

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

GLICERINA BRUTA NA ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS

Autor: Paulo Levi de Oliveira Carvalho
Orientador: Prof. Dr. Ivan Moreira

MARINGÁ
Estado do Paraná
março - 2011

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

GLICERINA BRUTA NA ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS

Autor: Paulo Levi de Oliveira Carvalho
Orientador: Prof. 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 – 2011

"Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)"
(Biblioteca Setorial - UEM. Nupélia, Maringá, PR, Brasil)

C331g Carvalho, Paulo Levi de Oliveira, 1981-
Glicerina bruta na alimentação de suínos / Paulo Levi de Oliveira Carvalho. –
Maringá, 2011.
92 f. : il. (algumas color.).
Tese (doutorado em Zootecnia)--Universidade Estadual de Maringá, Dep. de
Zootecnia, 2011.
Orientador: Prof. Dr. Ivan Moreira.
1. Suínos - Alimentos alternativos - Glicerina bruta. 2. Alimentação natural -
Ingredientes energéticos. I. Universidade Estadual de Maringá. Departamento de
Zootecnia. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia.

CDD 22. ed. -636.40855
NBR/CIP - 12899 AACR/2

FOLHA DE APROVAÇÃO

PAULO LEVI DE OLIVEIRA CARVALHO

Glicerina bruta na alimentação de suínos

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia do Departamento de Zootecnia, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Produção Animal pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

COMISSÃO JULGADORA

Prof. Dr. Ivan Moreira
PPZ/Universidade Estadual de Maringá (Presidente)

Prof. Dr. Antonio Claudio Furlan
Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Claudio Scapinello
Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Caio Abércio da Silva
Universidade Estadual de Londrina

Prof. Dr. José Fernando Machado Menten
USP/Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ)

Aprovada em: 11 de março de 2011.

Local de defesa: Anfiteatro 2, Bloco J-45, *campus* da Universidade Estadual de Maringá.

“A maior recompensa do nosso trabalho não é o que nos pagam por ele, mas aquilo em que ele nos transforma”

John Ruskin (Londres,*1819 - †1900)

A todas as pessoas que são responsáveis pela elaboração deste trabalho, dedico.

A Deus pela vida, por tudo.

A minha amada família:

meus pais, Paulo Neres Carvalho e Mariza de Oliveira Carvalho,

minha irmã, Paola Mahyra.

À minha namorada, amiga e companheira, Silvana Teixeira.

A estas pessoas, os meus sinceros agradecimentos por todas as horas de compreensão, paciência e motivação.

E todos os outros familiares e amigos que de forma direta ou indireta sempre depositaram em mim imenso amor e grande confiança.

Amo muito todos vocês!

AGRADECIMENTOS

Durante a realização de qualquer caminhada, sempre contamos com a competência, o carinho, a dedicação e a amizade de inúmeras pessoas. Nesta que agora termina quero agradecer a todos, em especial:

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

ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo financiamento e concessão da bolsa de estudo, fundamental para a realização deste estudo;

à empresa Biopar, pelo fornecimento das glicerinas necessárias para condução deste estudo;

à Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, pelos conhecimentos essenciais, os quais foram os alicerces da minha formação acadêmica;

ao meu orientador, Prof^o Dr. Ivan Moreira, e co-orientador, Prof^o Dr. Antonio Cláudio Furlan, pela dedicação e competência nos ensinamentos que culminarão para o êxito desta empreitada. Profissionais que são exemplo de ética, os quais colaboraram de forma direta no meu crescimento acadêmico;

aos colegas do grupo de pesquisa: Adriana Gomes, Lina Maria Peñuela Sierra, Liliane Maria Piano, Laura Marcela Diaz Huepa, Juliana Beatriz Toledo, aos bolsistas Clodoaldo Filho, Gabriel Moresco, Maicon Danner Borile, Marcos Paulo Nonaka e Thaline Maria Pachelli da Cruz e estagiários, pela atenção, confiança, dedicação, não medindo esforços para ajudar na realização deste trabalho;

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

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

a todos meus grandes amigos de graduação e pós-graduação, em especial, Ricardo Kazama, Valter Harry Bumbieris Junior (Duda), Daniele Cristina da Silva, Sandra Galbeiro, Patrícia Cristina Ferreira Couto, Alexandre Leseur dos Santos, Fernanda Granzotto, Iolanda Maria Sartori, Wallacy Barbacena Rosa dos Santos, Rute Feiden, Luciano Soares de Lima, Franciane Barbieri Dias e Hanna Sakamoto Freitas, pela convivência, pelos momentos que compartilhamos da nossa amizade verdadeira;

aos amigos de república, Julio Cezar Barreto, Fabiano Simioni e Moyses Calixto Junior. Obrigado pelo companheirismo e amizade.

aos meus eternos mestres, Prof^o Dr. Alfredo Raul Abot e Prof^a Msc. Carolina da Silva Barbosa, por todos os momentos que necessitei nesta minha caminhada, uma gratidão que ficará para sempre.

Obrigado.

BIOGRAFIA

PAULO LEVI DE OLIVEIRA CARVALHO, filho de Paulo Neres Carvalho e Mariza de Oliveira Carvalho, nasceu em Campinas, Estado de São Paulo, no dia 05 de novembro de 1981.

Cursou o Ensino Fundamental no CIEC – Centro Integrado de Educação de Cassilândia e o Ensino Médio no Colégio Perpétuo Socorro, em Campo Grande-MS.

Em julho de 2005, concluiu a graduação em Zootecnia, pela Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, unidade de Aquidauana-MS.

Participou do Programa Apoio Técnico à Pesquisa/CNPq, na Universidade Estadual de Maringá, no segundo semestre de 2005.

No dia 05 de março de 2008, defendeu sua Dissertação, obtendo o título de Mestre em Zootecnia, pela Universidade Estadual de Maringá.

Em 2008, iniciou no Programa de Pós-graduação em Zootecnia, em nível de doutorado, área de concentração Produção Animal, na Universidade Estadual de Maringá, realizando estudos na área de Nutrição de Suínos.

Submeteu-se, em dezembro de 2010, à banca de qualificação da Tese.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xi
RESUMO.....	xii
ABSTRACT.....	xiv
I – INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Produção do biodiesel.....	2
1.2. Glicerina: definição, caracterização e etapas de produção.....	7
1.3. Restrições no uso da glicerina.....	10
1.4. Glicerina na alimentação animal.....	11
1.5. Absorção intestinal do glicerol.....	14
1.6. Metabolismo do glicerol.....	15
CITAÇÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
II – OBJETIVOS GERAIS.....	25
III – Glicerina Bruta na Alimentação de Suínos na Fase Inicial.....	26
Resumo.....	26
Abstract.....	27
Introdução.....	28
Material e Métodos.....	29
Resultados e Discussão.....	37
Conclusões.....	46
Referências.....	47
IV– Glicerina Bruta na Alimentação de Suínos na Fase de Crescimento e Terminação.....	50

Resumo.....	50
Abstract.....	51
Introdução.....	52
Material e Métodos.....	53
Resultados e Discussão.....	61
Conclusões.....	70
Referências.....	71
V– Parâmetros plasmáticos e características da carcaça de suínos (30-90 kg) alimentados com glicerina bruta.....	73
Resumo.....	73
Abstract.....	74
Introdução.....	75
Material e Métodos.....	76
Resultados e Discussão.....	80
Conclusões.....	87
Referências.....	88
VI – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	91
VII – IMPLICAÇÕES.....	92

LISTA DE TABELAS

		Página
TABELA 1 -	Composição química e energética das gliceras brutas.....	30
TABELA 2 -	Composição centesimal, química e custo das rações, contendo diferentes níveis de inclusão de dois tipos de glicerina bruta obtidas de óleo de soja e óleo de soja + gordura animal, para suínos na fase inicial.....	34
TABELA 3 -	Coefficientes de digestibilidade aparente, coeficiente de metabolização e valores digestíveis dos dois diferentes tipos de gliceras brutas, estudados na fase inicial.....	39
TABELA 4 -	Desempenho de suínos na fase inicial, alimentados com rações contendo glicerina bruta vegetal e glicerina bruta mista com diferentes níveis de inclusão.....	41
TABELA 5 -	Níveis plasmáticos (mg/dL) de glicose, triglicérides, colesterol e nitrogênio da ureia plasmática de suínos na fase inicial, alimentados com rações contendo glicerina bruta vegetal e glicerina bruta mista com diferentes níveis de inclusão.....	43
TABELA 6 -	Custo de ração, custo em ração por quilograma de peso vivo ganho, índice de eficiência econômica e índice de custo de suínos na fase inicial, alimentados com níveis crescentes de inclusão de glicerina bruta nas rações.....	45
TABELA 7 -	Composição centesimal, química e custo das rações, contendo diferentes níveis de inclusão de dois tipos de glicerina bruta obtidas de óleo de soja e óleo de soja + gordura animal, para suínos na fase de crescimento.....	58
TABELA 8 -	Composição centesimal, química e custo das rações, contendo diferentes níveis de inclusão de dois tipos de glicerina bruta obtidas de óleo de soja e óleo de soja + gordura animal, para suínos na fase de terminação.....	59
TABELA 9 -	Coefficientes de digestibilidade aparente, coeficiente de metabolização e valores digestíveis dos dois diferentes tipos de gliceras brutas, estudados na fase de crescimento e terminação...	61

TABELA 10 -	Desempenho de suínos na fase crescimento e terminação, alimentados com rações contendo glicerina bruta vegetal e glicerina bruta mista com diferentes níveis de inclusão.....	65
TABELA 11 -	Espessura de toucinho e profundidade de lombo em suínos em crescimento (30-60 kg) e terminação (60-90 kg), alimentados com rações contendo glicerina bruta vegetal e glicerina bruta mista com diferentes níveis de inclusão.....	67
TABELA 12 -	Custo de ração, custo em ração por quilograma de peso vivo ganho, índice de eficiência econômica e índice de custo de suínos na fase de crescimento (30-60 kg), alimentados com níveis crescentes de inclusão de glicerina bruta nas rações.....	68
TABELA 13 -	Custo de ração, custo em ração por quilograma de peso vivo ganho, índice de eficiência econômica e índice de custo de suínos na fase de terminação (60-90 kg), alimentados com níveis crescentes de inclusão de glicerina bruta nas rações.....	69
TABELA 14 -	Níveis plasmáticos (mg/dL) de glicose, triglicerídeos, colesterol e nitrogênio da ureia plasmática de suínos na fase crescimento, alimentados com rações contendo glicerina bruta vegetal e glicerina bruta mista com diferentes níveis de inclusão.....	81
TABELA 15 -	Níveis plasmáticos (mg/dL) de glicose, triglicerídeos, colesterol e nitrogênio da ureia plasmática de suínos na fase terminação, alimentados com rações contendo glicerina bruta vegetal e glicerina bruta mista com diferentes níveis de inclusão.....	82
TABELA 16 -	Efeito das dietas contendo diferentes níveis de inclusão de dois tipos de glicerina bruta obtidas de óleo de soja e óleo de soja + gordura animal, sobre características quantitativas do de carcaça de suínos (60-90 kg).....	85
TABELA 17 -	Efeito das dietas contendo diferentes níveis de inclusão de dois tipos de glicerina bruta obtidas de óleo de soja e óleo de soja + gordura animal, sobre as características qualitativas do <i>Longissimus dorsi</i> em suínos (60-90 kg).....	86

