glicerinas semipurificadas (GSPV e GSPM) demonstraram que ambas são boas fontes energéticas para alimentação de suínos na fase inicial.

Os teores de ácidos graxos totais na GSPV são maiores do que na GSPM, o que proporciona um valor energético da GSPV (3.373 kcal EM /kg) 15% superior à GSPM (2.932 kcal EM /kg).

TABELA 3- Coeficientes de digestibilidade aparente (CD), coeficiente de metabolização (CM) e valores digestíveis da glicerina semipurificada vegetal (GSPV) e glicerina semipurificada mista (GSPM), estudados na fase inicial

Coeficientes de digestibilidade, %	GSPV	GSPM
CD da Matéria seca	95,87	89,44
CD da Matéria orgânica	106,87	100,89
CD do Extrato etéreo	108,43	96,08
CD da Energia bruta	100,88	100,09
CM da Energia bruta	89,69	91,15
Nutrientes digestíveis (MN ¹)		
Matéria seca digestível	91,67	76,63
Matéria orgânica digestível,	99,53	83,16
Extrato etéreo digestível,	9,76	4,90
Energia digestível, Kcal/kg	3.793	3.220
Energia metabolizável, Kcal/kg	3.373	2.932
EM:ED	0,89	0,91

¹ Matéria natural

A relação linear entre o consumo de energia metabolizável (Kcal/kg) associada à glicerina vs o consumo de glicerina semipurificada (kg) (Figura 1), mostra que a GSPV e GSPM possuem EM de 3.373 e 2.932 Kcal/kg, respectivamente.

Estudos indicam o valor da EM da glicerina como sendo 95 a 100% de sua energia bruta (Cerrate et al., 2006), entretanto existe uma limitação no metabolismo da glicerina, comprovado pelo aumento da excreção da energia na urina (Mendoza et al., 2010).

A relação EM:ED para ambas glicerinas (GSPV e GSPM) foram semelhantes às obtidas por Lammers et al. (2008c) para a glicerina bruta (92%).

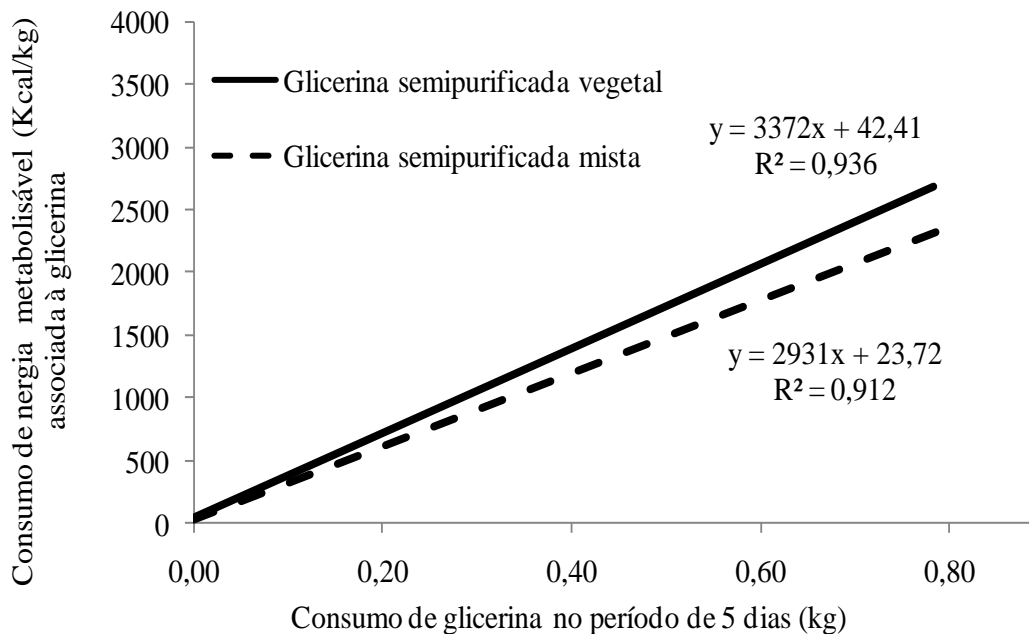


Figura 1 - Equações de regressão da EM de dois tipos de glicerinas, obtidas a partir do consumo de energia metabolizável (Kcal/kg) associada à glicerina vs. o consumo de glicerina (kg), por 24 leitões em fase inicial, no período de cinco dias.

Experimento II – Experimento de Desempenho Inicial (15-30 kg)

Não houve interação ($P > 0,05$) entre os níveis de inclusão e os tipos de glicerina semipurificada (GSPV e GSPM) para nenhuma das variáveis de desempenho estudadas (Tabela 4).

A análise de regressão indica que não houve efeito ($P > 0,05$) do nível de inclusão de glicerina semipurificada para as variáveis CDR, GDP e CA. Da mesma forma, o teste de Dunnett indicou não haver diferença ($P > 0,05$) entre os níveis de inclusão das glicerinas e a ração testemunha (0% de glicerina). Esta resposta sugere que os valores nutricionais utilizados para as glicerinas são os reais, uma vez que as rações foram isonutritivas e que estes co-produtos não possuem componentes prejudiciais ao desempenho dos suínos.

Lammers et al. (2008a), verificaram que a inclusão de até 10% não prejudica o desempenho (CDR, GDP e CA) de suínos (7,9 a 133 kg).

TABELA 4 - Desempenho de suínos na fase inicial, alimentados com rações contendo diferentes níveis de inclusão de glicerina semipurificada vegetal (GSPV) e glicerina semipurificada mista (GSPM)

Itens	Níveis de inclusão de glicerina, (%)								Média \pm EP ¹	TG ²	TG x NV ³	Lin ⁴	Quad ⁵	
	GSPV				GSPM									
	0	3	6	9	12	3	6	9						12
CDR, kg	1,223	1,235	1,178	1,199	1,216	1,224	1,233	1,188	1,196	1,210 \pm 0,01	*	*	*	*
GDP, kg	0,623	0,622	0,597	0,568	0,620	0,609	0,640	0,606	0,628	0,613 \pm 0,01	*	*	*	*
CA	1,970	1,992	1,981	2,118	1,968	2,024	1,928	1,962	1,906	1,983 \pm 0,02	*	*	*	*

¹ Erro Padrão; ² TG = Tipo de glicerina; ³ Interação entre tipo de glicerina e níveis de glicerina; ⁴ Efeito linear dos níveis de glicerina; ⁵ Efeito quadrático dos níveis de glicerina; *Valores (P>0,05), CDR = consumo diário de ração; GDP = ganho diário de peso e CA = conversão alimentar.

Da mesma forma, pesquisas anteriores, avaliando adição da glicerina em rações à base de cevada e farelo de soja (Kijora et al. 1995; Kijora & Kupsch, 1996) e farelo de trigo e soja (Mourot et al., 1994) não evidenciaram efeito no desempenho de suínos em crescimento.

Os resultados das análises plasmáticas (Tabela 5) mostram que não houve interação ($P>0,05$) entre os níveis de inclusão e tipos de glicerina semipurificada (GSPV e GSPM) para variável glicose. Hansen et al. (2009) também não observaram efeito nos níveis plasmáticos de glicose em suínos alimentados com até 16% de inclusão de glicerina semipurificada. Schieck et al. (2010), comprovaram que concentrações de glicose plasmática não foram afetadas em fêmeas em lactação alimentadas com até 9% de inclusão de glicerina, indicando que houve uma metabolização do excesso de glicerol plasmático pela via gliconeogênese que é, basicamente, utilizada na produção de lactose pela glândula mamária. Em geral, sabe-se que o glicerol pode ser convertido em glicose através da gliconeogênese, ou oxidado em energia através da glicólise ou ciclo do ácido cítrico.

Para os triglicerídeos não houve interação ($P>0,05$) entre os níveis de inclusão e o tipo de glicerina semipurificada utilizada. Também não houve efeito do período de colheita. Resultados semelhantes foram obtidos por Mourot et al. (1994), com adição de até 5% de glicerina, proveniente do óleo de colza, não verificaram, influência nas concentrações plasmáticas de triglicerídeos. Resultados comprovados por Christopher (2009), em níveis de substituição da lactose por glicerina na alimentação de leitões recém-desmamados.

Nos níveis plasmáticos de colesterol, houve efeito quadrático para GSPM. A GSPM teve concentrações de colesterol menores ($P\leq 0,05$) do que a GSPV, ao 12º dia colheita. Mourot et al. (1994) verificaram aumento nos níveis plasmáticos de colesterol para suínos alimentados com 5% de glicerina, proveniente do óleo de colza.

Para variável NUP não houve interação ($P>0,05$) entre os níveis de inclusão e o tipo de glicerina semipurificada utilizada. Os resultados indicam que houve manutenção da qualidade da proteína das dietas, já que esta variável reflete o adequado fornecimento de aminoácidos em quantidade e qualidade (Coma et al., 1995). Valores similares foram encontrados por Lammers et al. (2008a), em suínos (7,9 - 133 kg) alimentados com glicerina semipurificada, concluindo que até o nível de 10% não houve mobilização da proteína corporal.

TABELA 5 - Níveis plasmáticos (mg/dL) de glicose, triglicerídeos, colesterol e nitrogênio da ureia plasmática de suínos na fase inicial, alimentados com rações contendo diferentes níveis de inclusão de glicerina semipurificada vegetal (GSPV) e glicerina semipurificada mista (GSPM)

Colheita	Níveis de inclusão, %											Média	Média±EP ¹	TG ²	TGxNV ³	Lin ⁴	Qua ⁵
	GSPV					GSPM											
	0	3	6	9	12	Média	3	6	9	12	Média						
Glicose																	
Baseline ⁶	116,96	120,52	106,85	111,35	118,86	114,39	115,93	112,95	111,93	113,34	113,54	114,30±1,97	-	-	-	-	
12° dia	100,83	103,08	103,48	107,68	112,52	106,69	95,34	107,30	106,33	100,19	102,29	104,08±1,75	*	*	*	*	
24° dia	92,31	97,86	97,33	91,45	97,30	95,98	103,32	90,15	96,90	90,95	95,33	95,29±1,46	*	*	*	*	
Média ⁷	103,37	107,15	102,55	103,49	109,56	-	104,86	103,47	105,05	101,49	-	99,69±1,53	*	*	*	*	
Triglicerídeos																	
Baseline ⁶	62,87	57,37	56,98	55,28	70,25	59,97	53,90	57,14	57,71	53,44	55,55	58,33±1,44	-	-	-	-	
12° dia	72,35	63,13	57,67	75,78	52,32	62,22	74,53	72,23	73,06	59,25	69,76	66,70±2,44	*	*	*	*	
24° dia	61,66	61,32	64,58	48,07	51,98	56,49	60,51	52,51	58,57	60,42	58,00	57,74±2,04	*	*	*	*	
Média ⁷	65,63	60,61	59,74	59,71	58,18	-	62,98	60,63	63,12	57,70	-	62,22±2,33	*	*	*	*	
Colesterol																	
Baseline ⁶	71,36	72,30	80,76	67,13	77,92	74,53	72,32	73,60	68,47	67,47	70,46	72,37±1,39	-	-	-	-	
12° dia	61,85	65,54	63,48	65,42	60,81	63,81	61,02	69,62	64,60	56,62	62,96	63,22±0,95	*	*	*	GSPM 0,01	
24° dia	73,80	75,39	81,39	75,31	72,75	76,21	76,80	82,20	69,44	80,16	77,15	76,36±1,56	*	*	*	*	
Média ⁷	69,00	71,08	75,21	69,29	70,49	-	70,05	75,14	67,50	68,08	-	69,79±1,12	*	*	*	*	
Nitrogênio da ureia plasmática																	
Baseline ⁶	14,00	12,56	12,75	11,75	12,72	12,44	13,03	11,43	13,50	12,67	12,66	12,71±0,30	-	-	-	-	
12° dia	11,51	10,79	11,95	12,86	11,42	11,76	11,63	10,35	13,29	9,85	11,28	11,52±0,20	*	*	*	*	
24° dia	11,16	11,98	11,65	11,96	11,93	11,88	11,75	11,14	11,26	13,19	11,83	11,78±0,21	*	*	*	*	
Média ⁷	12,22	11,78	12,12	12,19	12,02	-	12,14	10,97	12,68	11,90	-	11,65±0,20	*	*	*	*	

¹- Erro Padrão; ²- TG = Tipo de glicerina; ³- Interação entre tipo de glicerina e níveis de glicerina; ⁴- Efeito linear dos níveis de glicerina; ⁵- Efeito quadrático dos níveis de glicerina (Colesterol GSPM 12°dia = 46,7859 + 6,30349X - 0,460698X²); ⁶- Baseline: valor obtido da coleta no primeiro dia do experimento; ⁷- Média referente à colheita do 12° e 24° dia; *Valores (P>0,05).

Resultados da análise econômica (Tabela 6) mostraram que para a GSPV e GSPM não houve alteração ($P>0,05$) do custo de ração (CR) por quilograma de peso corporal ganho, para suínos na fase inicial, com o aumento dos níveis de inclusão de glicerina. Como o milho possui preço mais elevado que as glicerinas, a substituição de um ingrediente mais caro (milho) por um mais barato (glicerina) propiciou este índice de eficiência econômica similar para todas as rações.

TABELA 6 - Custo de ração (R\$/kg), custo em ração por quilograma de peso corporal ganho (CR), índice de eficiência econômica (IEE) e índice de custo (IC) de suínos na fase inicial (15-30 Kg), alimentados com diferentes níveis de inclusão de glicerina semipurificada vegetal (GSPV) e glicerina semipurificada mista (GSPM)

Itens	Níveis de inclusão de glicerina, %					CV ¹	Dun ²	Reg ³
	0	3	6	9	12			
GSPV								
Peso inicial, Kg	15,50	15,49	15,36	15,29	15,20			
Peso final, Kg	30,44	30,25	29,47	28,64	29,83			
Custo da ração	0,614	0,606	0,599	0,592	0,585	-	-	-
CR, R\$/Kg PV ⁴	1,209	1,208	1,187	1,174	1,152	6,94	Ns	Ns
IC	104,9	104,9	103,1	101,9	100,0	-	-	-
IEE	95,3	95,4	97,0	98,1	100,0	-	-	-
GSPM								
Peso inicial, Kg	15,50	15,24	15,19	15,16	15,00			
Peso final, Kg	30,44	29,83	30,38	29,50	29,98			
Custo da ração	0,614	0,612	0,611	0,610	0,609	-	-	-
CR, R\$/Kg PV ⁴	1,209	1,239	1,194	1,181	1,161	5,89	Ns	Ns
IC	104,16	106,78	102,86	101,78	100,00	-	-	-
IEE	96,01	93,65	97,22	98,26	100,00	-	-	-

¹- Coeficiente de variação; ²- Teste de Dunnett; Ns = Não significativo; ³- Análise de regressão; ⁴- CR, R\$/kg PV: Custo da ração por kg de peso corporal ganho.

O teste de Dunnett indicou que não houve diferença ($P>0,05$) entre os níveis de inclusão (3, 6, 9 e 12%) de GSPV e GSPM, comparado à ração testemunha. Os resultados indicam que no geral, a utilização de até 12% de GSPV e GSPM em rações isoenergéticas não interfere nos custos com alimentação dos suínos (15 - 30 kg), em comparação a ração sem glicerina (0%).

CONCLUSÕES

Os valores de EM (na matéria natural) das glicerinas semipurificadas vegetal e mista para leitões são 3.373 e 2.932 Kcal/kg, respectivamente.

Os resultados sugerem que para dietas de suínos na fase inicial é possível utilizar até 12% de glicerinas semipurificadas vegetal e mista, sem prejudicar o desempenho e as variáveis plasmáticas de glicose, triglicerídeos, colesterol e NUP. Entretanto a viabilidade econômica de sua utilização vai depender da relação de preços entre os ingredientes, especialmente milho e óleo de soja (ou outra fonte energética).

Referências

- ADEOLA, O & ILELEJI, K.E. Comparison of two diet types in the determination of metabolizable energy content of corn distillers dried grains with soluble for broiler chickens by 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: 06 set. 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.
- CARVALHO, P. L.; MOREIRA, I.; PIANO, L.M., et al. Valor nutricional da glicerina bruta e semipurificada na alimentação de suínos na fase de crescimento. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 47, 2010, Salvador. **Anais...** Salvador: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2010.
- CERRATE, S.; YAN, F.; WANG, Z.; et al. Evaluation of Glycerine from Biodiesel Production as a Feed Ingredient for Broilers. **Journal of Poultry Science**, v.5, n.11,p.1001-1007, 2006.
- 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.
- COMA, J.; CARRION, D.; ZIMMERMAN, D.R. Use of plasma urea nitrogen as a rapid response criterion to determine the lysine requirement of pigs. **Journal of Animal Science**, v.73, p.472-481, 1995.
- DE BONI, L.A.B. **Tratamento da glicerina bruta e subprodutos obtidos da reação de transesterificação de sebo bovino utilizada para a produção de biodiesel**. 2008.117f. Dissertação (Mestrado profissional em engenharia) - Universidade Luterana do Brasil, Canoas.
- FDA - 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>> Acesso em: 06 set. 2011.
- GOMES, M.F.M.; BARBOSA, H.P.; FIALHO, E.T. et al. **Análise econômica da utilização de trigo 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: 05 set. 2011.
- GROESBECK, C. N.; MCKINNEY, L. J.; DEROCHEY, 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.
- KIJORA, C., BERGNER, H.; KUPSCH, R.D. et al. Glycerol as feed component in diets of fattening pigs. **Archives of Animal Nutrition**. 47:345-360, 1995.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.88, p.3887-3895, 2010.
- MENTEN, J.F.M.; MIYADA, V.S.; BERENCHTEIN, B. **Glicerol na alimentação animal**. 2009. Disponível em: <http://www.agrolink.com.br/downloads/glicerol_2009-03-13.pdf> Acesso em: 08 ago. 2011.
- 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.
- PEKAS, J.C. Versatile swine laboratory apparatus for physiologic and metabolic studies. **Journal Animal Science**, v.27, n.5. p. 1303-1309, 1968.

- ROSTAGNO, H.S.; SILVA, D.J.; COSTA, P.M.A. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2 ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa. 2005. 186p.
- 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-MG, Universidade Federal de Minas Gerais, p. 221, 1998.
- SCHIECK, S.J; KERR, B.J.; BAIDOO, S. K. et al. Use of crude glycerol, a biodiesel coproduct, in diets for lactating sows. **Journal of Animal Science**, v.88, p.2648-2656, 2010.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos - métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p.

IV – Glicerinas semipurificadas na alimentação de suínos na fase de crescimento-terminação (30 - 90 kg)

RESUMO – Dois experimentos foram conduzidos com o objetivo de determinar o valor nutricional e avaliar o desempenho, variáveis plasmáticas e características de carcaça de suínos na fase de crescimento-terminação, alimentados com rações contendo dois tipos de glicerinas semipurificadas, uma de origem vegetal - GSPV (óleo de soja) e uma mista - GSPM (óleo de soja + gordura animal), com diferentes níveis de inclusão. No Experimento I, foi conduzido um ensaio de digestibilidade utilizando 32 suínos mestiços, machos castrados, com $45,08 \pm 4,11$ kg de peso corporal inicial, distribuídos em delineamento inteiramente ao acaso. Foram estudados dois tipos de glicerina semipurificada (GSPV e GSPM) com o uso de três níveis de inclusão na dieta referência (6, 12 e 18%). A unidade experimental consistiu de um suíno. Os valores de energia digestível (ED) e metabolizável (EM) das glicerinas foram estimados pela análise de regressão do consumo de ED e EM (Kcal/kg) associada à glicerina *vs.* o consumo de glicerina (kg). Os valores de ED e EM (Kcal/kg), na matéria natural, obtidos foram: 3.777 e 2.731 para GSPV e 3.090 e 2.210 para GSPM, respectivamente. Os resultados indicam que estes dois tipos de glicerinas são fontes de alta energia disponível para a alimentação de suínos na fase de crescimento-terminação (30 - 90 kg). No Experimento II, foram utilizados 72 suínos com peso corporal inicial de $30,08 \pm 1,65$ kg e final de $60,58 \pm 3,57$ kg, na fase de crescimento e 72 suínos com peso corporal inicial de $60,83 \pm 2,63$ kg e final de $93,79 \pm 5,72$ kg, na fase de terminação, distribuídos em delineamento inteiramente ao acaso, em esquema fatorial $2 \times 4 + 1$, sendo dois tipos de glicerina semipurificada (GSPV e GSPM) e quatro níveis de inclusão (4, 8, 12 e 16%), com oito 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 determinação das características da carcaça. Não houve interação entre os níveis de inclusão e o tipo de glicerina semipurificada para nenhuma das variáveis estudadas. A análise de regressão indica que não houve efeito do nível de inclusão de glicerina semipurificada sobre o desempenho, variáveis plasmáticas e características de carcaça. Os resultados de desempenho sugerem que é viável a utilização em até 16% de ambas as glicerinas na alimentação de suínos em crescimento e terminação, sem prejuízos no desempenho, variáveis plasmáticas e características de carcaça.