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1 - Transesterificação de triglicerídeos, em que R1, R2 e R3 representam as cadeias carbônicas dos ácidos graxos.....	5
FIGURA 2 - Estágios do processo de purificação da glicerina.....	6
FIGURA 3 - Esquema do processo industrial da produção da glicerina bruta...	9
FIGURA 4 - Esquema da utilização celular do glicerol.....	16
FIGURA 5 - Equações de regressão da EM dos dois tipos de glicerina, obtidos a partir da energia metabolizável (kcal/kg) consumida vs. o consumo de glicerina (kg), por 24 suínos em fase inicial, no período de cinco dias.....	40
FIGURA 6 - Equações de regressão da EM dos dois tipos de glicerina, obtidos a partir da energia metabolizável (kcal/kg) consumida vs. o consumo de glicerina (kg), por 24 suínos em fase crescimento, no período de cinco dias.....	63

RESUMO

Foram conduzidos cinco experimentos com o objetivo de determinar o valor nutricional e avaliar o desempenho de suínos nas fases inicial, crescimento e de terminação, alimentados com rações contendo dois tipos de glicerinas brutas: GBV – oriunda de óleo vegetal (soja) e GBM – mista, oriunda de gordura animal e óleo de soja. No Experimento I, foi conduzido um ensaio de digestibilidade com 32 leitões (24 para rações testes e 8 para rações referência) com peso inicial ($19,20 \pm 1,52$ kg) mestiços, distribuídos em delineamento experimental inteiramente casualizado e esquema fatorial 2×3 (dois tipos GB e três níveis de substituição da dieta referência). A unidade experimental consistiu-se de um suíno, totalizando quatro unidades experimentais por ração. Os níveis de substituição da ração referência pela glicerina foram 4, 8 e 12%. 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) vs. consumo de glicerina (kg). Os valores de ED e EM (kcal/kg), na matéria natural, obtidos foram: GBV= 5.070 e 4.556 e GBM= 5.143 e 4.488, respectivamente. Os resultados indicam que estes dois tipos de glicerinas são fontes de alta energia disponível para a alimentação de suínos na fase inicial (15-30 kg). No Experimento II, foram utilizados 90 leitões ($15,18 \pm 0,67$ a $30,28 \pm 1,68$ kg), distribuídos em delineamento inteiramente casualizados, em esquema fatorial 2×4 , sendo dois tipos de glicerina bruta (GBV e GBM) 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 (RT), não contendo glicerina (0%). Não houve interação ($P \geq 0,05$) entre os níveis de inclusão e o tipo de glicerina bruta. A análise de regressão indica que não houve efeito ($P \geq 0,05$) do nível de inclusão de glicerina bruta sobre o desempenho e variáveis plasmáticas. Os resultados de desempenho sugerem que é viável a utilização em até 12% de ambas as GB (de origem vegetal ou mista), na alimentação de leitões na fase inicial, sem prejuízos no desempenho e variáveis plasmáticas, além de propiciar a redução de cerca de 10% no custo da alimentação. No Experimento III, foi conduzido um ensaio de digestibilidade

com 32 suínos (24 para rações testes e 8 para rações referência) suínos ($45,08 \pm 4,11$ kg) mestiços, distribuídos em delineamento experimental inteiramente casualizado e esquema fatorial 2×3 (dois tipos de gliceras brutas e três níveis de substituição da dieta referência). A unidade experimental consistiu-se de um suíno, totalizando quatro unidades experimentais por ração. Os níveis de substituição da ração referência pela glicerina foram 6, 12 e 18%. Os valores de ED e EM das gliceras foram estimados pela análise de regressão do consumo de ED e EM (kcal/kg) vs. consumo de glicerina (kg). Os valores de ED e EM (kcal/kg), na matéria natural, obtidos foram: GBV: 5.040 e 4.481 e GBM 5.234 e 4.707, respectivamente. Os resultados indicam que estes dois tipos de gliceras são fontes de alta energia disponível para a alimentação de suínos na fase de crescimento e terminação. No Experimento IV, foram utilizados 63 suínos (30,53 a 59,55 kg) na fase de crescimento e (60,35 a 89,91 kg) na fase de terminação, distribuídos em delineamento inteiramente casualizados, em esquema fatorial 2×4 , sendo dois tipos de glicerina bruta (GBV e GBM) e quatro níveis de inclusão (3, 6, 9 e 12%), com sete repetições e um suíno por unidade experimental. Adicionalmente, foi formulada uma RT, não contendo glicerina (0%). Não houve interação ($P \geq 0,05$) entre os níveis de inclusão e o tipo da glicerina bruta. A análise de regressão indica que não houve efeito ($P \geq 0,05$) do nível de inclusão de GB sobre o desempenho e característica de carcaça (espessura de toucinho e profundidade de lombo). Os resultados de desempenho sugerem que é viável a utilização em até 12%, ambas as gliceras brutas, na alimentação de suínos na fase de crescimento e terminação, sem prejuízos no desempenho e característica de carcaça, além de propiciar a redução de cerca de 9% no custo da alimentação. No Experimento V, ao final da fase de terminação, todos os suínos foram abatidos, para determinação das características quantitativas e qualitativas da carcaça. Para os parâmetros plasmáticos, não houve interação ($P \geq 0,05$) entre os níveis de inclusão e o tipo da glicerina. A análise de regressão indica que não houve efeito ($P \geq 0,05$) do nível de inclusão das gliceras sobre as características da carcaça. Para as características qualitativas da carcaça houve redução linear ($P \leq 0,05$) do pH24 para GBV e um efeito quadrático ($P \leq 0,05$) da perda de água por gotejamento para GBM. Os resultados sugerem que é viável a utilização em até 12%, de ambas as GB, na alimentação de suínos, sem prejuízos nos parâmetros quantitativos da carcaça e na qualidade da carne.

Palavras-chave: biodiesel, coproduto, digestibilidade, glicerol

ABSTRACT

Four experiments were carried out to determine the nutritional value and to evaluate performance of nursery piglets fed with two types of crude glycerine which were obtained from soybean oil (CGS), and mixture from animal fat + % soybean oil (CGA). In the Experiment I, a digestibility trial was carried out using 32 cross breed piglets (19.20 ± 1.52 kg), allotted in a completely randomized design in 2×3 factorial scheme (two different types of glycerine, and three levels of glycerine in the diet). The experimental unit consisted of one pig, with a total of four experimental units per diet. Glycerine levels used in the digestibility test were 4, 8, and 12% of the basal diet (corn + soybean based). The digestible (DE) and metabolizable energy (ME) values of glycerine were estimated by regression of DE and ME intake (kcal/kg) vs. glycerine intake (kg). The values (as-fed-basis) of DE and ME (kcal/kg) obtained were: CGS= 5,070 and 4,556; CGA= 5,143 and 4,488, respectively. The results indicate that these two types of glycerine are highly available energy source for starting pigs feeding. In the Experiment II, 90 piglets (BW = 15.18 ± 0.67 to 30.28 ± 1.68 kg), were allotted in a completely randomized design in 2×4 factorial scheme, with of two types of crude glycerine (CGS and CGA) and four inclusion levels (3, 6, 9, and 12%). It was used five experimental (pens) unit with two pigs for each level of crude glycerine resulting in five replicates per treatment in the diet. Additionally, was formulated a control diet with no glycerine (0%). There were no interaction among levels of CG and types of crude glycerine, and the regression analysis indicates no effects ($P \geq 0.05$) of crude glycerine inclusion on performance and plasma variables. The results of performance suggest that it is feasible to use up to 12% of both CG on starting piglet diet, without impairing performance and plasma variables, besides providing a reduction of about 10% of the feeding cost. In the Experiment III, a digestibility trial was carried out using 32 cross breed pigs (45.08 ± 4.11 kg), allotted in a completely randomized design in 2×3

factorial scheme (two different types of glycerine, and three levels of glycerine in the diet). The experimental unit consisted of one pig, with a total of four experimental units per diet. Glycerine levels used in the digestibility test were 6, 12, and 18% of the basal diet (corn + soybean based). The digestible (DE) and metabolizable energy (ME) values of glycerine were estimated by regression of DE and ME intake (kcal/kg) vs. glycerine intake (kg). Overall, the values (as-fed-basis) of DE and ME (kcal/kg) obtained were: CGS= 5,040 and 4,481; CGA= 5,234 and 4,707, respectively. The results indicate that these two types of glycerine are highly available energy source for growing finishing pigs feeding. In the Experiment IV, there were involved 63 pigs (BW = 30.53 to 59.55 kg) in the growing phase and (BW = 60.35 to 89.91 kg) in the finishing phase, which were allotted in a completely randomized design in 2 x 4 factorial scheme, with two types of crude glycerine (CGS and CGA) and four levels (3, 6, 9, and 12%), resulting in seven replicates per treatment and one pig for each level of crude glycerine. Additionally, was formulated a control diet with no glycerine (0%). There were no interaction ($P \geq 0.05$) among levels of CG and types of glycerine sources, and the regression analysis indicates no effects ($P \geq 0.05$) of crude glycerine inclusion on performance and carcass traits (backfat thickness and loin depth). The results of performance suggest that it is feasible to use up to 12% of both CG on of growing finishing pigs diet, without impairing performance and carcass traits, besides providing a reduction of about 9% of the feeding cost. In the Experiment V, at the end of the finishing phase, pigs were slaughtered to determine the quantitative and qualitative traits of the carcass. For plasma variables there were no interaction ($P \geq 0.05$) between levels of CG and types of glycerine sources, and the regression analysis indicates no effects ($P \geq 0.05$) of crude glycerine inclusion on carcass traits. For qualitative of carcass traits, the pH24 variable was linearly reduced ($P \leq 0.05$) for CGS and DRIP variable was quadratic response ($P \leq 0.05$) for CGA. The results suggest that it is feasible to use up to 12% of both CG obtained from soybean oil and mixture) on pigs diet, without impairing the quantitative traits of the carcass and meat quality.

Key Words: biodiesel, co-product, digestibility, glycerol

I – INTRODUÇÃO

No mercado mundial de carnes, o Brasil encontra-se na quarta posição da produção e exportação da carne suína. A produção para 2010 está prevista em 3,249 milhões de toneladas de carne suína, já as exportações, até primeiro semestre de 2010, totalizaram, aproximadamente, 317.000 mil toneladas (ABIPECS, 2010).

No Brasil, o milho é a principal fonte energética da alimentação animal, cerca de 80% da produção nacional é utilizada no preparado de rações para os animais (Lima, 2005). Na suinocultura, este cereal participa em torno de 65-70% da alimentação. Tratando-se de um grão nobre, de elevado custo e também utilizado na alimentação humana, a sua substituição nas dietas animais por outras fontes energéticas é de interesse para redução de custos com alimentação.

As crises financeiras que acometem a suinocultura incentivam o produtor a buscar alternativas no manejo e na nutrição. Na alimentação animal, o uso de ingredientes alternativos requer o conhecimento das potencialidades e restrições nutricionais destes alimentos, para adequada formulação das dietas visando ao atendimento das exigências de nutrientes e de energia dos animais em suas respectivas fases produtivas.