Palavras – chave: carcaça, co-produto, glicerol

IV – Semi purified glycerins on growing-finishing pigs feeding (30 - 90 kg)

ABSTRACT – Two experiments were carried out to determine the nutritional value and to evaluate the performance, plasmatic variables and carcass traits in the growing-finishing pigs fed with diets containing two types of semipurified glycerins, a vegetable - SPGV (soybean oil) and mixed - SPGM (soybean oil + animal fat), with different levels of inclusion. In the Experiment I, a digestibility trial was carried out using 32 crossbred pigs with initial body weight of 45.08 ± 4.11 kg, allotted in a completely randomized design. It were used two types of semipurified glycerin (SPGV and SPGM), and three levels of glycerin in the diet (6, 12 e 18%). The experimental unit consisted of one pig. The digestible (DE) and metabolizable energy (ME) values of glycerin were estimated by regression of DE and ME (Kcal/kg) intake associated with glycerin vs. glycerin intake (kg). The values (as-fed-basis) of DE and ME (Kcal/kg) obtained were: SPGV = 3,777 and 2,731; SPGM = 3,090 and 2,210, respectively. The results indicate that these two types of glycerin are highly available energy source for growing and finishing pigs (30 - 90 kg) diets. In the Experiment II, were used 90 pigs with initial body weight of 30.08 ± 1.65 and final of 60.58 ± 3.57 kg in the growing and initial body weight of 60.83 ± 2.63 and final of 93.79 ± 5.72 in the finishing phase, allotted in a completely randomized design in $2 \times 4 + 1$ factorial scheme, with two types of semipurified glycerin (SPGV and SPGA), four levels (4, 8, 12 and 16%), five experimental unit (pens) and two pigs per pen. Additionally it was formulated a control diet contain no glycerin (0%). At the end of the finishing phase, all pigs were slaughtered to evaluate the carcass traits. There were no interactions among levels of semipurified glycerin and types of semipurified glycerin. Regression analysis indicates no effects of semipurified glycerin inclusion on performance, plasmatic variables, quantitative and qualitative of carcass traits. The performance results suggest that it is feasible to use up to 16% of both semipurified glycerin on growing and finishing pigs feeding, without impairing performance, plasmatic variables and quantitative and qualitative of carcass traits.

Key-words: carcass, co-product, glycerol

INTRODUÇÃO

O Brasil é o quarto maior exportador mundial de carne suína e também ocupa a mesma posição no ranking de produção, com cerca de três milhões de toneladas anuais (Abipecs, 2011).

O crescimento das indústrias de ração e a demanda por insumos seguem na mesma proporção, entretanto a alta dos preços e a volatilidade das principais matérias-primas para as rações (os grãos) tornam-se um entrave. Uma estratégia para amenizar a crise do fornecimento de matérias-primas para as rações animais é a utilização de subprodutos advindos do processo de fabricação dos biocombustíveis.

O elevado preço do petróleo e as discussões relacionadas à poluição gerada pelo seu uso levam a avaliação de fontes alternativas de energia como os biocombustíveis. O biodiesel é um biocombustível produzido a partir de óleos vegetais ou de gorduras animais e o Brasil está entre os maiores produtores e consumidores mundiais. O seu principal co-produto é a glicerina, que pode ser comercializada conforme Carvalho et al. (2010), na forma bruta (alto conteúdo de ácidos graxos) ou semipurificada, mais conhecida como “loira” (baixo conteúdo de ácidos graxos).

O valor energético da glicerina é semelhante ao do milho (Groesbeck et al., 2008), assim, ela pode substituir o milho nas rações animais como fonte energética, sendo absorvida no organismo, participa da formação de lipídios, podendo ser convertida em glicose através da via gliconeogênese e oxidada para a produção de energia através da glicólise e do ciclo do ácido cítrico.

O uso da glicerina na alimentação de suínos tem sido alvo de estudos, visando avaliar os seus efeitos sobre o desempenho, característica de carcaça e qualidade de carne de suínos. Segundo Menten et al. (2009), a glicerina pode ser utilizada na alimentação animal, sendo uma fonte alternativa de energia na formulação das rações para suínos em todas as fases de produção.

Este trabalho foi conduzido para determinar o valor nutricional de glicerinas semipurificadas de origem vegetal e mista e avaliar os efeitos da inclusão em rações práticas sobre o desempenho de suínos na fase de crescimento (30 a 60 kg) e terminação (60 a 90 kg), características de carcaça e sua viabilidade econômica.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Setor de Suinocultura da Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), pertencente à Universidade Estadual de Maringá (UEM), localizada no Estado do Paraná.

Foram estudadas duas glicerinas semipurificadas: GSPV – oriunda de óleo vegetal (soja) e GSPM – mista, oriunda de 80% de gordura animal + 20% de óleo de soja. Ambas obtidas na indústria de biocombustíveis BIOPAR, localizada no município de Rolândia/PR.

Para determinação da composição química e energética (Tabela 1) das glicerinas (GSPV e GSPM), foram realizadas as análises de densidade, teor de umidade (Karl Fisher) e glicerol total no Instituto de Tecnologia do Paraná (TECPAR). Os valores de pH, proteína bruta, minerais e energia bruta (Calorímetro adiabático - Parr Instrument Co. AC720) foram obtidas no Laboratório de Análise de Alimentos e Nutrição Animal da Universidade Estadual de Maringá (LANA), segundo os procedimentos descritos por Silva & Queiroz (2002). O teor de cloreto de sódio foi determinado no Laboratório de Controle de Análises da empresa BIOPAR. A matéria orgânica não glicerol (MONG) foi calculada segundo a equação indicada por Hansen et al. (2009) em que $MONG = 100 - (\% \text{ glicerol} + \% \text{ umidade} + \% \text{ cinzas})$. A determinação de lipídios totais e metanol foram realizadas por cromatografia nos Departamentos de Química e Física, respectivamente, na Universidade Estadual de Maringá.

Experimento III - Ensaio de digestibilidade

Foi conduzido um ensaio de digestibilidade total, no qual foram utilizados 32 suínos mestiços de linhagem comercial, machos castrados, com $45,08 \pm 4,11$ kg de peso corporal inicial.

Os animais foram alojados, individualmente, em gaiolas de metabolismo semelhantes às descritas por Pekas (1968), em sala com ambiente parcialmente controlado. As temperaturas, ambiente médias, apresentaram mínima de $17,4 \pm 1,19^\circ\text{C}$ e máxima de $20,4 \pm 3,11^\circ\text{C}$. As umidades relativas médias do ar ambiente apresentaram mínima de $50,5 \pm 13,25\%$ e máxima de $79,3 \pm 14,21\%$.

TABELA 1 - Composição química e energética da glicerina semipurificada vegetal (GSPV) e glicerina semipurificada mista (GSPM)

Nutrientes	GSPV	GSPM
Umidade, %	4,38	15,07
Glicerol, %	74,94	68,66
Proteína bruta, %	0,06	0,04
Energia bruta, Kcal/kg	3.760	3.217
Ácidos graxos totais, %	9,0	5,1
MONG, % ¹	18,62	13,05
Metanol, %	10,32	6,28
Cinzas, %	2,06	3,22
Cloreto de Sódio, %	0,23	0,35
Cálcio, PPM	26,25	79,81
Fósforo, PPM	157,43	653,44
Potássio, %	0,116	0,006
Sódio, %	0,870	1,040
Cloreto, %	0,360	0,381
Magnésio, PPM	7,07	38,99
Cobre, PPM	0,132	0,532
Cromo, PPM	0,000	8,571
Ferro, PPM	14,01	256,57
Zinco, PPM	0,194	2,234
Manganês, PPM	0,464	1,487
Alumínio, PPM	1,90	13,86
Cobalto, PPM	0,100	0,220
Molibdênio, PPM	0,000	0,000
Chumbo, PPM	0,294	0,526
pH	5,60	1,67
Densidade, kg/m ³	1.183	1.189

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

A ração referência, composta por milho (72,90%), farelo de soja (24,45%), sal comum (0,570%), calcário (0,640%), fosfato bicálcico (0,870%) e suplemento vitamínico mineral (0,570%), foi calculada para atender as exigências indicadas por Rostagno et al. (2005).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso. Foram estudados dois tipos de glicerina semipurificada (GSPV e GSPM) com o uso de três níveis de inclusão (6, 12 e 18%) em uma dieta referência para cada glicerina e quatro unidades experimentais por tratamento.

O fornecimento das dietas, coleta de fezes e urina foram realizados de acordo com os procedimentos descritos 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 08h e às 15h.

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 água em, aproximadamente, 20% da ração fornecida para evitar desperdícios, reduzir a pulverulência e melhor aceitabilidade da ração pelo animal. Após cada refeição, a água foi fornecida no próprio comedouro na proporção de três mL de água/g de ração fornecida, para evitar excesso de consumo de água e comprometer o consumo da ração.

Para marcar o início e final de cada período de coleta total de fezes, foi utilizado 3% de óxido férrico (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), moída em moinho tipo faca (peneira de 1 mm). A urina foi coletada em baldes de plástico, contendo 20 mL de ácido clorídrico (HCl 1:1) para evitar a proliferação bacteriana e possíveis perdas de nitrogênio por volatilização.

Os coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS), matéria orgânica (CDMO), energia bruta (CDEB) e coeficiente de metabolização da energia bruta (CMEB) da GSPV e da GSPM, foram calculados conforme Matterson et al. (1965). Os valores de energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM) foram estimados pela análise de regressão (Adeola & Ileleji, 2009) da ED e EM consumida (Kcal/kg) associada à glicerina vs. o consumo de glicerina (kg).

Experimento IV: Experimento de Desempenho da Fase de Crescimento (30 - 60 Kg) e Terminação (60 - 90 Kg)

Os experimentos foram realizados no período de março de 2010 a setembro de 2010. A temperatura mínima média, registrada no período experimental, foi de $20,10 \pm 2,45^\circ\text{C}$ e a máxima média foi de $32,71 \pm 2,87^\circ\text{C}$.

Foram utilizados 72 suínos mestiços de linhagem comercial, com peso corporal inicial de $30,08 \pm 1,65$ kg e final de $60,58 \pm 3,57$ kg no crescimento e outros 72 suínos com peso corporal inicial de $60,83 \pm 2,63$ kg e final de $93,79 \pm 5,72$ kg na terminação.

Os suínos foram alojados em galpão de alvenaria, coberto com telhas de fibrocimento, dividido em duas alas, cada uma possuindo dez baias ($7,60 \text{ m}^2$ cada),

separadas por um corredor central. Cada baía possuía bebedouros tipo chupeta no fundo e comedouro semiautomático localizado na parte frontal, o que proporcionava livre acesso a ração e água. As baias apresentavam ao fundo, uma lâmina d'água de ± 8 centímetros de profundidade, a qual era lavada e renovada duas vezes por semana. As rações e a água foram fornecidas à vontade durante todo o período experimental.