O emprego de ingredientes alternativos na alimentação animal, especialmente na suinocultura, resultará no aumento na demanda com conseqüente redução da vantagem diferencial de preço dos ingredientes tradicionais (soja e milho). Segundo Giroto et al. (2003), ao considerar a alternativa de ingredientes, o produtor deve estar atento à disponibilidade comercial, qualidade e preços relativos aos ingredientes tradicionais, buscando a vantagem no preço, sem desconsiderar a qualidade.

Entre as alternativas, o uso da glicerina destaca-se por ser um alimento altamente energético e de baixo custo. Pelo grande volume de glicerina gerado pela indústria produtora de biodiesel torna-se uma preocupação ambiental.

1.1. Produção do biodiesel

O termo combustível refere-se a qualquer material capaz de produzir grande quantidade de calor, tanto por combustão como por fissão nuclear. Desta forma, estão incluídas na definição de combustíveis as fontes não renováveis, como os combustíveis fósseis, e as renováveis, os biocombustíveis, como o álcool da cana-de-açúcar (De Boni, 2008).

De acordo com o Polo Nacional de Biocombustíveis (ESALQ/USP, 2006), o termo biocombustível é definido como fonte de energia renovável derivado de produtos agrícolas como açúcar, plantas oleaginosas, biomassa florestal e outras fontes de matéria orgânica, cujo objetivo principal da produção está na tentativa de reduzir a dependência dos produtos combustíveis derivados do petróleo. Em alguns casos, os biocombustíveis podem ser utilizados, tanto isoladamente, como adicionados aos combustíveis convencionais. Como exemplo, pode-se citar o biodiesel, o etanol, o metanol, o biogás e o carvão vegetal.

As preocupações com o esgotamento das reservas petrolíferas não são recentes e podem ser comprovadas com as experiências de uso alternativo de combustíveis, em que, na Europa, em 1900, houve o ensaio de Rudolf Diesel, em Paris, de um motor movido a óleos vegetais. No ano de 1937, foi concedida a primeira patente para combustíveis obtidos a partir de óleos vegetais, em Bruxelas/Bélgica. Em 1938, tem o primeiro registro de uso de combustíveis de óleo vegetal para fins comerciais, nos ônibus de passageiros da linha Bruxelas/Loivana. Durante a guerra, há inúmeros registros de uso comercial de combustível de óleo vegetal na “frota de guerra” entre muitas outras em todo o mundo. No Brasil, a primeira patente de biodiesel foi registrada em 1980, pelo Dr. Expedito Parente (Rathmann et al., 2005).

Nos tempos recentes, o biodiesel tornou-se uma das formas mais eficientes de diversificar a matriz energética. Dentre as vantagens de sua utilização, há de contribuir para a conservação do meio ambiente, por meio da redução da emissão de gases que propiciam o efeito estufa. Pela ausência de enxofre em sua composição, sua queima não provoca emissão de óxidos de enxofre (SO_2 e SO_3), poluentes danosos à qualidade do ar e responsáveis pela chuva ácida (Lofrano, 2008; Mota et al., 2009). Na comparação com o diesel de petróleo, o biodiesel também tem significativas vantagens ambientais. Estudos norte-americanos demonstraram que a queima de biodiesel pode emitir, em

média, 48% menos monóxido de carbono, 47% menos material particulado (que penetra nos pulmões) e 67% menos hidrocarbonetos (ANP, 2010).

Atualmente, os Estados Unidos são o maior produtor de biodiesel do mundo. Sua produção saltou de 94,6 milhões de litros em 2004 para quase 2,650 bilhões de litros em 2008, com uma perspectiva de produzir um 3,7 bilhões de litros até 2012. Conforme dados da *European Biobiesel Board*, na Europa a produção de biodiesel foi de 9.046 milhões de toneladas em 2009, e os principais países produtores são: Alemanha, França, Espanha, Itália, Bélgica e Polônia, sendo a Alemanha o maior produtor da Europa, utilizando, como principais matérias-primas para a produção do biodiesel, a canola e a colza.

Segundo a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, o Brasil está entre os maiores produtores e consumidores de biodiesel do mundo, com uma produção anual, em 2009, de 1,6 bilhões de litros e com capacidade instalada, em janeiro de 2010, para produzir 4,7 bilhões de litros. Dentre os principais produtores nacionais de biodiesel, a Granol aparece em primeiro lugar, com 247,6 mil m³ (Anápolis/GO e Cachoeira do Sul/RS). Em segundo, a Oleoplan (Veranópolis/RS), com 173,1 mil m³, e, em seguida, a ADM (Rondonópolis/MT), com 165,9 mil m³.

Nas normativas brasileiras, a mistura de 2% de biodiesel ao diesel de petróleo é denominada de B2 e, assim, sucessivamente, até o biodiesel puro, denominado B100. A Lei n° 11.097/05, aprovada pelo Congresso Nacional, estabeleceu que, a partir de janeiro de 2008, a mistura B2 passava a ser obrigatória no território nacional (Campos, 2006). Entretanto, desde janeiro de 2010, o óleo diesel comercializado em todo o Brasil contém 5% de biodiesel.

No Brasil, a comercialização nacional de biodiesel possui grande potencial pela grande disponibilidade de matéria-prima (diversidade de culturas oleaginosas) para sua produção, além disso, o crescimento contínuo da indústria de óleos vegetais dispõe de tecnologia com alta capacidade para desenvolver a produção.

De acordo com Lofrano (2008), muitas matérias-primas podem ser utilizadas na produção de biodiesel e podem ser divididas nos seguintes grupos: óleos vegetais, gordura animal, além de óleos e gorduras residuais. Algumas fontes para extração de óleo vegetal, com potencial para ser utilizado na produção de biodiesel, são: soja (*Glycine max*), baba de mamona (*Ricinus communis*), polpa do dendê (*Elaeis guineensis*), amêndoas do coco de dendê, do coco de babaçu (*Orrbignya speciosa*), do coco da praia, caroço de algodão (*Gossypium SSP. L.*), grão de amendoim (*Arachis*

hypogaea), sementes de canola (*Brassica napus*), de girassol (*Helianthus annuus*), de maracujá, de linhaça e de tomate, polpa de abacate, caroço de oiticica e nabo forrajero (*Raphanus sativus*). Entre as gorduras animais, destacam-se o sebo bovino, os óleos de peixes, o óleo de mocotó, a banha de suíno, entre outros.

Atualmente, as matérias-primas mais utilizadas na produção do biodiesel são o óleo de soja (Estados Unidos e Brasil), óleo de palma (Malásia) e óleo de canola e girassol (Europa). No entanto, os óleos vegetais derivados de canola, girassol e soja são, geralmente, baixos em gorduras saturadas e considerados fáceis e menos dispendiosos no processo de produção.

No Brasil, a significativa utilização do óleo de soja na produção de biodiesel deve-se à grande escala e extensão de área da produção da mesma, além disso, a cadeia produtiva destes ingredientes é altamente organizada, a ligação com o mercado internacional é poderosa, a formação de preços é muito transparente e as possibilidades de acomodação de pressões de demanda, em função da capacidade de oferta brasileira, são altamente otimistas (Peres et al., 2005).

Do ponto de vista químico, o biodiesel é definido como um mono-álquil 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 (Ramos et al., 2000; Van Gerpen, 2005; Thompson & He, 2006).

No entanto, a catálise básica é a mais utilizada em todo mundo para produção de biodiesel. Os catalisadores, utilizados na catálise básica, são bases fortes como hidróxido de potássio, hidróxido de sódio, carbonatos e metóxidos, etóxidos e, em menor grau, propóxidos e butóxidos de sódio e potássio (Lofrano, 2008).

De forma mais detalhada, o processo de produção do biodiesel segue as seguintes etapas: preparação da matéria-prima, reação de transesterificação, separação de fases, recuperação e desidratação do álcool e 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. Em princípio, é necessário que a matéria-prima tenha o mínimo de umidade e de acidez, o que é possível submetendo-as a um processo de neutralização, pela lavagem com uma solução

alcalina (NaOH ou KOH), seguida de uma operação de secagem ou desumidificação (Parente, 2003).

A reação de transesterificação (Figura 1), também denominada 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 (polariedade, 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).

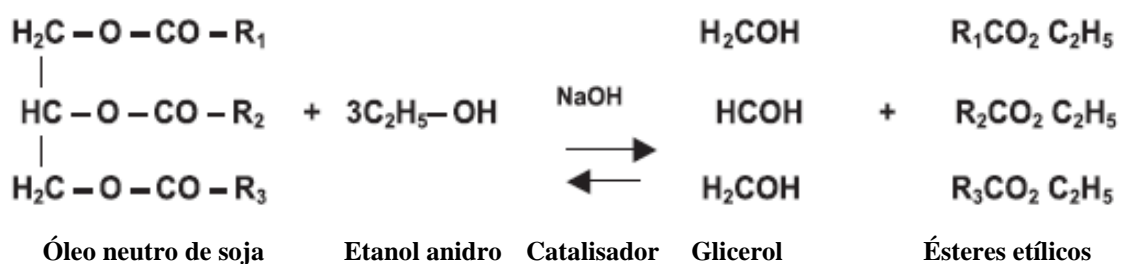


Figura 1- Transesterificação de triglicerídeos, em que R1, R2 e R3 representam as cadeias carbônicas dos ácidos graxos. Fonte: Ferrari et al. (2005)

Na rota etílica, a mesma reação usando etanol é mais complicada, pois requer álcool anidro, bem como um óleo de baixo teor de água para levar a separação da glicerina. Entretanto, algumas vantagens elevam as perspectivas da utilização do etanol na produção de biodiesel, como baixa toxicidade, ser renovável e possuir uma grande oferta em todo território nacional, proporcionando custo diferenciado no transporte, em relação ao metanol, para o abastecimento das indústrias.

No Brasil, das 48 empresas que produziram biodiesel em 2009, 42 adotaram a rota metílica (uso de metanol), representando 94,7% desta produção. Em contrapartida, quatro empresas localizadas nas regiões Sudeste e Centro-Oeste produziram biodiesel pela rota etílica (uso de etanol anidro), representando 3,4% da produção total de biodiesel do país. O óleo de soja continuou sendo a principal matéria-prima para a produção de biodiesel, sendo que, ao longo de 2009, foram consumidos cerca de 1,3 mil m³. A segunda matéria-prima no ranking de produção das usinas foi o sebo bovino, seguido pelo óleo de algodão (ANP, 2010).

A etapa de 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 mais pesada é composta de glicerina bruta (Figura 2), impregnada dos excessos utilizados de álcool, de água e de impurezas inerentes à matéria-prima. A fase menos densa 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 (Figura 2). Após a remoção dos sabões, a glicerina vai para o processo de evaporação, eliminando da glicerina loira os 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, que libera 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 (Costenaro, 2009).

A próxima etapa é a purificação dos ésteres (biodiesel), as quais serão separadas por centrifugação ou desumidificados posteriormente, resultando, finalmente, no produto final, o biodiesel. Já a purificação da glicerina loira (Figura 2) é realizada por destilação a vácuo, resultando em um produto límpido e transparente, denominado comercialmente de glicerina destilada (Figura 2). 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).