Os suínos foram distribuídos em delineamento experimental de blocos ao acaso (tempo e peso) em esquema fatorial $2 \times 4 + 1$, sendo dois tipos de glicerina semipurificada (GSPV e GSPM) e quatro níveis de inclusão (4, 8, 12, e 16%) com oito repetições e um suíno por unidade experimental (UE). Adicionalmente foi formulada uma ração testemunha (RT) sem adição de glicerina (0%).

As rações experimentais (Tabelas 7 e 8) à base de milho e farelo de soja foram formuladas para atenderem ao recomendado por Rostagno et al. (2005), para suínos na fase de crescimento (30 - 60 kg) e terminação (60 - 90kg).

Para a formulação das rações foi utilizada a composição química e energética das gliceras semipurificadas (GSPV e GSPM), obtida no experimento de digestibilidade. Para o milho e farelo de soja, foram determinados os valores de PB, fósforo e cálcio e os níveis de EM foram os indicados por Rostagno et al. (2005).

Os animais foram pesados no início e no final do experimento, bem como o consumo total de ração computado, com o que foi calculado o 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, utilizando o aparelho Sono-Grader (Renco[®]).

No início (baseline), meio (17^o dia para o crescimento e 18^o dia para a terminação) e no final (33^o dia para o crescimento e 35^o dia para a terminação) do período experimental, foram colhidas amostras de sangue de todos os animais, via veia cava cranial e transferida para tubos com heparina.

TABELA 7 - Composição centesimal, nutricional, energética e custo das rações, contendo diferentes níveis de inclusão de glicerina semipurificada vegetal (GSPV) e glicerina semipurificada mista (GSPM), para suínos na fase de crescimento

Itens	GSPV(%)					GSPM(%)			
	0	4	8	12	16	4	8	12	16
Milho	70,37	65,02	59,70	54,39	49,07	64,53	58,73	52,93	47,13
Glicerina	0,00	4,00	8,00	12,00	16,00	4,00	8,00	12,00	16,00
Farelo de soja	26,12	26,94	27,73	28,53	29,32	27,01	27,88	28,75	29,61
Óleo de soja	0,690	1,219	1,747	2,275	2,802	1,632	2,573	3,514	4,455
Calcário	0,636	0,626	0,616	0,606	0,596	0,625	0,614	0,603	0,592
Fosfato bicálcico	1,287	1,301	1,315	1,329	1,343	1,302	1,317	1,333	1,348
Sal comum	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350
Suplemento vitamínico + mineral ¹	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
Promotor de crescimento ²	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
L-Lisina HCl, 99%	0,173	0,158	0,144	0,130	0,116	0,156	0,141	0,126	0,111
L-Treonina, 98%	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030
DL-Metionina, 99%	0,046	0,052	0,058	0,064	0,070	0,053	0,059	0,066	0,072
Valores calculados ³									
Energia metabolizável ³ , Kcal/kg	3.230	3.230	3.230	3.230	3.230	3.230	3.230	3.230	3.230
Proteína bruta ³ , %	16,82	16,82	16,82	16,82	16,82	16,82	16,82	16,82	16,82
Cálcio ³ , %	0,631	0,631	0,631	0,631	0,631	0,631	0,631	0,631	0,631
Fósforo digestível ³ , %	0,332	0,332	0,332	0,332	0,332	0,332	0,332	0,332	0,332
Lisina digestível ³ , %	0,895	0,895	0,895	0,895	0,895	0,895	0,895	0,895	0,895
Metionina+Cistina digestível ³ , %	0,537	0,537	0,537	0,537	0,537	0,537	0,537	0,537	0,537
Treonina digestível ³ , %	0,582	0,582	0,582	0,582	0,582	0,582	0,582	0,582	0,582
Glicerol ³ , %	-	2,998	5,995	8,993	11,990	2,746	5,493	8,239	10,986
Custo ³ , R\$/kg	0,584	0,586	0,588	0,590	0,592	0,595	0,606	0,617	0,628

¹- Suplemento vitamínico e mineral para suínos na fase de crescimento; ²- Lincomicina 30%; ³- Calculados com base na composição dos alimentos indicados por Rostagno et al. (2005) e/ou determinados.

TABELA 8 - Composição centesimal, nutricional, energética e custo das rações, contendo diferentes níveis de inclusão de glicerina semipurificada vegetal (GSPV) e glicerina semipurificada mista (GSPM), para suínos na fase de terminação

Itens	GSPV(%)					GSPM(%)			
	0	4	8	12	16	4	8	12	16
Milho	81,45	75,70	70,38	65,07	59,75	75,22	69,41	63,61	57,81
Glicerina	0,00	4,00	8,00	12,00	16,00	4,00	8,00	12,00	16,00
Farelo de soja	16,37	17,60	18,40	19,19	19,98	17,67	18,54	19,41	20,27
Óleo de soja	0,007	0,550	1,078	1,606	2,134	0,964	1,905	2,846	3,787
Calcário	0,575	0,564	0,554	0,544	0,534	0,563	0,552	0,541	0,531
Fosfato bicálcico	0,877	0,889	0,903	0,917	0,931	0,890	0,905	0,921	0,936
Sal comum	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350
Suplemento vitamínico + mineral ¹	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
Promotor de crescimento ²	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
L-Lisina HCl, 99%	0,182	0,155	0,141	0,127	0,113	0,154	0,139	0,124	0,108
L-Treonina, 98%	0,026	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
DL-Metionina, 99%	0,010	0,012	0,018	0,024	0,030	0,013	0,019	0,026	0,032
Valores calculados ³									
Energia metabolizável ³ , Kcal/kg	3.236	3.236	3.236	3.236	3.236	3.236	3.236	3.236	3.236
Proteína bruta ³ , %	13,85	13,85	13,85	13,85	13,85	13,85	13,85	13,85	13,85
Cálcio ³ , %	0,489	0,489	0,489	0,489	0,489	0,489	0,489	0,489	0,489
Fósforo digestível ³ , %	0,248	0,248	0,248	0,248	0,248	0,248	0,248	0,248	0,248
Lisina digestível ³ , %	0,680	0,680	0,680	0,680	0,680	0,680	0,680	0,680	0,680
Metionina+Cistina digestível ³ , %	0,422	0,422	0,422	0,422	0,422	0,422	0,422	0,422	0,422
Treonina digestível ³ , %	0,456	0,456	0,456	0,456	0,456	0,456	0,456	0,456	0,456
Glicerol ³ , %	-	2,998	5,995	8,993	11,990	2,746	5,493	8,239	10,986
Custo ³ , R\$/kg	0,535	0,536	0,538	0,540	0,542	0,545	0,556	0,567	0,578

¹- Suplemento vitamínico e mineral para suínos na fase de terminação; ²- Lincomicina 30%; ³- Calculados com base na composição dos alimentos indicados por Rostagno et al. (2005) e/ou determinados.

As amostras foram centrifugadas (3.000 rpm por 15 minutos) para obtenção do plasma. Em seguida, 3 mL de plasma (em duplicata) foram transferidos para tubos tipo “ependorff” devidamente identificados e armazenados em freezer (-18°C), para posteriores análises laboratoriais. Para análise do nitrogênio da ureia plasmática (NUP), glicose (GLIC), colesterol total (COL) e triglicerídeos (TRIG) foram utilizados Kits da Gold Analisa Diagnostica Ltda. Os resultados do baseline obtidos no início do experimento foram utilizados como covariável para análises.

Ao final da fase de terminação, todos os suínos foram abatidos com insensibilização elétrica (200 watts) no abatedouro da Fazenda Experimental de Iguatemi-FEI/UEM, inspecionado pelo Serviço de Inspeção Municipal (SIM). As carcaças foram resfriadas (1 - 2°C) por 24 horas para posteriormente serem submetidas à avaliação quantitativa, conforme o Método Brasileiro de Classificação de Carcaça (ABCS, 1973) e o método americano NPPC (1991).

O pH do músculo *Longissimus dorsi* foi mensurado na carcaça quente 45 minutos *pos mortem* (pH45) e na carcaça resfriada mantida na câmara fria (1 - 2°C) por 24 horas (pH24), utilizando o pH meter Digital portátil HI 99163 (Hanna Instruments), seguindo as recomendações de Bridi & Silva (2006). As áreas do *Longissimus dorsi* e de gordura foram determinadas utilizando uma mesa digitalizadora e com o auxílio do software Spring (Câmara et al., 1996).

Para avaliação qualitativa da carcaça foram retiradas amostras de todos os animais (2,5 cm de espessura) do *Longissimus dorsi* na região da 8ª e 10ª vértebra para posterior mensuração de perda de água por gotejamento, descongelamento e cocção, conforme Bridi & Silva (2006).

A cor do músculo *Longissimus dorsi* foi mensurada 24 horas após abate, com amostras retiradas entre a 8ª e 10ª vértebra torácicas, conforme descrito por Bridi & Silva (2006). 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.

Para mensuração das variáveis cor, consistência (CONS) e marmoreio foi realizado um subjetivo score na superfície do músculo *Longissimus dorsi*, utilizando

uma pontuação com escala de 5 pontos (1 = pálida, mole e desprovida de marmoreio; 5 = escura, firme moderado ou abundante marmoreio), como descrito pelo NPPC (1991).

Todas as amostras cozidas do músculo *Longissimus dorsi* foram utilizadas para determinação 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 no texturômetro Stable Micro Sytem TA-XT2i, acoplado com a probe Warner-Bratzler Shear Force e o software Texture Expert Exponent – Stable Micro Systems.

Para avaliar a viabilidade econômica da inclusão das glicerinas semipurificadas, GSPV e GSPM na alimentação de suínos, foram levantados preços das matérias-primas no mercado e calculado o custo da ração por quilograma de peso corporal 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 corporal 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 (09/2011) para calcular os custos das rações experimentais. O milho (grão) custou R\$ 0,475/kg, o farelo de soja R\$ 0,629/kg, o óleo de soja R\$ 2,63/kg e as glicerinas semipurificadas (GSPV e GSPM) R\$ 0,20/kg.

Os resultados das diferentes variáveis estudadas foram submetidos à análise de variância, de acordo com o seguinte modelo estatístico: $Y_{ijk} = \mu + B_i + N_j + F_k + NF_{jk} + e_{ijkl}$, em que Y_{ijk} = observação do animal l , dentro do bloco i , nível de inclusão j e tipo de glicerina semipurificada k ; μ = constante associada a todas as observações; B_i = Efeito do bloco, sendo $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8$; N_j = efeito dos níveis de glicerina semipurificada, sendo $j = 0, 4, 8, 12, 16\%$; F_k = efeito do tipo de glicerina semipurificada, sendo $k =$

GSPV e GSPM; NF_{jk} = efeito da interação dos níveis de inclusão j e o tipo de glicerina semipurificada k e e_{ijkl} = erro aleatório associado à observação.