Figura 2 – Estágios do processo de purificação da glicerina

Segundo as projeções da U.S. *Soybean Export Council Inc.* (2007), a demanda por biodiesel será de 36 bilhões de litros até 2020 (um galão britânico igual 4,546 litros), resultando 2,63 bilhões de kg de glicerina disponível no mercado. De acordo com as perspectivas de Pluske (2007), na Austrália, o aumento da disponibilidade da glicerina ao longo do tempo será pelo aumento da produção local e as perspectiva de importação de glicerina a parte de regiões como a Ásia.

Segundo Cerrate et al. (2006), a glicerina é o principal coproduto da produção de biodiesel, considerada como uma fração dos carboidratos com o peso 10-11% dos triglicerídeos. Em 2009 foram gerados 171.829 m³ de glicerina bruta no País (ANP, 2010). Sua produção corresponde, aproximadamente, a 10% do volume total de biodiesel (Carvalho et al., 2010). Thompson & He, (2006) e Zijlstra et al. (2009) afirmam que a cada 1L de biodiesel produzido obtêm-se 79 g de glicerina bruta.

Embora a produção de biodiesel possa não atender às projeções futuras, espera-se aumento excessivo na disponibilidade da glicerina bruta. Desta forma, os produtores de biodiesel deverão propor preços para comercialização deste coproduto, o que há de adicionar maior valor e rentabilidade às suas operações de produção.

1.2. Glicerina: definição, caracterização e etapas de produção

A palavra glicerina é sinônimo de glicerol. Trata-se de um trihidroxipropano (1,2,3-propanotriol), pertencente à função álcool com três hidroxilas, de estrutura química C₃H₈O₃. 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 (SBRT, 2010).

Entretanto, na prática, classicamente a palavra glicerina é empregada para fazer referência de que não se trata de uma substância pura, e que possuem contaminantes e o glicerol é o produto puro. Como, normalmente, a glicerina contém mais do que 95% de glicerol em sua composição, muitas vezes ela é tratada como sinônimo de glicerol (Barceló, 1959; Howard & Neal, 1992; Ashfor, 1994). Neste texto, será mantida a diferenciação entre glicerina e glicerol.

O uso da glicerina é antigo, relatos que por volta de 600 a.C. os fenícios detinham o conhecimento da produção de sabão. No entanto, nenhuma referência antiga pode ser

encontrada com os nomes glicerina ou glicerol. Em 1779, o químico sueco Carl Wilhelm Scheele foi o primeiro a isolar este composto orgânico durante o processo de saponificação do azeite de oliva. Mais tarde, o cientista francês Louis Pasteur (1858) também observou sua formação com um subproduto da fermentação alcoólica.

Dentre as características físico-químicas da glicerina destilada destacam-se 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 (Biodiesel, GHG Emissions, 2005).

Bonnardeaux (2006) definiu a glicerina como uma das substâncias químicas mais versáteis e valiosas para o homem, pois possui uma combinação única de propriedades físicas e químicas que são utilizadas em muitos produtos. A glicerina tem mais de 1.500 usos conhecidos, como em cosméticos, produtos alimentícios, remédios e cuidados pessoais. Além do mais, é altamente estável em condições típicas de armazenamento, é compatível com vários outros materiais químicos, não é tóxico, não é irritante nos vários usos e não causa efeitos negativos conhecidos na natureza.

Desde 1959, a glicerina é reconhecida como substância atóxica, permitida como aditivo em alimentos, e também considerada como substância “GRAS” (Generally Regraded as Safe) pelo FDA (*Food and Drug Administratio*). No Brasil, seu uso em produtos alimentícios é assegurado pela Resolução de nº386, de 5 de agosto de 1999 (Costenaro, 2009).

No entanto, para sua utilização é necessário que a glicerina sofra processos de purificação. Carvalho et al. (2010) relatam que a glicerina pode ser comercializada sem purificação (glicerina natural), na forma bruta (alto conteúdo de ácidos graxos) ou semipurificada, mais conhecida como “Loira” (baixo conteúdo de ácidos graxos) (Figura 3).

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).

De acordo com Rivaldi et al. (2008), os tratamentos de purificação são de custo excessivamente elevados para pequenos e médios produtores nacionais de biodiesel. Por este fato, maior quantidade de efluentes que contém glicerina poderá ser descartada no meio ambiente sem nenhum tratamento, aumentando, conseqüentemente, os problemas e riscos ambientais.

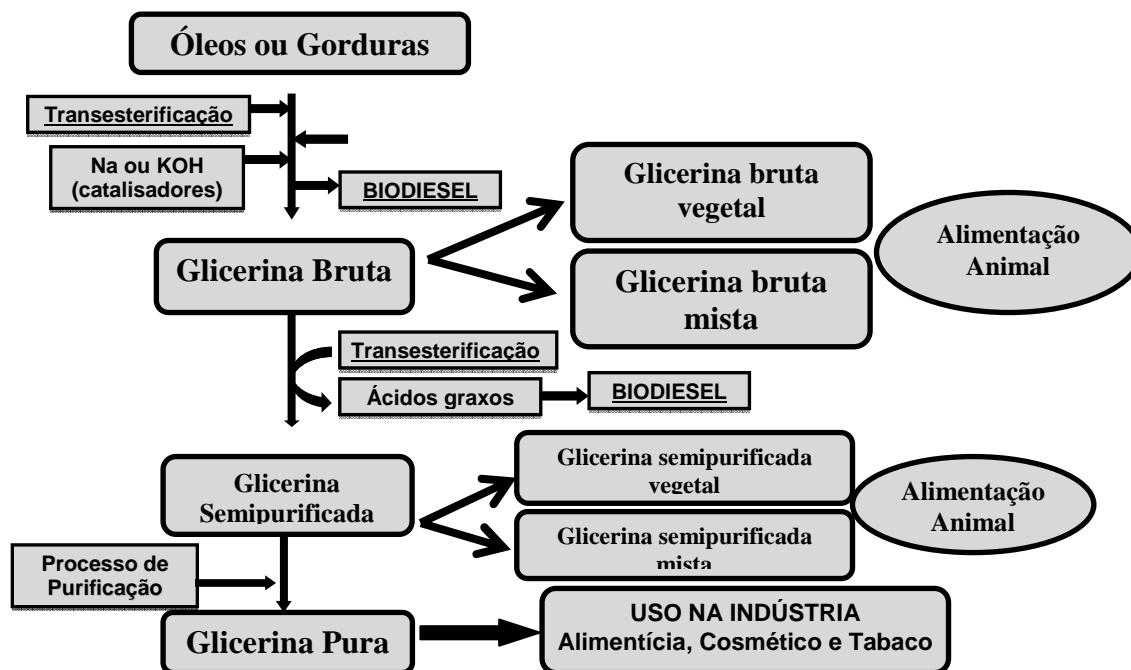


Figura 3 – Esquema do processo industrial da produção da glicerina bruta

A redução de custos na purificação da glicerina bruta justifica a aplicação de novas tecnologias de processamento deste coproduto, permitindo seu uso em produtos em que a exigência de uma glicerina pura é fundamental, agregando valor a um produto que, provavelmente, seria queimado e usado para gerar energia (Costenaro, 2009).

A glicerina bruta, tipicamente, contém óleo não reagido, catalisador e certa quantidade de metanol. Já a glicerina pura ou refinada é utilizada na indústria de cosméticos e alimentos, mas envolve o custo adicional da purificação (Thompson & He, 2006; Hanczakowska et al., 2010).

As características físicas, químicas e nutricionais da glicerina bruta dependem do tipo de ácido graxo (gordura animal ou óleo vegetal) e do tipo de catálise empregada na produção de biodiesel. No entanto, a procura pela glicerina purificada é muito maior, pelo seu valor econômico (Rivaldi et al., 2008).

Em outro ramo de pesquisa, estudos buscam alternativas para utilização da glicerina bruta, em virtude de sua alta disponibilidade. Trabalhos recentes (Xiu et al., 2010, Xiu et al., 2011) realizaram estudos com a mistura da glicerina bruta e dejetos de suínos para produção de bio-óleo, um líquido negro obtido por meio do processo de pirólise, no qual a biomassa é submetida a altas temperaturas e com ambiente escasso em oxigênio. Este produto pode ser utilizado como combustível para aquecimento e geração de energia elétrica.

1.3. Restrições no uso da glicerina

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), por meio da Resolução 386/1999, já colocava a glicerina como umectante na lista de aditivos permitidos para alimentação humana e animal. Porém, não havia 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) e 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). De acordo com Donkin (2008), a indústria alimentícia dispõe de uma glicerina segura, pelas preocupações em relação aos níveis de contaminantes provenientes da produção de biodiesel.

É necessária uma atenção especial aos fatores de qualidade relacionados com a produção da glicerina. Existem preocupações sobre os níveis residuais de sódio, potássio, metanol e teor de umidade da glicerina para sua utilização na alimentação animal (Waldroup, 2007). O FDA recomenda que os níveis adequados de metanol na glicerina bruta sejam inferiores a 0,5%. No entanto, em documento recente, o FDA emitiu uma regulamentação indicando que os teores de metanol superiores a 150 ppm podem ser considerados impróprios para o alimentação animal (Donkin, 2008).

No metabolismo do metanol são formados dióxido de carbono e água e os intermediários, o formaldeído e o formato. Os efeitos tóxicos decorrentes de envenenamento por metanol são, na verdade, pela formação, acúmulo e metabolismo lento de formato em algumas espécies. As consequências clínicas do envenenamento por metanol são depressão do sistema nervoso central, vômitos, acidose metabólica

grave, cegueira e doença de Parkinson (Skrzydłewska, 2003). No entanto, estudos de Lammers et al. (2008a) e Kijora et al. (1995) não verificaram frequência de lesões histológicas no rim, fígado, olhos devido a toxicidade do metanol presente na glicerina.

Pesquisas evidenciam que, pelo 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 eficiente da planta da usina, porque o metanol recuperado é reutilizado no processo.

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

Na alimentação de aves, a presença significativa de NaCl na glicerina é uma preocupação com sua utilização nas rações, pelo aumento na ingestão e excreção de água e, conseqüentemente, na umidade da cama. Desequilíbrios no balanceamento de eletrólitos, causados por excesso de Na ou K, propiciam efeitos negativos na qualidade da cama (Min et al., 2010)

Por esta razão, esta padronização na composição química da glicerina pelas indústrias produtoras de biodiesel para obter um uso confiável de sua utilização na alimentação animal.

1.4. Glicerina na alimentação animal

De acordo com 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 os atendimentos da exigência energética na fase de crescimento pode-se utilizar a glicerina, a qual será metabolizada via gliconeogênese, considerando um valor de energia líquida de 14 MJ/kg.

Groesbeck 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. Estudos de Zijlstra et al. (2009), avaliando leitões recém-desmamados, observaram que o valor de

energia digestível para a glicerina semipurificada foi de 3.510 kcal/kg. A inclusão de até 8% nas dietas, beneficiou estes animais, que sempre encontram-se em estado de deficiência de energia devido ao apetite limitado.

Em outros estudos, Christopher (2009), substituindo lactose por glicerina na alimentação de leitões recém-desmamados, confirma 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. Adicionalmente, Lammers et al. (2008c) observaram um declínio na capacidade de suínos (± 11 kg) metabolizarem níveis acima de 10% de inclusão, pelas enzimas envolvidas no metabolismo do glicerol.

Resultados contraditórios foram obtidos em pesquisas desenvolvidas com animais em fase de creche. Groesbeck et al. (2008) recomendam a inclusão de até 12% de glicerina, pelo seu sabor adocicado, 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.

Desde a década de 90, na Europa, a utilização da glicerina na alimentação de suínos tem sido alvo de estudos visando 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 redução na perda de água na cocção no músculo *Semimembranoso*. Esta retenção de água pode ter ocorrido devido pela hidratação do tecido, com o aumento na pressão osmótica intracelular, além da ação protetora sobre a desnaturação das proteínas durante o cozimento.

Em estudos com animais em fase de crescimento (até 138 dias), Lammers et al. (2008a) afirmaram que a inclusão de até 10% de glicerina semipurificada (84,51% glicerol; 11,95% umidade; 2,91% cloreto de sódio e 0,32% metanol) não afetou as variáveis de desempenho e as características quantitativas e qualitativas da carcaça. Estes resultados são semelhantes aos obtidos quando houve adição da glicerina em rações à base de cevada e farelo de soja (Kijora et al, 1995; Kijora & Kupsch, 1996) e de farelo de trigo e soja (Mourot et al., 1994).

Airhart et al. (2002) não verificaram efeito nas características quantitativas e qualidade da carne de suínos alimentados com dietas com glicerina purificada,

suplementada com betaína. Em pesquisas recentes, Mendoza et al. (2010) concluíram que 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, características quantitativas e qualidade da carne.

Kijora & Kupsch (1996) também não verificaram efeito significativo nas características de carcaça, como perdas por gotejamento e cocção quando a glicerina foi incluída em 10% na alimentação de suínos.

Na mesma linha, pesquisas indicam que a inclusão em até 5% da glicerina semipurificada, proveniente da gordura animal e óleo de colza, propicia 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 *Semimembranoso* (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 Berenchtein et al. (2010), utilizando glicerina semipurificada, proveniente de sebo bovino, em Della Casa et al. (2009) e Mendoza et al. (2010), testando glicerina purificada.

Da mesma forma, Duttlinger et al. (2009) não detectaram efeitos nas variáveis força de cisalhamento, perda por cocção e características sensoriais com utilização de glicerina e ractopamina na alimentação de suínos em terminação.

Em outras espécies, estudos com inclusão da glicerina foram realizados com codornas de corte (Batista, 2010; Pasquetti, 2011), poedeiras (Lammers et al., 2008b), frangos de corte (Cerrate et al., 2006; Dozier et al., 2008) e perus (Rosebrough et al., 1980). Entretanto, resultados comprovaram que altos níveis de inclusão de glicerina na alimentação, demonstraram que as aves não são capazes de metabolizar todo o glicerol absorvido, devido à saturação da enzima glicerol quinase que transforma glicerol em glicerol-3-fosfato-desidrogenase (Min et al., 2010).

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 baixa conversão alimentar. Além disso, com 10% de glicerina nas dietas de frangos de corte, a cama do aviário ficou visivelmente mais úmida, devido a níveis elevados de sódio ou potássio (Waldroup, 2007), proporcionado pelo desequilíbrio no balanceamento dos eletrólitos (Min et al., 2010).

Também em pesquisas com cães, Lima et al. (2010) 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.

1.5. Absorção intestinal do glicerol

Para melhor esclarecimento, 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. Sugere-se que uma parcela (aproximadamente 20%) de glicerol livre é liberada 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, seja pelo 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).

No entanto, experimentos da década de 1950 são relatados por Herting et al. (1956) em que o glicerol é também absorvido pelo estômago, no entanto, em uma taxa mais lenta que a absorção intestinal.

Kato et al. (2005) afirmam que uma série de proteínas integrais facilitam a circulação de água pelas membranas celulares formando, por exemplo, um canal de água nas células intestinais, denominadas de Aquaporinas (AQPs). Sabe-se que um grupo de AQPs específicas podem 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 colon, verificaram que a

absorção do glicerol é saturável e, possivelmente, o transporte de glicerol pode ter um envolvimento com um co-transportador, mediado Na⁺ - dependente, justificando a saturação do transporte intestinal. No entanto, o transporte passivo, devido ao glicerol ser um soluto hidrofílico, acredita-se que seja absorvido, principalmente, por transporte paracelular.

1.6. Metabolismo do glicerol

Pesquisas destacam que no soro sanguíneo, as concentrações de glicerol, na grande parte dos mamíferos podem variar de 0,04 a 0,4 mM, em função do estado fisiológico do animal (Tao et al., 1983).

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 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-se excessos de perdas na urina. No entanto, o glicerol, em concentração sérica de 1 mM, pode ser totalmente eliminado pelos rins.

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

No metabolismo, de forma geral, o glicerol é uma molécula pequena que desempenha papel vital, sendo importante componente estrutural dos triglicerídeos e fosfolipídios. Além disso, 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 tricarboxílico (Lin, 1977; Tao et al., 1983). No metabolismo celular, o glicerol 3-fosfato (G3P) é um metabólito central e possui triplo papel: fornecer o esqueleto de carbono para a gliconeogênese, agir como um carregador de equivalentes redutores do citosol para a mitocôndria para fosforilação oxidativa e agir como estrutura de lipídios glicerídeos.

Em mamíferos, existem três enzimas (Figura 4) responsáveis pelo metabolismo do glicerol e G3P: a glicerol quinase, a citosol NAD⁺-dependente desidrogenase G3P e a

mitocondrial FAD ligado G3P 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-gliceraldeido como substratos. A CTP e a 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 G3P, que é o produto imediato da reação de fosforilação (Gianfelici, 2009).

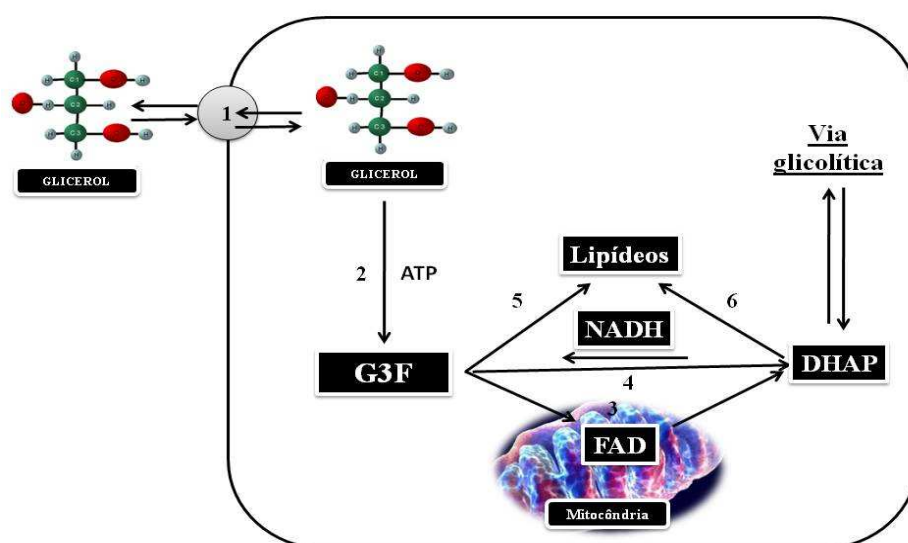


Figura 4 - Esquema da utilização celular do glicerol. Adaptado de Lin (1977). As reações numeradas são catalisadas pelas seguintes proteínas: 1. Proteína transportadora do glicerol; 2. Glicerol quinase; 3. G3P desidrogenase (G3P: citocromo oxidoreductase); 4. G3P oxidoreductase (G3P: NAD⁺2-oxidoreductase); 5. G3P aciltransferase (Acil-coenzima A: G3P O-aciltransferase) e 6. DHAP aciltransferase (Acil-coenzima A: DHAP O-aciltransferase).

Segundo Lin (1977), em alguns tecidos, os níveis destas enzimas podem ser modulados. A glicerol quinase, por exemplo, parece ser controlada, principalmente, pela insulina, a oxidoreductase 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-oxidoreductase aos controles corticosteroides é determinado pelos tecidos neurais.

A atividade da enzima glicerol quinase ocorre, principalmente, no tecido do intestino delgado, na gordura marrom de ratos machos adultos e em ratos com cinco dias de idade. A atividade hepática da G3P oxiredutase representa de 4 a 12% da atividade total desta enzima no organismo. Entretanto, 90% da atividade desta enzima encontram-se no músculo, sendo os rins responsáveis por 1% do total. Já a atividade específica da G3P desidrogenase ocorre no fígado, nos músculos, no intestino e no cérebro (esta enzima é fundamental no metabolismo do glicerol, pois possui maior atividade que a enzima glicerol quinase (Vernon et al., 1970; Lin, 1977). Estes autores ainda, afirmam que a taxa de utilização de glicerol é supostamente dependente da concentração de glicerol. Assim, mudanças na concentração da relação entre $\text{NAD}^+ / \text{NADH}$ podem influenciar a taxa de utilização do glicerol no fígado, e alteram a concentração de L-glicerol 3-fosfato.

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, que proporciona 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, sendo que o glicerol possui efeito negativo na taxa da glicólise no fígado.

Adicionalmente, no metabolismo do glicerol ocorre redução hepática da síntese de ácidos graxos em ratos, resultando em aumento na relação do NADH / NAD citoplasmático. Entretanto, em aves, o glicerol é um ótimo substrato para gliconeogênese pela atividade da glicerol-quinase no fígado. Nesta espécie ocorre 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, pela redução gliconeogênica a partir de aminoácidos, por meio da inibição da atividade da fosfoenolpiruvato carboxiquinase ou glutamato desidrogenase (Simon et al., 1997).

Em suínos, existe 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 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).

Estudos mostram que a metabolização crônica do glicerol no fígado de ratos e aves tem 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, propicia o aumento do peso deste órgão (Narayan & McMullen, 1979; Rosebrough et al., 1980)

Pela sua presença natural do glicerol no tecido animal e seu papel no metabolismo lipídico, a utilização da glicerina na alimentação de suínos pode reduzir algumas perdas no momento do abate. No entanto, pesquisas afirmam que sua inclusão em níveis elevados (acima de 20%) promove redução na palatabilidade, conseqüentemente, no consumo de ração.

Resumidamente, Menten et al. (2008) descrevem que o destino metabólico do glicerol pode ser dirigido, 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, ou como precursor da síntese de triglicerídeos – síntese *de novo* de ácidos graxos ou como constituinte da molécula do triacilglicerol.

Citação bibliográfica

- ABIPECS. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PRODUTORA E EXPORTADORA DE CARNE SUÍNA. **Estatística de produção**. Disponível em: <<http://www.abipecs.org.br/pt/estatisticas/mundial/producao-2.html>> Acesso em: 23/10/2010.
- 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: 06/10/2010.
- ANVISA. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução nº 386, de 5 de agosto de 1999**. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/386_99.htm, Acesso em: 16/11/2010.
- ARRUDA, P.V. RODRIGUES, R.C.L.B.; FELIPE, M.G.A. Glicerol: um subproduto com grande capacidade industrial e metabólica **Revista Analytica**, n.26, 2007.
- ASHFOR, R. D. **Ashfol's dictionary of industrial chemicals**. London: Wavelength Publications, 1994. 1005 p.
- BARCELÓ, J. R. **Diccionario terminológico de química**. Barcelona: Salvat Editores, 1959. 718 p.
- BATISTA, E. **Avaliação nutricional do glicerol para codornas de corte**. 2010. 58 f. 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.
- BONNARDEAUX, J. **Glycerin Overview**. Report for the department of Agriculture and Food. Government of Western Australia, 2006.
- CAMPOS, A. **O Futuro da Indústria: Biodiesel. In: Biodiesel e agricultura familiar no Brasil:resultados socioeconômicos e expectativa futura**. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, Brasília, 2006. 145p
- CARVALHO, P. L.; 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.