Para a comparação dos resultados da ração testemunha (sem inclusão de glicerina semipurificada) com cada um dos níveis de inclusão de GSPV e GSPM, foi aplicado o teste de Dunnett (Sampaio, 1998). As análises estatísticas foram efetuadas utilizando o sistema de análises estatísticas e genéticas (SAEG) desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Experimento III - Ensaio de Digestibilidade

Os coeficientes de digestibilidade (MS, MO, EE e EB), metabolização da energia e nutrientes digestíveis (Tabela 9) das glicerinas semipurificadas (GSPV e GSPM) demonstraram que ambas são boas fontes energéticas para alimentação de suínos nas fases de crescimento e terminação.

Os valores da relação EM:ED encontrados nesse trabalho são inferiores aos relatados por Lammers et al. (2008b) para suínos alimentados com glicerina semipurificada (92%) e por Rostagno et al. (2005) para milho e óleo de soja (97%). Para Kerr et al. (2009) a redução da relação EM:ED, possivelmente seja pela quantidade de ácidos graxos presente nas glicerinas.

TABELA 9 - Coeficientes de digestibilidade aparente (CD), coeficiente de metabolização (CM) e valores digestíveis da glicerina semipurificada vegetal (GSPV) e glicerina semipurificada mista (GSPM), estudados na fase de crescimento e terminação

Digestibilidade (%)	Glicerina	
	GSPV	GSPM
CD da Matéria seca	92,38	85,19
CD da Matéria orgânica	106,14	98,91
CD do Extrato etéreo	99,81	95,50
CD da Energia bruta	100,45	96,05
CM da Energia bruta	72,55	69,22
Nutrientes digestíveis (MN ¹)		
Matéria seca digestível	88,33	72,99
Matéria orgânica digestível,	98,85	91,53
Extrato etéreo digestível,	8,98	4,87
Energia digestível, Kcal/kg	3.777	3.090
Energia metabolizável, Kcal/kg	2.731	2.210
EM:ED	0,72	0,72

¹ Matéria natural.

A relação linear entre o consumo de energia metabolizável (Kcal/kg) associada à glicerina vs o consumo de glicerina (kg), (Figura 2), mostra que a GSPV apresentou valor energético (2.731 Kcal/kg de EM) 23,5% superior à GSPM (2.210 Kcal/kg de EM). Kerr et al. (2009) relatam que teores de ácidos graxos totais maiores proporcionam maior valor energético. A GSPV apresentou teores de ácidos graxos totais maiores em relação à GSPM.

Os valores EM das glicerinas semipurificadas (GSPV e GSPM) estimados pela análise de regressão (Figura 2), apresentaram valores inferiores aos observados por Bartelt & Schneider, (2002) que encontraram 3.436 kcal EM/kg para a glicerina purificada.

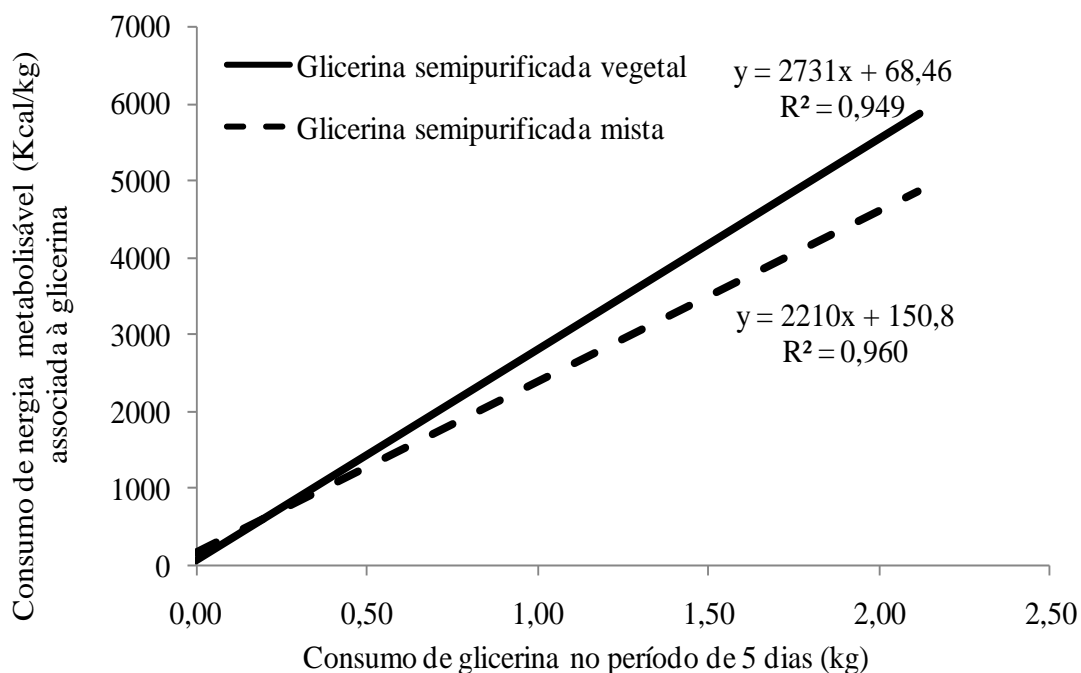


Figura 2 - Equações de regressão da EM de dois tipos de glicerinas, obtidas a partir do consumo de energia metabolizável (Kcal/kg) associada à glicerina vs. o consumo de glicerina (kg), por 24 suínos em fase crescimento, no período de cinco dias.

A metabolização da EB da glicerina pode ser influenciada pela presença em teores elevados de resíduos dos catalisadores (Na^+ e K^+), utilizados na produção do biodiesel, através do aumento no consumo de água, conseqüentemente na produção urinária. Na literatura atual, há relatos de que esta produção é influenciada em dietas com níveis elevados de glicerina. Conforme estudos de Lammers et al. (2008a), suínos alimentados

com glicerina tem uma maior energia bruta urinária em razão do maior volume de urina excretado, indicando que este co-produto pode ter um efeito diurético nos animais. Entretanto, a quantidade destes catalisadores na glicerina pode ser facilmente manipulada pela indústria no processo de produção de biodiesel.

Experimento IV – Experimento de desempenho de suínos nas fases de crescimento e terminação

Para as fases de crescimento e terminação, não houve interação entre os níveis de inclusão e o tipo de glicerina semipurificada. A análise de regressão indicou que não houve efeito ($P > 0,05$) do nível de inclusão de glicerina semipurificada para as variáveis CDR, GDP e CA (Tabela 10).

O teste de Dunnett indicou que não houve diferença entre os níveis de inclusão das gliceras e a ração testemunha (0% de glicerina). Esta resposta indica que os valores nutricionais utilizados para as gliceras são os reais, uma vez que as rações foram isonutritivas. Sugerem ainda, que estes co-produtos não possuem componentes nocivos ao desempenho dos suínos.

Resultados diferentes foram observados por Kijora & Kuppsch, (1996), em que houve um maior consumo de ração, em suínos em fase de crescimento (24,1 – 54,2 kg), alimentados com até 10% de dois tipos de glicerina com diferentes níveis de purificação.

Mourot et al. (1994), Lammers et al. (2008a) e Schieck et al. (2010) avaliando o desempenho de suínos em crescimento e terminação, alimentados com 5 a 10% de inclusão de glicerina semipurificada obtida da gordura animal e óleo vegetal, observaram resultados semelhantes a este trabalho. Mendoza et al. (2010) utilizando glicerina purificada recomendam a inclusão em até 15% na alimentação de suínos em crescimentos, sem prejuízos no desempenho.

Pesquisas mostram que com a adição de até 10% de glicerina purificada (Della Casa et al., 2009) e semipurificada (Hansen et al. 2009; Berenchtein et al. 2010), foram observados efeitos negativos no desempenho de suínos em crescimento. Stevens et al. (2008) em estudo com a inclusão em até 15% glicerina, na alimentação de suínos em crescimento-terminação, obtiveram um efeito quadrático para o GDP e uma piora na conversão alimentar. Desta forma, recomenda-se uma inclusão gradativa da glicerina em dietas de suínos.

TABELA 10 - Desempenho de suínos nas fases de crescimento e terminação, alimentados com rações contendo diferentes níveis de inclusão de glicerina semipurificada vegetal (GSPV) e glicerina semipurificada mista (GSPM)

Itens	Níveis de inclusão de glicerina, (%)										Média ±EP ¹	TG ²	TG x NV ³	Lin ⁴	Quad ⁵
	GSPV					GSPM									
	0	4	8	12	16	4	8	12	16						
Crescimento															
CDR, kg	2,231	2,303	2,202	2,213	2,266	2,237	2,323	2,297	2,256	2,259±0,03	*	*	*	*	
GDP, kg	0,953	0,935	0,904	0,900	0,952	0,946	0,959	0,951	0,956	0,940±0,01	*	*	*	*	
CA	2,345	2,475	2,453	2,462	2,384	2,377	2,420	2,423	2,364	2,411±0,02	*	*	*	*	
Terminação															
CDR, kg	2,813	2,631	2,755	3,035	2,880	2,688	2,942	2,926	2,875	0,946±0,03	*	*	*	*	
GDP, kg	0,911	0,890	0,932	1,024	0,944	0,909	0,981	0,981	0,936	2,838±0,01	*	*	*	*	
CA	3,099	2,984	2,965	2,966	3,077	3,014	3,029	2,990	3,077	3,022±0,02	*	*	*	*	

¹- Erro Padrão; ²- TG = Tipo de glicerina; ³- Interação entre tipo de glicerina e níveis de glicerina; ⁴- Efeito linear dos níveis de glicerina; ⁵- Efeito quadrático dos níveis de glicerina; * Valores (P>0,05); CDR = consumo diário de ração; GDP = ganho diário de peso e CA = conversão alimentar.

As variáveis (Tabela 11) espessura de toucinho (ET-P2) e profundidade de lombo (PL), não apresentaram interação entre os níveis de inclusão e o tipo de glicerina semipurificada. A análise de regressão indicou que os níveis de inclusão de glicerina semipurificada não influenciaram ($P>0,05$), as variáveis estudadas.

O teste de Dunnett indicou que não houve diferença para ET-P2 e PL entre os níveis de inclusão das gliceras e a ração testemunha (0% de glicerina).

Hansen et al. (2009), não obtiveram efeito na ET-P2 de suínos em fase de crescimento (50,9 a 105,2 kg) alimentados com a inclusão até 16% de glicerina semipurificada mista.

Duttlinger et al. (2008) não obtiveram efeito na profundidade de lombo com a inclusão de até 5% de glicerina. Apenas houve uma redução da espessura de toucinho com o aumento dos níveis de inclusão. Hanczakowska et al. (2010), avaliando a inclusão em até 10% de glicerina bruta e refinada na alimentação de suínos em fase de terminação, encontraram uma maior espessura de toucinho em suínos alimentados com glicerina refinada.

Os resultados das variáveis plasmáticas (Tabela 12 e 13) para as fases de crescimento e terminação mostram que não houve interação ($P>0,05$) entre os níveis de inclusão e tipos de glicerina semipurificada (GSPV e GSPM) para concentração plasmática de glicose, triglicerídeos, colesterol e NUP. Da mesma forma, estudos recentes (Lammers et al. 2008a; Hansen et al. 2009), não observaram efeito nos níveis plasmáticos de glicose em suínos alimentados de 5 a 16% de inclusão de glicerina semipurificada.

Em relação à variável NUP, valores baixos estão relacionados com a melhor utilização de nitrogênio para a deposição de tecido (Coma et al., 1995), o que resulta em melhora na retenção e consequente redução do nitrogênio excretado. Neste experimento, a variável NUP não apresentou diferenças entre os tratamentos, indicando que a deposição proteica para formação dos tecidos foi semelhante, o que era esperado, porque as dietas eram isoproteicas e isoaminoacídicas.

TABELA 11 - Espessura de toucinho e profundidade de lombo de suínos nas fases de crescimento (30-60 kg) e terminação (60-90 kg), alimentados com rações contendo diferentes níveis de inclusão de glicerina semipurificada vegetal (GSPV) e glicerina semipurificada mista (GSPM)

Itens	Níveis de inclusão de glicerina (%)										Média±EP ¹	TG ²	TG x Nv ³	Linear ⁴	Quad ⁵
	GSPV					GSPM									
	0	4	8	12	16	4	8	12	16						
Crescimento															
ET, mm	9	8	9	10	10	9	9	10	10	9±0,21	*	*	*	*	
PL, mm	41	40	39	39	39	40	42	41	42	40±0,62	*	*	*	*	
Terminação															
ET, mm	12	13	14	15	15	12	12	14	14	13,32±0,53	*	*	*	*	
PL, mm	54	51	52	52	53	53	53	55	55	52,97±0,87	*	*	*	*	

¹ Erro Padrão; ² CV = Coeficiente de variação; ² TG = Tipo de glicerina semipurificada; ³ Interação entre tipo de glicerina e níveis de glicerina; ⁴ Efeito linear dos níveis de glicerina semipurificada; ⁵ Efeito quadrático dos níveis de glicerina semipurificada; *Valores (P>0,05); ET = espessura de toucinho e PL = profundidade de lombo.

TABELA 12 - Níveis plasmáticos (mg/dL) de glicose, triglicerídeos, colesterol e nitrogênio da ureia plasmática de suínos na fase crescimento, alimentados com rações contendo diferentes níveis de inclusão de glicerina semipurificada vegetal (GSPV) e glicerina semipurificada mista (GSPM)

Coleta	Níveis de inclusão, %											Média±EP ¹	TG ²	TGxNV ³	L ⁴	Q ⁵
	Glicerina Semipurificada Vegetal						Glicerina Semipurificada Mista									
	0	4	8	12	16	Média	4	8	12	16	Média					
Glicose																
Baseline ⁶	98,26	93,69	89,09	85,79	94,60	90,79	88,66	84,10	85,96	86,15	86,22	89,59±1,11	-	-	-	-
17° dia	103,05	105,43	103,44	95,65	102,87	101,84	108,33	101,08	97,68	102,78	102,47	102,26±1,33	*	*	*	*
33° dia	99,53	95,52	98,08	99,24	109,47	100,58	102,55	104,35	103,50	105,68	104,02	101,99±1,38	*	*	*	*
Média ⁷	100,28	98,21	96,87	93,56	102,31	-	99,85	96,51	95,71	98,20	-	102,13±0,76	*	*	*	*
Triglicerídeos																
Baseline ⁶	48,54	42,73	49,45	41,04	51,05	46,07	39,85	46,10	47,12	48,52	45,40	46,04±1,26	-	-	-	-
17° dia	50,57	51,95	55,79	50,79	54,66	53,30	55,86	56,29	57,39	57,78	56,83	54,57±1,01	*	*	*	*
33° dia	55,65	50,67	51,19	50,65	57,93	52,61	51,23	57,78	55,91	54,67	54,90	53,96±1,22	*	*	*	*
Média ⁷	51,59	48,45	52,14	47,49	54,55	-	48,98	53,39	53,48	53,66	-	54,27±0,83	*	*	*	*
Colesterol																
Baseline ⁶	83,21	87,59	88,81	93,72	95,85	91,49	92,91	86,42	88,21	94,60	90,54	90,15±1,29	-	-	-	-
17° dia	88,55	102,39	100,27	99,54	94,64	99,21	100,55	99,80	98,94	99,50	99,70	98,24±1,78	*	*	*	*
33° dia	89,47	84,58	94,18	97,24	95,22	92,80	96,44	98,91	94,51	98,76	97,15	94,37±1,81	*	*	*	*
Média ⁷	87,08	91,52	94,42	96,83	95,24	-	96,63	95,04	93,89	97,62	-	96,31±1,01	*	*	*	*
Nitrogênio da ureia plasmática																
Baseline ⁶	16,76	15,47	16,95	15,35	14,21	15,50	13,61	15,23	15,53	15,11	14,87	15,36±0,26	-	-	-	-
17° dia	18,34	18,70	18,60	18,58	18,21	18,52	18,60	18,14	18,99	18,11	18,03	18,46±0,40	*	*	*	*
33° dia	18,04	18,58	18,83	18,46	18,24	18,53	18,20	18,72	18,20	18,09	17,95	18,26±0,41	*	*	*	*
Média ⁷	17,71	17,58	18,12	17,46	16,89	-	16,742	17,37	17,58	17,10	-	18,36±0,15	*	*	*	*

¹- Erro Padrão; ²- TG = Tipo de glicerina semipurificada; ³- Interação entre tipo de glicerina e níveis de glicerina; ⁴- Efeito linear dos níveis de glicerina semipurificada; ⁵- Efeito quadrático dos níveis de glicerina semipurificada; ⁶- Baseline: valor obtido da coleta no primeiro dia do experimento; ⁷- Média referente à colheita do 17° e 33° dia; * Valores (P>0,05).

TABELA 13 - Níveis plasmáticos (mg/dL) de glicose, triglicerídeos, colesterol e nitrogênio da ureia plasmática de suínos na fase terminação, alimentados com rações contendo diferentes níveis de inclusão de glicerina semipurificada vegetal (GSPV) e glicerina semipurificada mista (GSPM)

Coleta	Níveis de inclusão, %											Média	Média±EP ¹	TG ²	TGxNV ³	L ⁴	Q ⁵
	GSPV					GSPM											
	0	4	8	12	16	Média	4	8	12	16	Média						
Glicose																	
Baseline ⁶	92,11	94,60	92,42	94,27	93,66	93,74	91,55	93,98	93,74	90,04	92,33	92,93±0,33	-	-	-	-	
18° dia	91,23	90,75	89,71	91,87	92,71	91,26	91,54	88,80	90,41	90,13	90,22	90,79±0,73	*	*	*	*	
35° dia	90,03	91,30	90,88	90,02	89,79	90,50	89,95	90,87	91,58	89,96	90,59	90,49±0,78	*	*	*	*	
Média ⁷	91,13	92,22	91,01	92,05	92,05	-	91,01	91,22	91,91	90,04	-	90,64±0,47	*	*	*	*	
Triglicerídeos																	
Baseline ⁶	43,55	44,64	41,26	45,07	49,21	45,04	39,20	42,42	41,25	45,46	42,08	43,56±0,82	-	-	-	-	
18° dia	41,43	44,46	49,44	49,72	49,80	48,36	39,88	39,83	43,11	44,18	41,75	44,65±0,86	*	*	*	*	
35° dia	44,38	43,54	45,05	46,14	50,03	46,19	40,43	41,72	45,32	45,63	43,28	44,69±0,97	*	*	*	*	
Média ⁷	43,12	44,21	45,25	46,98	49,68	-	39,84	41,33	43,22	45,09	-	44,67±0,78	*	*	*	*	
Colesterol																	
Baseline ⁶	89,75	91,66	90,98	91,75	91,78	91,54	91,43	91,32	92,30	91,95	91,75	91,44±0,74	-	-	-	-	
18° dia	89,15	91,34	90,33	90,79	90,88	90,84	89,32	89,08	91,21	90,34	89,99	90,27±1,02	*	*	*	*	
35° dia	91,86	92,81	91,91	90,79	92,18	91,93	92,01	91,59	91,59	91,65	91,71	91,82±0,80	*	*	*	*	
Média ⁷	90,25	91,94	91,08	91,11	91,61	-	90,92	90,66	91,70	91,31	-	91,05±0,68	*	*	*	*	
Nitrogênio da ureia plasmática																	
Baseline ⁶	16,01	17,27	16,06	14,46	16,10	15,97	16,27	14,81	14,71	16,74	15,63	15,83±0,20	-	-	-	-	
18° dia	14,14	14,09	15,20	14,89	15,17	14,84	13,69	13,79	14,86	14,76	14,28	14,51±0,29	*	*	*	*	
35° dia	14,21	15,54	14,74	15,01	15,37	15,16	13,04	13,87	15,29	15,88	14,52	14,77±0,27	*	*	*	*	
Média ⁷	14,79	15,64	15,33	14,78	15,55	-	14,34	14,16	14,95	15,79	-	14,64±0,28	*	*	*	*	

¹- Erro Padrão; ²- TG = Tipo de glicerina semipurificada; ³- Interação entre tipo de glicerina e níveis de glicerina; ⁴- Efeito linear dos níveis de glicerina semipurificada; ⁵- Efeito quadrático dos níveis de glicerina semipurificada; ⁶- Baseline: valor obtido da coleta no primeiro dia do experimento; ⁷- Média referente à colheita do 18° e 35° dia; *Valores (P>0,05).

Não houve efeito do período de colheita, na fase de crescimento (colheita do 17º e 33º dia) e terminação (colheita do 18º e 35º dia) para as variáveis plasmáticas.

A ET (Tabela 14) aumentou linearmente ($P \leq 0,05$) com a inclusão de diferentes níveis de GSPM. Hinson (2009) observou que para suínos na fase de terminação, a energia líquida do glicerol foi maior do que a energia líquida do milho e do farelo de soja, o que pode ter proporcionado o aumento na ET.