- 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.
- COSTENARO, H.S. **Hidrólise ácida e retirada de sais da glicerina bruta proveniente da produção de biodiesel**. 2009. 135f. 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.; KIDD, M. T.; WEBER, T. E.; BREGENDAHL, K. Apparent Metabolizable Energy of Glycerin for Broiler Chickens. **Journal Poultry Science**, v.87, p.317–322, 2008.
- 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
- EBB - EUROPEAN BIODIESEL BOARD. **Statistics the EU biodiesel industry**. Disponível em: <http://www.ebb-eu.org/stats.php>. Acesso em: 05/11/2010
- FERRARI, R.A.; OLIVEIRA, V.S.; SCABIO, A. Biodiesel de soja: Taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em gerador de energia. **Química Nova**, v. 28, n. 1, p.19-23, 2005.
- 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
- GIANFELICI, M.F. **Uso de glicerol como fonte de energia para frangos de corte**. 2009. 120f. Dissertação. (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal do Rio grande do Sul, Porto Alegre.
- GIROTTO, A.F.; GUSTAVO, J.M.M.; BELLAVÉ, C. Investa em ingredientes alternativos. **Revista Escala Rural**, ano IV, n.21, p18-19, 2003

- GOTT, P. [2009]. **Variation in the Chemical Composition of Crude Glycerin**. The Ohio State University. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1811/37082>>. Acesso em: 05/10/2009
- 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.
- 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.
- HERTING, D.C.; EMBREE, N.D.; HARRIS, P.L. Absorption of acetic acid and glycerol from rat stomach. **American Journal Physiology**. n.187, p.224-226, 1956.
- HOWARD, P.; NEAL, M. **Dictionary of chemical names and synonyms**. Boca Raton: Lewis Publishers, v. 1. 1992.
- 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,1 p. 286-287, 2008.
- KATO, T.; HAYASHI, Y.; INOUE, K.; YUASA, H.; Glycerol Absorption by Na-Dependent Carrier-Mediated Transport in the Closed Loop of the Rat Small Intestine. **Biological & Pharmaceutical Bulletin**. v.28, n.3, p.553-555, 2005.
- 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.
- 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.
- 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. Growth performance, carcass characteristics, meat quality, and tissue histology of growing pigs fed crude glycerol-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**, v86, 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, 2., 2010, Campinas. **Anais...**Campinas:Colégio brasileiro de Nutrição Animal, 2010.
- LIMA, G.J.M.M. [2005]. **Qualidade nutricional do milho: situação atual e perspectivas**. In: Seminário ABRAVES-Planalto Serrano, 3, 2005, Lages, SC. Lages: ABRAVES, 2005. Disponível em: <<http://www.cnpsa.embrapa.br/abrades-sc/artigos.html#n9>> Acesso em: 20/08/2005.

- 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.
- MAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Ministério da agricultura autoriza novo uso da glicerina. Disponível em: http://www.sindiracoes.org.br/index.php?option=com_content&task=view&id=972&Itemid=1. Acesso em: 05/11/2010.
- MENDOZA, O.F.; ELLIS, M.; MCKEITH, F.K. et al. Metabolizable energy content of refined glycerin and its effects on growth performance, and carcass and pork quality characteristics of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.30, 2010.
- 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.
- 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.
- MOTA, C.J.A.; SILVA, C.X.; GONÇALVES, V.L.C. Gliceroquímica: novos produtos e processos a partir da Glicerina de produção de biodiesel. **Revista Química Nova**, v.32, n.3, p.639-648, 2009.
- MOUROT, J. Utilisation du glycérol en alimentation porcine. **Inra Productions Animales**, n.5, v.22, p.409-414, 2009.
- MOUROT, J.; AUMAITRE, A.; MOUNIER, A. et al. Nutritional and physiological effects of dietary glycerol in the growing pig. Consequences on fatty tissues and post mortem muscular parameters. **Livestock Production Science**, v.38, p.237-244, 1994.
- 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.
- 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.
- NATURAL RESOURCES CANADA. [2005] **Biodiesel: GHG Emissions Using Ghgenius an Update**. Disponível: <www.nrcan.gc.ca>. Acesso em: 12/10/2010
- OOI, T.L.; YONG, K.C.; HAZIMAH, A.H.; DZULKEFLY, K.; WAN YUNUS, W.M.Z. Glycerol residue- A rich source of glycerol medium chain fatty acids. **Journal of Oleo Science**, v.53, n.1, p.29-33, 2004.

- PARENTE, E.J.S **Biodiesel: Uma aventura Tecnológica num País Engraçado.** Fortaleza-CE, Ed. Unigráfica, 2003, 66 p.
- PASQUETTI, T.J. **Avaliação nutricional da glicerina bruta ou semipurificada, oriundas de gordura animal e óleo vegetal, para codornas de corte.** 2011. 105 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- PERES, J.R.R.; FREITAS JUNIOR, E.; GAZZONI, D.L. Biocombustíveis: Uma oportunidade para o agronegócio brasileiro. **Revista Política agrícola.** Ano 14, n.01, 2005.
- POLO NACIONAL DE BIOCOMBUSTÍVEIS ESALQ/USP. **Biombustíveis.** Disponível em: <http://www.polobio.esalq.usp.br/biocombustiveis.html/>. Acesso em: 20/09/2010.
- PLUSKE, J. **Evaluation of glycerine as a co-product of biodiesel production for the pig industry.** Pork Co-operative Research Centre, Subiaco-Australia, 2007. 47p.
- RAMOS, L.P. **Aproveitamento integral de resíduos agrícolas a agro-industriais.** http://www.asfagro.org.br/trabalhos_tecnicos/biodiesel/combustivel.pdf >. Acesso em: 21/08/2010.
- RATHMANN, R.; BENEDETTI, O.; PLÁ, J.A.; PADULA, A.D. **Biodiesel: Uma alternativa estratégica na matriz energética brasileira?** In: II Seminário de Gestão de Negócios. Curitiba: Unifae, 2005.
- RIVALDI, J.D.; SARROUH, B.F.; FIORILO, R.; SILVA, S.S. Glicerol de biodiesel: Estratégias biotecnológicas para o aproveitamento do glicerol gerado da produção de biodiesel. **Revista biotecnologia**, ano 10, n.37, 2008.
- 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.
- SBRT- Serviço Brasileiro de Resposta Técnicas. **Purificação e uso de glicerina em nutrição animal.** Disponível em: <http://www.sbrt.ibict.br>. Acesso em: 12/05/2010.
- 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.
- SKRZYDLEWSKA, E. Toxicological and metabolic consequences of methanol poisoning. **Toxicology Mechanisms Methods**. v.13, p.277-293, 2003.
- TAO, R.C.; KELLEY, R.E.; YOSHIMURA N.N.; BENJAMIN, F. Glycerol: Its metabolism and use as an intravenous energy source. **Journal Parenteral Enteral Nutrition**, v.7, p.479-488, 1983.
- 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.
- 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.

- U.S.SOYBEAN EXPORT COUNCIL INC. [2007]. 33p. **Glycerin Market Analysis**
Disponível: <<http://www.asasea.com/index.php>> Acesso em: 10/9/2010.
- 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. [2007].**Glycerine and ddgs: biofuel by-products for broilers**. In: 15th Annual ASAIM Southeast Asian Feed Technology and Nutrition Workshop, Disponível em: [http://www.asasea.com/index.php?language=en&screenname=>](http://www.asasea.com/index.php?language=en&screenname=). Acesso em: 02/10/2010
- XIU, S.; SHAHBAZI, A.; VESTEL, V.B. et al. Effectiveness and mechanisms of crude glycerol on the biofuel production from swine manure through hydrothermal pyrolysis. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, v. 87, p. 194–198, 2010.
- XIU, S.; SHAHBAZI, A.; VESTEL, V.B. et al. Swine manure/Crude glycerol co-liquefaction: Physical properties and chemical analysis of bio-oil product. **Bioresource Technology**, v.102, p.1928–1932, 2011.
- YUASA,H.; HAMAMOTO, K.; DOGU, S.; MARUTANI, T.; NAKAJIMA, A.; KATO, T.; HAYASHI, Y.; INOUE, K.; WATANABE, J. 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.; BELTRANENA, E. The effect of feeding crude glycerol on growth performance and nutrient digestibility in weaned pigs. **Canadian Journal of Animal Science**. v.89, n.1,p.85-89, 2009.

II – OBJETIVOS GERAIS

- A) Avaliar a composição química, energética e digestibilidade de dois tipos de glicerina bruta, de origem vegetal e mista.
- B) Verificar quais os níveis máximos de inclusão de glicerina bruta 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 – Glicerina Bruta na Alimentação de Suínos na Fase Inicial

RESUMO – Foram conduzidos dois experimentos com o objetivo de determinar o valor nutricional e avaliar o desempenho de leitões na fase de inicial alimentados com rações contendo dois tipos de glicerinas brutas: GBV – oriunda de óleo vegetal (soja) e GBM – mista, oriunda de gordura animal e óleo de soja. No Experimento I, foi conduzido um ensaio de digestibilidade com 32 (24 para rações testes e 8 para rações referência), leitões ($19,20 \pm 1,52$ kg) mestiços, distribuídos em delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 2×3 (dois tipos de glicerinas brutas e três níveis de substituição da dieta referência). A unidade experimental consistiu-se de um suíno, totalizando quatro unidades experimentais por ração. Os níveis de substituição da ração referência pela glicerina foram 4, 8 e 12%. 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) vs. consumo de glicerina (kg). Os valores de ED e EM (kcal/kg), na matéria natural, obtidos foram: GBV= 5.070 e 4.556 e GBM= 5.143 e 4.488, respectivamente. Os resultados indicam que estes dois tipos de glicerinas são fontes de alta energia disponível para a alimentação de suínos na fase inicial (15-30 kg). No Experimento II, foram utilizados 90 leitões ($15,18 \pm 0,67$ a $30,28 \pm 1,68$ kg), distribuídos em delineamento inteiramente casualizados, em esquema fatorial 2×4 , sendo dois tipos de glicerina bruta (GBV e GBM) 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 ($P \geq 0,05$) entre os níveis de inclusão e o tipo de glicerina bruta. A análise de regressão indica que não houve efeito ($P \geq 0,05$) do nível de inclusão de glicerina bruta sobre o desempenho e variáveis plasmáticas. Os resultados de desempenho sugerem que é viável a utilização em até 12%, de ambas as glicerinas brutas (de origem vegetal ou mista), na alimentação de leitões na fase inicial, sem prejuízos no desempenho e variáveis plasmáticas, além de propiciar a redução de cerca de 10% no custo da alimentação.