Com exceção da espessura de toucinho (ET), as demais características quantitativas de carcaça (Tabela 14), não foram influenciadas ($P > 0,05$) pela adição das glicerinas semipurificadas. Da mesma forma, o teste de Dunnett indicou não haver diferença ($P > 0,05$) entre os níveis de inclusão das glicerinas e a ração testemunha (0% de glicerina) para as diferentes variáveis. Estes resultados indicam que as glicerinas semipurificadas, se utilizadas até 16%, não comprometem as características quantitativas da carcaça de suínos.

Os resultados deste trabalho estão de acordo com estudos de Kijora & Kuppsch, (1996), que obtiveram resultados similares com suínos alimentados com 10% de inclusão de dois tipos de glicerinas com diferentes níveis de purificação. Já estudos de Lammers et al. (2008a) e Berenchtein et al. (2010), utilizando glicerina semipurificada, oriunda do óleo de soja e sebo bovino e Della Casa et al. (2009) e Mendoza et al. (2010), com glicerina purificada, não verificaram efeito nas características da carcaça de suínos. Por outro lado, Schieck et al. (2010) observaram aumento no peso da carcaça quente de suínos (31,3 a 91 kg), alimentados com 8% inclusão de glicerina semipurificada.

As características qualitativas de carcaça (Tabela 15), também não foram influenciadas ($P > 0,05$) pela adição das glicerinas semipurificadas. O teste de Dunnett também indicou não haver diferença ($P > 0,05$) entre os níveis de inclusão das glicerinas e a ração testemunha (0% de glicerina) para as diferentes variáveis.

Resultados contrários foram observados por Mourot et al. (1993) e Cerneau et al. (1994), utilizando glicerina semipurificada proveniente do óleo de colza, que obtiveram redução na perda de água por gotejamento e cocção nos músculos *Longissimus dorsi* e *Semimembranosus*.

TABELA 14 - Efeito de dietas contendo diferentes níveis de inclusão de glicerina semipurificada vegetal (GSPV) e glicerina semipurificada mista (GSPM), sobre características quantitativas da carcaça de suínos (60 - 90 kg)

Itens ¹ , %	Níveis de inclusão, %										Média±EP ²	TGxNV ³	TG ⁴	Lin ⁵	Quadr ⁶
	GSPV					GSPM									
	0	4	8	12	16	4	8	12	16						
QJ, %	3,73	3,30	4,53	5,19	3,59	4,48	4,38	3,58	2,69	3,94±0,18	*	*	*	*	
PCQ, kg	72,93	73,23	73,62	74,76	74,25	72,72	74,31	75,40	75,52	74,08±0,54	*	*	*	*	
RCQ, %	81,67	82,18	82,74	82,19	82,31	82,30	81,75	82,31	82,78	82,25±0,14	*	*	*	*	
PCF, kg	71,36	71,30	71,48	72,73	72,46	70,86	72,30	73,51	73,73	72,19±0,52	*	*	*	*	
RCF, %	79,92	80,00	80,34	79,95	80,32	80,20	79,56	80,26	80,82	80,15±0,13	*	*	*	*	
QR, %	2,14	2,65	2,90	2,72	2,42	2,54	2,68	2,50	2,37	2,55±0,08	*	*	*	*	
RP, kg	30,99	31,53	31,31	30,54	31,80	31,85	31,22	31,48	31,68	31,38±0,14	*	*	*	*	
PP, kg	11,06	11,23	11,18	11,09	11,53	11,28	11,26	11,59	11,68	11,32±0,01	*	*	*	*	
ET, cm	2,83	2,75	3,10	3,05	2,93	2,60	2,88	2,98	3,18	2,92±0,05	*	*	GSPM 0,04	*	
CC, cm	88,35	88,06	90,88	92,36	89,10	90,35	92,00	90,78	88,18	90,01±0,46	*	*	*	*	
AOL, cm ²	39,17	37,54	39,27	38,69	38,61	39,83	38,88	39,71	39,46	39,02±0,44	*	*	*	*	
GORD, cm ²	21,00	21,05	21,82	22,20	20,79	19,23	20,45	21,85	23,28	21,29±0,44	*	*	*	*	
CMAGRA, kg	56,73	55,34	56,62	55,92	56,63	57,13	57,25	57,20	57,56	56,71±0,43	*	*	*	*	
PMAGRA, %	77,81	75,72	76,99	74,97	76,21	78,66	77,21	75,77	76,19	76,61±0,47	*	*	*	*	
C:G	0,54	0,57	0,56	0,57	0,55	0,49	0,53	0,57	0,60	0,55±0,01	*	*	*	*	
Fígado, kg	1,34	1,30	1,33	1,36	1,34	1,35	1,40	1,36	1,29	1,34±0,02	*	*	*	*	

¹- 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), área de olho-de-lombo (AOL), área da gordura subcutânea (GORD), carne magra na carcaça (CMAGRA), porcentagem de carne magra na carcaça (PMAGRA), relação carne:gordura (C:G); ²- Erro Padrão; ³- Interação entre tipo de glicerina e níveis de glicerina; ⁴- TG = Tipo de glicerina; ⁵- Efeito linear dos níveis de glicerina (ET= 0,245083 + 0,459167 X) ; ⁶- Efeito quadrático dos níveis de glicerina; * Valores (P>0,05).

TABELA 15 - Efeito de dietas contendo diferentes níveis de inclusão de glicerina semipurificada vegetal (GSPV) e glicerina semipurificada mista (GSPM), sobre as características qualitativas do músculo *Longissimus dorsi* em suínos (60 - 90 kg)

Itens ¹ , %	Níveis de inclusão, %										Média±EP ²	TGxNV ³	TG ⁴	Lin ⁵	Quad ⁶
	GSPV					GSPM									
	0	4	8	12	16	4	8	12	16						
pH 45 min.	6,56	6,52	6,59	6,67	6,55	6,63	6,52	6,68	6,52	6,58±0,02	*	*	*	*	
pH 24 hs	5,66	5,65	5,63	5,64	5,57	5,71	5,59	5,65	5,51	5,62±0,02	*	*	*	*	
PGOT, %	2,00	2,19	2,31	2,00	2,56	1,56	2,06	2,44	2,06	2,13±0,12	*	*	*	*	
Marmoreio	1,75	2,13	2,00	1,88	2,00	2,00	1,75	2,00	2,13	1,96±0,07	*	*	*	*	
Minolta a ^{*7}	6,90	6,39	6,51	6,60	6,94	5,81	6,29	6,30	6,72	6,50±0,13	*	*	*	*	
Minolta b ^{*7}	5,94	6,11	6,15	6,19	6,40	5,43	5,99	5,94	5,97	6,01±0,08	*	*	*	*	
Minolta L ^{*7}	51,26	52,74	53,21	52,95	53,73	52,10	53,40	53,23	52,42	52,78±0,27	*	*	*	*	
Consistência	2,75	3,00	2,63	2,63	2,38	2,63	2,63	2,88	2,75	2,69±0,05	*	*	*	*	
COR	2,00	1,88	1,88	1,88	1,88	2,13	1,75	1,75	1,88	1,89±0,03	*	*	*	*	
PLD, %	9,67	10,11	9,41	9,87	9,32	9,92	10,53	10,39	9,76	9,89±0,21	*	*	*	*	
PLC, %	30,21	32,37	30,24	30,51	31,07	30,70	30,89	31,23	30,07	30,81±0,31	*	*	*	*	
FC, Kgf/seg	3,32	3,32	3,52	3,10	3,49	3,40	3,54	3,44	3,10	3,36±0,07	*	*	*	*	

¹- Perda de água por gotejamento (PGOT); cor (COR), segundo método americano; perda de líquido por descongelamento (PLD); perda de líquido por cocção (PLC); Força de cisalhamento (FC); ²- Erro Padrão; ³- Interação entre tipo de glicerina e níveis de glicerina ⁴- TG = Tipo de glicerina semipurificada; ⁵- Efeito linear dos níveis de glicerina semipurificada; ⁶-Efeito quadrático dos níveis de glicerina semipurificada; 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); * Valores (P>0,05).

Berenchtein et al. (2010), utilizando suínos alimentados com glicerina semipurificada, não verificaram efeitos sobre a luminosidade e pH final. A mesma ausência de efeito para força de cisalhamento, perda por cocção e características sensoriais foi encontrada por Duttlinger et al. (2009).

O uso da glicerina na alimentação de suínos propicia retenção de água, pela hidratação do tecido, com o aumento na pressão osmótica intracelular, além da ação protetora sobre a desnaturação das proteínas durante o cozimento (Mourot, 2009). Por esta razão, este autor recomenda a inclusão de até 5% de glicerina na alimentação de suínos, com o propósito de obter melhorias nos parâmetros qualitativos da carcaça, como redução na perda de água por gotejamento, o aumento do teor de lipídios no músculo e melhor qualidade sensorial.

TABELA 16 - Custo de ração (CR, R\$/kg), custo em ração por quilograma de peso corporal ganho (CR), índice de custo (IC) e índice de eficiência econômica (IEE) de suínos na fase de crescimento (30 - 60 Kg), alimentados com diferentes níveis de inclusão de glicerina semipurificada

Itens	Níveis de inclusão de glicerina, %					CV ¹	Dun ²	Reg ³
	0	4	8	12	16			
Glicerina semipurificada vegetal								
Peso Inicial, Kg	29,71	30,12	30,00	29,97	30,50			
Peso Final, Kg	60,613	60,44	59,29	59,25	61,38			
Custo da ração	0,584	0,586	0,588	0,590	0,592	-	-	-
CR, R\$/Kg PV ⁴	1,370	1,451	1,443	1,429	1,411	7,55	Ns	Ns
IC	100,0	105,9	105,3	104,2	103,0	-	-	-
IEE	100,0	94,4	95,0	95,9	97,1	-	-	-
Glicerina semipurificada mista								
Peso Inicial, Kg	29,71	30,07	30,10	30,14	30,10			
Peso Final, Kg	60,61	60,79	61,24	60,99	61,20			
Custo da ração	0,584	0,595	0,606	0,617	0,628	-	-	-
CR, R\$/Kg PV ⁴	1,370	1,415	1,467*	1,484*	1,485*	8,25	0,01	L:0,03
IC	100,0	103,3	107,1	108,3	108,4	-	-	-
IEE	100,0	96,8	93,4	92,4	92,3	-	-	-

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: Efeito linear: GSPM = 1,38108 + 0,0772352X; ⁴- CR, R\$/kg PV: Custo da ração por kg de peso corporal ganho.