Palavras-chave: biodiesel, coproduto, digestibilidade, glicerol

III - Crude Glycerine on Starting Pigs Feeding

ABSTRACT - Two experiments were carried out to determine the nutritional value and to evaluate performance of nursery piglets fed on with two types of crude glycerine which were obtained from soybean oil (CGS), and mixture from animal fat + % soybean oil (CGA). In the Experiment I, a digestibility trial was carried out using 32 cross breed piglets (19.20 ± 1.52 kg), allotted in a completely randomized design in 2×3 factorial scheme (two different types of glycerine, and three levels of glycerine in the diet). The experimental unit consisted of one pig, with a total of four experimental units per diet. Glycerine levels used in the digestibility test were 4, 8, and 12% of the basal diet (corn + soybean based). The digestible (DE) and metabolizable energy (ME) values of glycerine were estimated by regression of DE and ME intake (kcal/kg) vs. glycerine intake (kg). The values (as-fed-basis) of DE and ME (kcal/kg) obtained were: CGS= 5,070 and 4,556; CGA= 5,143 and 4,488, respectively. The results indicate that these two types of glycerine are highly available energy source for starting pigs (15-30 kg) feeding. In the Experiment II, 90 piglets (BW = 15.18 ± 0.67 to 30.28 ± 1.68 kg), were allotted in a completely randomized design in 2×4 factorial scheme, with two types of crude glycerine (CGS and CGA) and four inclusion levels (3, 6, 9, and 12%). It was used five experimental (pens) unit with two pigs for each level of crude glycerine resulting in five replicates per treatment in the diet. Additionally, was formulated a control diet with no glycerine (0%). There were no interaction among levels of CG and types of crude glycerine, and the regression analysis indicates no effects ($P \geq 0.05$) of crude glycerine inclusion on performance and plasma variables. The results of performance suggest that it is feasible to use up to 12% of both CG (obtained from soybean oil and mixture) on starting piglet diet, without impairing performance and plasma variables, besides providing a reduction of about 10% of the feeding cost.

Key Words: biodiesel, co-product, digestibility, glycerol

Introdução

A busca de biocombustíveis a partir de fontes renováveis de energia tem por objetivo a tentativa de reduzir a dependência dos produtos combustíveis derivados do petróleo. O Brasil está entre os maiores produtores e consumidores de biodiesel do mundo, com uma produção anual, em janeiro de 2010, de 4,7 bilhões de litros (ANP, 2010). A glicerina é o principal coproduto (10% do volume total de biodiesel) resultante da produção de biodiesel.

A glicerina pode ser comercializada sem purificação (glicerina natural), na forma bruta (alto conteúdo de ácidos graxos) ou semipurificada, mais conhecida como “Loira” (baixo conteúdo de ácidos graxos).

Este coproduto da produção do biodiesel pode ser utilizado como fonte de alto potencial energético para alimentação animal, uma vez que, absorvida no organismo, participará da formação de lipídios, convertida em glicose através da via gliconeogênese ou oxidada para a produção de energia através da glicólise e do ciclo do ácido cítrico. Além disso, Groesbeck et al. (2008) destacam que os valores energéticos do milho, trigo e da glicerina são semelhantes, podendo a glicerina ser considerada um ingrediente alternativo na substituição destes alimentos tradicionais nas rações dos suínos.

Por esta razão, desde a década de 1990, a utilização da glicerina na alimentação de suínos tem sido alvo de estudos, com intuito de entender os efeitos deste coproduto, oriunda de diferentes matérias-primas, sobre o desempenho, característica de carcaça e qualidade de carne de suínos.

Em estudos utilizam glicerina na alimentação de leitões recém-desmamados, Zijlstra et al. (2009) verificaram que o valor de energia digestível para a glicerina semipurificada é de 3.510 kcal/kg e que a inclusão de até 8% nas dietas, não prejudica o desempenho dos animais. Do mesmo modo, Christopher (2009), substituindo lactose

por glicerina na alimentação de leitões, confirma que a glicerina, melhora a durabilidade do pellet, fluidez, eficiência e temperatura da peletizadora e pode ser adicionada nas dietas em níveis de até 5%.

Em virtude da escassa informação científica sobre a utilização da glicerina bruta para a alimentação de suínos, objetivam-se com este trabalho avaliar o valor nutricional e os efeitos da inclusão de dois tipos de glicerina bruta (vegetal e mista) sobre o desempenho de suínos na fase inicial e sua viabilidade econômica.

Material e Métodos

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

Foram estudadas duas glicerinas brutas (GB): GBV – oriunda de óleo vegetal (soja); GBM – mista, oriunda de aproximadamente 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 (GBV e GBM), 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 Biopar. A matéria orgânica não-glicerol (MONG) foi calculada

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

Tabela 1- Composição química e energética das glicerinas brutas

Nutrientes	Glicerina Bruta Vegetal	Glicerina Bruta Mista
Umidade, %	2,54	5,45
Glicerol, %	55,95	55,45
Proteína bruta, %	0,05	0,05
Energia bruta, kcal/kg	5247	5242
Ácidos graxos totais, %	23,30	21,50
MONG, % ¹	37,43	34,48
Metanol, %	10,96	5,05
Cinzas, %	4,45	4,26
Cloreto de Sódio, %	3,52	3,01
Cálcio, ppm	83,22	82,33
Fósforo, ppm	203,25	167,51
Potássio, %	0,174	0,023
Sódio, %	1,620	1,990
Cloreto, %	0,460	0,350
Magnésio, ppm	42,78	30,72
Cobre, ppm	0,168	0,197
Cromo, ppm	0,241	0,177
Ferro, ppm	22,37	26,51
Zinco, ppm	1,954	0,195
Manganês, ppm	0,442	0,853
Alumínio, ppm	52,82	33,48
Cobalto, ppm	0,532	0,475
Molibdênio, ppm	0,000	0,000
Chumbo, ppm	0,443	0,487
pH	8,75	8,55
Densidade, kg/m ³	1.090	1.110

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

As determinações de lipídios totais e metanol foram realizadas por cromatografia nos Departamentos de Química e Física, respectivamente, da Universidade Estadual de Maringá. Pela presença de elevados teores de ácidos graxos na glicerina bruta (GBV e GBM), estas se encontravam em estado sólido, em temperatura ambiente, dificultando sua mistura aos demais ingredientes das rações. Por esta razão foi necessário um pré-aquecimento da glicerina bruta em temperatura controlada (30 a 40°C).

Experimento I – Ensaio de digestibilidade

Foi conduzido um ensaio de digestibilidade, utilizando 32 suínos mestiços de linhagem comercial, machos castrados, com $19,20 \pm 1,52$ kg de peso vivo inicial.

Os animais foram alojados, individualmente, em gaiolas de metabolismo semelhantes às descritas por Pekas (1968), em sala com ambiente controlado. As temperaturas ambiente médias 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 foi 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%) e foi formulada para atender às exigências indicadas no Rostagno et al. (2005).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 2×3 (dois tipos de gliceras brutas e três níveis de substituição da dieta referência), com quatro unidades experimentais por tratamento. Os níveis de substituição da ração referência pela glicerina foram 4, 8 e 12%, resultando em seis rações testes.

O fornecimento das dietas, coleta de fezes e urina foram de acordo aos 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, aproximadamente, 20% de água e fornecida para evitar desperdícios, reduzir a pulverulência e melhorar a aceitabilidade da ração pelo animal. Após cada refeição, a água foi fornecida no próprio comedouro na proporção de 3 mL de água/g de ração, para evitar excesso de consumo de água e comprometer o consumo da ração.

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

Os coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS), da matéria orgânica (CDMO), da energia bruta (CDEB) e o coeficiente de metabolização da energia bruta (CMEB), dos dois tipos de glicerinas foram calculados, conforme Matterson (1965). Os valores de energia digestível (ED) e metabolização (EM) foram estimados pela análise de regressão (Adeola, 2000) da ED e EM consumida (kcal/kg) vs. consumo de glicerina.

Para avaliar diferenças entre os coeficientes de digestibilidade da GBV e GBM, os dados foram submetidos à análise de variância, utilizando o pacote estatístico SAEG (UFV, 1997), de acordo com o seguinte modelo estatístico: $Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$ em que: Y_{ij} = coeficientes de digestibilidade do tratamento i , da repetição j ; μ = constante

associada a todas as observações; T_i = efeito do nível de inclusão do alimento i , sendo i = 4; 8; 12%; e_{ij} = erro aleatório associado a cada observação.

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

O experimento foi realizado no período de agosto a novembro de 2009. As temperaturas mínima e máxima médias, registradas no período experimental, foram de $17,6 \pm 2,76^\circ\text{C}$ e $27,4 \pm 3,59^\circ\text{C}$, respectivamente. As umidades relativas do ar médias do período experimental, pela manhã e pela tarde, foram de $82,5 \pm 11,92\%$ e $59,7 \pm 16,78\%$, respectivamente. A precipitação pluviométrica total no período experimental foi de 555 mm.

Foram utilizados 90 suínos mestiços de linhagem comercial, 45 machos castrados e 45 fêmeas, com peso vivo inicial de $15,18 \pm 0,672$ e final de $30,28 \pm 1,676$ kg.

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

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

Tabela 2 - Composição centesimal, química e custos das rações, contendo diferentes níveis de inclusão de dois tipos de glicerina bruta obtidas de óleo de soja e óleo de soja + gordura animal, para suínos na fase inicial

Itens, %	Níveis de inclusão, %								
	0	Glicerina Bruta Vegetal				Glicerina Bruta Mista			
		3	6	9	12	3	6	9	12
Milho	62,32	59,71	57,52	54,29	51,58	59,65	57,63	54,10	51,33
Glicerina bruta	-	3,00	6,00	9,00	12,00	3,00	6,00	9,00	12,00
Farelo de soja	31,39	31,82	31,74	32,73	33,19	31,83	31,52	32,77	33,23
Óleo de soja	3,071	2,298	1,541	0,820	0,081	2,350	1,638	0,977	0,291
Calcário	0,385	0,383	0,383	0,378	0,376	0,383	0,384	0,378	0,376
Fosfato bicálcico	1,713	1,716	1,724	1,723	1,727	1,717	1,726	1,724	1,727
Sal comum	0,400	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
Leucomag ²	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
L-Lisina HCL	0,163	0,155	0,163	0,137	0,129	0,154	0,170	0,137	0,128
DL-Metionina	0,034	0,037	0,045	0,042	0,045	0,037	0,047	0,042	0,045
L-Treonina	0,024	0,023	0,030	0,021	0,020	0,023	0,033	0,021	0,020
Valores calculados ³									
Energia Metabolizável ³ , kcal/kg	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
Proteína bruta ³ , %	18,70	18,70	18,70	18,70	18,70	18,70	18,70	18,70	18,70
Cálcio ³ , %	0,742	0,742	0,742	0,742	0,742	0,742	0,742	0,742	0,742
Fósforo disponível ³ , %	0,412	0,412	0,412	0,412	0,412	0,412	0,412	0,412	0,412
Lisina disponível ³ , %	1,022	1,022	1,022	1,022	1,022	1,022	1,022	1,022	1,022
Metionina + Cistina disponível ³ , %	0,572	0,572	0,572	0,572	0,572	0,572	0,572	0,572	0,572
Treonina disponível ³ , %	0,643	0,643	0,643	0,643	0,643	0,643	0,643	0,643	0,643
Glicerol ³ , %	-	1,679	3,357	5,036	6,714	1,662	3,324	4,986	6,648
Metanol ³ , %	-	0,329	0,658	0,986	1,315	0,152	0,303	0,455	0,606
Custo ³ , R\$/kg	0,516	0,491	0,481	0,470	0,459	0,492	0,483	0,473	0,463

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

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

Os animais foram distribuídos em delineamento experimental em blocos casualizados com repetições no tempo, em esquema fatorial 2 x 4, sendo dois tipos de glicerina bruta (GBV e GBM) e quatro níveis de inclusão (3, 6, 9 e 12%), com cinco repetições e dois suínos por unidade experimental (UE). Adicionalmente, foi formulada uma ração testemunha (RT), contendo 0% glicerina.