Os resultados das análises econômicas (Tabelas 16 e 17) da inclusão da GSPV nas dietas de suínos nas fases de crescimento (30 - 60 kg) e terminação (60 - 90 kg) indicaram que não houve alteração no custo em ração por quilograma de peso corporal ganho. Ressalta-se que à medida que se adiciona a GSPV, há redução na inclusão do

milho. Como o milho possui preço mais elevado que a GSPV, a substituição de um ingrediente mais caro (milho) por um mais barato (GSPV) propiciou este índice de eficiência econômica similar para todas as rações.

Já os resultados das análises econômicas (Tabelas 16 e 17) da inclusão da GSPM mostraram aumento linear no custo das rações à medida que houve inclusão da GSPM, pois mesmo reduzindo o uso do milho, foi necessário aumentar a quantidade de óleo de soja nas rações para atender a exigência energética, o que eleva o custo das rações. A GSPM utilizada apresentava valor energético reduzido por causa do elevado teor de água na sua composição, o que acarretou elevação no custo de produção das rações.

O teste de Dunnett indicou que para as fases de crescimento e terminação, os níveis 8, 12 e 16% de inclusão de GSPM tiveram o CR superior (Tabelas 16 e 17), comparado à ração referência. Estes resultados não foram observados para a GSPV.

TABELA 17 - Custo de ração (CR, R\$/kg), custo em ração por quilograma de peso corporal ganho (CR), índice de custo (IC) e índice de eficiência econômica (IEE) de suínos na fase de terminação (60 - 90 Kg), alimentados com diferentes níveis de inclusão de glicerina semipurificada

Itens	Níveis de inclusão de glicerina, %					CV ¹	Dun ²	Reg ³
	0	4	8	12	16			
Glicerina semipurificada vegetal								
Peso Inicial, Kg	60,96	60,99	60,91	60,06	60,69			
Peso Final, Kg	92,75	92,18	93,26	95,93	93,60			
Custo da ração	0,535	0,536	0,538	0,540	0,542	-	-	-
CR, R\$/Kg PV ⁴	1,657	1,580	1,595	1,601	1,667	5,95	Ns	Ns
IC	104,92	100,00	100,94	101,32	105,50	-	-	-
IEE	95,31	100,00	99,07	98,70	94,79	-	-	-
Glicerina semipurificada mista								
Peso Inicial, Kg	60,96	60,88	61,10	60,78	61,13			
Peso Final, Kg	92,75	92,56	95,09	94,99	93,79			
Custo da ração	0,535	0,545	0,556	0,567	0,578	-	-	-
CR, R\$/Kg PV ⁴	1,657	1,643	1,684*	1,695*	1,778*	7,63	0,01	L:0,04
IC	100,90	100,00	102,49	103,19	108,22	-	-	-
IEE	99,11	100,00	97,57	96,91	92,41	-	-	-

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: Efeito linear: GSPM = 1,162684 + 0,0785526X; ⁴ CR, R\$/kg PV: Custo da ração por kg de peso corporal ganho

Conclusões

Os valores de energia metabolizável para as glicerinas semipurificadas vegetal e mista para suínos em crescimento-terminação são 2.731 e 2.210 Kcal/kg de matéria natural, respectivamente.

A adição de até 16% de ambas as glicerinas semipurificadas não prejudica o desempenho e a qualidade de carcaça de suínos nas fases de crescimento e terminação. Também não altera as variáveis plasmáticas (glicose, triglicerídeos, colesterol e NUP).

Os resultados sugerem que é economicamente viável a inclusão de até 16% de glicerina semipurificada vegetal nas dietas de suínos em crescimento e terminação (30 - 90 kg). Por outro lado, a glicerina semipurificada mista é inviável economicamente para as fases de crescimento e terminação. Entretanto, a viabilidade econômica da utilização das glicerinas semipurificadas vai depender da relação de preços entre os ingredientes, notadamente milho e óleo de soja (ou outra fonte energética).

Referências

- ABCS. **Método Brasileiro de Classificação de Carcaças**. Publicação Técnica n.2. Estrela/RS, 1973, 17p.
- ABIPECS. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PRODUTORA E EXPORTADORA DE CARNE SUÍNA **Produção mundial de carne suína**. 2011. Disponível em: <<http://www.abipecs.org.br/pt/estatisticas/mundial/producao-2.html>> Acesso em: 07 set. 2011.
- ADEOLA, O & ILELEJI, K.E. Comparison of two diet types in the determination of metabolizable energy content of corn distillers dried grains with soluble for broiler chickens by regression method. **Poultry Science**, v.88, p.579-585, 2009.
- BARTELT, J.; SCHNEIDER, D. **Investigation on the energy value of glycerol in the feeding of poultry and pigs**. 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.
- 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. **Métodos de avaliação da carcaça e da carne suína**. Londrina: Midigraft, 97p. 2006.
- 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.; MOREIRA, I.; PIANO, L.M., et al. Valor nutricional da glicerina bruta e semipurificada na alimentação de suínos na fase de crescimento. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 47, 2010, Salvador. **Anais...** Salvador: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2010.
- CERNEAU, P.; MOUROT, J.; PEYRONNET, C. Effet du glycerol alimentaire sur la qualite de la viande de porc et le rendement technologique du jambon cuit. **Journées Recherche Porcine em France**. V.26, p.193-198, 1994.
- COMA, J.; CARRION, D.; ZIMMERMAN, D.R. Use of plasma urea nitrogen as a rapid response criterion to determine the lysine requirement of pigs. **Journal of Animal Science**, v.73, p.472-481, 1995.
- 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.
- DUTTLINGER, A.W.; BENZ, J.M.; HOUSER, T.A. et al. Effects of increasing glycerol and dried distillers grains with solubles on the growth performance and carcass cha

- racteristics of finishing pigs. In: **Swine Day- Reporte progress 1001**, Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service, 2008.
- GOMES, M.F.M.; BARBOSA, H.P.; FIALHO, E.T. et al. **Análise econômica da utilização de trigulho para suínos**. Concórdia: EMBRAPA-CNPISA, p.1-2, 1991, (Comunicado Técnico, 179).
- 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.
- 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.
- HINSON, R.B. **Net energy content of soybean meal and glycerol for growing and finishing pigs**. 2009. 124f. Dissertation (Doctor of Philosophy) - University of Missouri, Columbia.
- 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, R.D. Evaluation of technical glycerols from “Biodiesel” production as a feed component in fattening of pigs. **Lipid-Fett**, v.98, p.240-245, 1996.
- 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.; WEBER, T.E.; et al. Digestible and metabolizable energy of crude glycerol for growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.86, p.602-608, 2008b.
- 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.
- 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.88, p.3887-3895, 2010.
- MENTEN, J.F.M.; MIYADA, V.S.; BERENCHTEIN, B. **Glicerol na alimentação animal**. 2009. Disponível em: <http://www.agrolink.com.br/downloads/glicerol_2009-03-13.pdf> Acesso em: 08 ago. 2011.

- MOUROT, J.; AUMAITRE, A.; MOUNIER, A. et al. Effect du glycerol alimentaire sur les performances de croissance et la qualité de la viande chez le porc Large White. **Journées Recherche Porcine en France**, v.25, p.29-35, 1993.
- 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**, Amsterdam, v.38, p.237-244. 1994.
- MOUROT, J. Utilisation du glycérol en alimentation porcine. **INRA Productions Animales**, n.5, v.22, p.409-414, 2009.
- NATIONAL PORK PRODUCERS COUNCIL - NPPC. **Procedures to evaluate market hogs**. 3rd ed. Des Moines: NPPC, 1991. 16p.
- PEKAS, J.C. Versatile swine laboratory apparatus for physiologic and metabolic studies. **Journal Animal Science**, v.27, n.5. p. 1303-1309, 1968.
- RAMOS, E.M.; GOMIDE, L.A.M. **Avaliação da qualidade de carnes: Fundamentos e Metodologias**. Viçosa:UFV, 2007, 599p.
- ROSTAGNO, H.S.; SILVA, D.J.; COSTA, P.M.A. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2 ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa. 2005. 186p.
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2007. 283p.
- SAMPAIO, I.B.M. **Estatística aplicada à experimentação animal**. Belo Horizonte-MG, 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. 2010 **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. 235p.
- STEVENS, J.; SCHINCKEL, A.; LATOUR, M. et al. Effects of feeding increasing levels of glycerol with or without distillers dried grains with solubles in the diet on grow-finish pig growth performance and carcass quality. **Journal Animal Science**. v.86 (E-Suppl. 2), p.606, 2008 (Abstr.)

V - CONSIDERAÇÕES FINAIS

As glicerinas semipurificadas (vegetal e mista), em virtude dos processos de purificação a que são submetidas, apresentam teor de metanol e cloreto de sódio reduzido em relação às glicerinas brutas. Assim, para as glicerinas estudadas neste trabalho, estes componentes não prejudicaram o bom aproveitamento energético das glicerinas semipurificadas pelos suínos (15-90 kg).

Os valores de EM (Kcal/kg), na matéria natural, das glicerinas semipurificadas (vegetal e mista) são 3.373 e 2.932 para leitões e 2.731 e 2.210 para suínos em crescimento-terminação respectivamente.

Os resultados sugerem que as glicerinas semipurificadas (vegetal e mista) podem ser adicionadas em até 12% nas dietas dos suínos nas fases inicial e até 16% nas dietas dos suínos em crescimento e terminação, sem prejudicar o desempenho, variáveis plasmáticas e características quantitativas e qualidade da carne.

A viabilidade econômica da utilização das glicerinas semipurificadas na alimentação de suínos dependerá da relação de preços entre os ingredientes energéticos, principalmente milho e óleo/gordura.

A glicerina semipurificada mista apresentou teor de água elevado, possivelmente por problemas de processamento na indústria. Esse fator resultou em um teor de energia baixo em relação à glicerina semipurificada vegetal.

VI – IMPLICAÇÕES

Os órgãos governamentais determinaram especificações técnicas para comercialização da glicerina pelas indústrias produtoras do biodiesel, mas no mercado existem glicerinas com diversas composições químicas. Essa variação na composição das glicerinas requer atenção especial no momento de sua aquisição e uso.

É importante fazer análise das glicerinas, principalmente para conteúdo de metanol, cloreto de sódio e ácidos graxos totais. Com base nas análises, pode-se identificar o tipo de glicerina (bruta, semipurificada ou neutralizada), considerando que é mais comum a comercialização da glicerina semipurificada, que apresenta teor de ácidos graxos menor em relação á glicerina bruta.

A glicerina semipurificada não solidifica em baixas temperaturas (inverno), mas em alguns casos, pode ocorrer o endurecimento da ração pronta, entretanto é de fácil desintegração manual ou mecânico. Para facilitar o manuseio (evitar o “empelotamento” da ração) na fábrica é importante fazer uma pré-mistura da glicerina com o farelo de soja, antes de colocar no misturador junto com os demais ingredientes.