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 (14º dia) e no final (22º dia) do período experimental, foram colhidas amostras de sangue, via veia cava cranial e transferida para tubos com heparina (Cai et al., 1994),.

As amostras sanguíneas foram centrifugadas (3.000 rpm por 15 min) para obtenção do plasma. Em seguida, 3mL de plasma (em duplicata) foram transferidos para tubos tipo “ependorfes” que foram devidamente identificados e armazenados em freezer (-18°C), para posteriores análises no Laboratório de Análise de Alimentos e Nutrição Animal da Universidade Estadual de Maringá.

Para determinação das análises de colesterol (COLE), glicose (GLICO), nitrogênio da ureia plasmática (NUP) e triglicerídeos (TRIG), foi utilizado kit da Gold Analisa Diagnóstica Ltda. Os resultados de baseline obtidos no início do experimento foram utilizados como covariável para análises.

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

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

Foi calculado também o Índice de Eficiência Econômica (IEE) e o Índice de Custo (IC), segundo metodologia proposta por Gomes et al. (1991).

IEE (%) = $M_{Ce} / C_{Tei} \times 100$ e IC (%) = $C_{Tei} / M_{Ce} \times 100$ em que: M_{Ce} = menor custo da ração por kg ganho observado entre os tratamentos; C_{Tei} = custo do tratamento i considerado.

Foram utilizados os preços dos insumos da região de Maringá-PR para calcular os custos das rações experimentais. O milho grão R\$ 0,272/kg, farelo de soja R\$ 0,629/kg, óleo de soja R\$ 1,99/kg e glicerina bruta (GBV e GBM) R\$ 0,29/kg. Este último valor é calculado em função do teor de ácidos graxos totais (R\$1,0/kg) nas glicerinas brutas e o preço pago pelo kg da glicerina semipurificada (R\$0,08/kg).

Com o objetivo de avaliar os parâmetros do desempenho, os resultados foram submetidos à análise de variância, adotando-se o seguinte modelo estatístico: $Y_{ijklm} = \mu + B_i + S_j + N_k + F_l + NF_{kl} + e_{ijkl}$, em que Y_{ijklm} = observação do animal m , dentro do bloco i , nível de inclusão k e tipo de glicerina bruta l ; μ = constante associada a todas as observações; B_i = efeito do bloco, sendo $i = 1, 2, 3, 4, 5$; S_j = efeito de sexo j (1=macho, 2=fêmea); N_k = efeito dos níveis de glicerina bruta, sendo $k = 3, 6, 9, 12\%$; F_l = efeito

do tipo de glicerina bruta, sendo $l = \text{GBV e GBM}$; NFkl = efeito da interação dos níveis de inclusão k e o tipo de glicerina bruta l e e_{ijklm} = erro aleatório associado à observação.

Os graus de liberdade referentes aos níveis de inclusão (GBV e GBM) foram desdobrados em polinômios ortogonais, para obtenção das equações de regressão.

Para a comparação dos resultados da ração testemunha (0% de glicerina bruta) com cada um dos níveis de inclusão de GBV e GBM, foi aplicado o teste de Dunnett (Sampaio, 1998). As análises estatísticas foram efetuadas utilizando o pacote estatístico SAEG (UFV, 1997). No experimento de desempenho, o peso inicial dos leitões foi utilizado como covariável.

Resultados e Discussão

Os valores obtidos referentes à composição física, química e energética das glicerinas brutas (GBV e GBM) (Tabela 1) estão de acordo com resultados citados por Kerr et al. (2009) para os teores de glicerol (51,54%), umidade (4,99%), energia bruta (5.581 kcal/kg), matéria graxa total (24,28%), metanol (14,99%) e cinzas (4,20%), em glicerina bruta obtida da gordura de frango.

Os valores evidenciam que a glicerina bruta possui ampla variação em sua composição química. Gott (2009), trabalhando com glicerinas obtidas de diferentes matérias-primas e indústrias, afirma que o teor de cinza possui ampla variação na composição química das glicerinas, pela quantidade de catalisadores utilizados em cada indústria. No entanto, os valores de glicerol, metanol, umidade e pH não apresentaram grande variação. Por esta razão, Hansen et al. (2009) destacam que a utilização da glicerina bruta será influenciada pelo nível e tipo de glicerina utilizada nas rações e deve-se levar em consideração, no momento da formulação das dietas, a quantidade de minerais, a variação de parâmetros como pH e teor de matéria orgânica não-glicerol (MONG).

Por não sofrer nenhum processo de purificação, a glicerina bruta tem como características a presença de altos teores de ácidos graxos e resíduos de catalizadores (sódio ou potássio) em sua composição química. Outra característica peculiar da glicerina bruta é o elevado teor de metanol, não se enquadrando nas recomendações de 150 ppm de metanol para utilização da glicerina na alimentação animal (FDA, 2010). No entanto, não foi observado nenhum distúrbio de comportamento dos animais em nenhum dos experimentos conduzidos. Além disso, na literatura (Kijora et al., 1995; Lammers et al., 2008a; Lammers et al., 2008b) não há relatos do aumento da incidência na frequência de lesões associadas com a toxicidade do metanol em olhos, rins, fígado ou na histologia dos tecidos em suínos alimentados com glicerina bruta.

Experimento I – Ensaio de Digestibilidade

Os valores dos coeficientes de digestibilidade (MS, MO, EE e EB), metabolização e nutrientes digestíveis (Tabela 3) das gliceras brutas (GBV e GBM) demonstraram que ambas são excelentes fontes energéticas para alimentação de suínos na fase inicial e com alto aproveitamento pelos animais.

A presença de elevados teores de ácidos graxos totais na GBV e GBM propicia alto valor energético. Estes dados foram comprovados por Kerr et al. (2009), que trabalhando com gliceras brutas provenientes de gordura animal, obtiveram resultados de energia bruta (6.021 e 5.581 kcal/kg), energia digestível (5.228 e 4.336 kcal/kg) e energia metabolizável (5.206 e 4.446 kcal/kg). Em comparação, trabalhos recentes citam que a glicerina semipurificada (80-90% de glicerol) possui 3.436 kcal EM /kg Lammers et al., 2008a) e a glicerina purificada kcal 4.463 EM/kg (Bartelt & Schneider, 2002).

Tabela 3- Coeficientes de digestibilidade aparente (CD), coeficiente de metabolização (CM) e valores digestíveis dos dois diferentes tipos de glicerinas brutas, estudados na fase de inicial

Coeficientes de digestibilidade, %	Glicerina Bruta	
	Vegetal	Mista
CD da Matéria seca	93,10	85,77
CD da Matéria orgânica	91,78	91,05
CD do Extrato etéreo	89,88	88,95
CD da Energia bruta	96,60	98,10
CM da Energia bruta	87,54	85,98
Nutrientes digestíveis	MN ¹	MN ¹
Matéria seca digestível,%	90,74	81,10
Matéria orgânica digestível,%	87,69	87,17
Extrato etéreo digestível,%	20,94	19,12
Energia digestível, kcal/kg	5.070	5.143
Energia metabolizável, kcal/kg	4.556	4.488
EM:ED	0,90	0,87

¹ Matéria natural;

Para obter a EM de cada tipo de glicerina bruta foi estimada a inclinação da relação linear entre o consumo de energia metabolizável vs o consumo de glicerina bruta (GBV e GBM) (Figura 1), mostrando que a GBV e GBM apresentaram EM semelhantes (4.555 e 4.488 kcal/kg), respectivamente.

Cerrate et al. (2006) comprovaram que o valor da EM da glicerina como sendo 95 a 100% de sua energia bruta para formulação de dietas. Entretanto, existe limitação no metabolismo da glicerina, verificado pelo aumento da excreção da energia na urina e perdas na metabolização (Mendoza et al., 2010).

A diferença na composição química da glicerina bruta pode afetar seu valor energético metabolizável, no entanto, não está claro que a matéria-prima também afetará este valor.

A relação EM:ED para ambas glicerinas (GBV e GBM) foram semelhantes aos resultados obtidos Kerr et al. (2009), os quais afirmam que os valores encontrados de 82-85% de EM:ED em glicerinas brutas oriundas de gordura de frango foram reduzidos

pela quantidade de ácidos graxos presente. Em comparação, a relação EM:ED para a glicerina semipurificada foi de 92% (Lammers et al., 2008c) e 97% referente ao milho e ao óleo de soja (Rostagno et al., 2005).

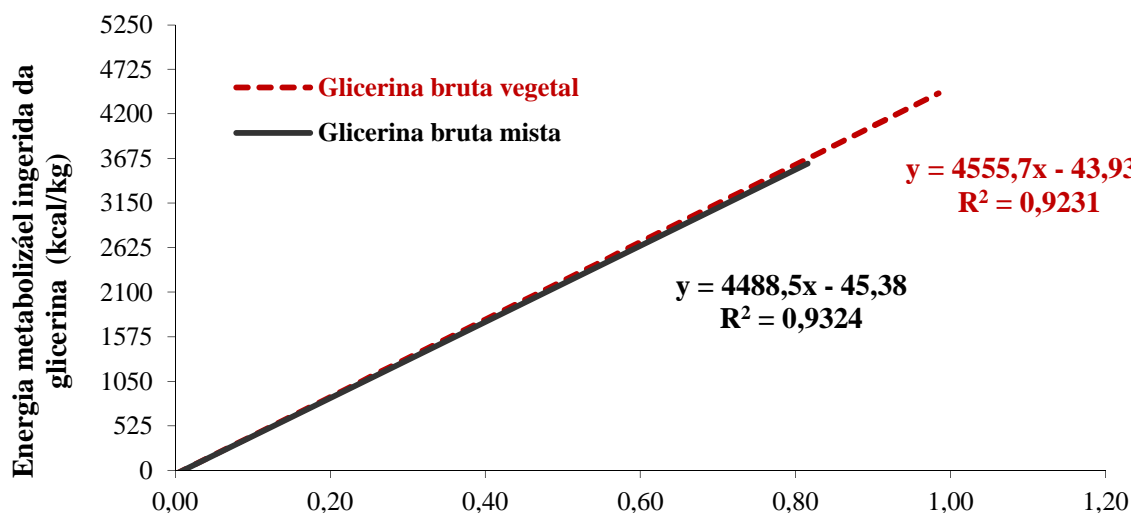


Figura 5 - Equações de regressão da EM de dois tipos de gliceras, obtidos a partir da energia metabolizável (kcal/kg) consumida vs. o consumo de glicerina (kg), por 24 suínos em fase inicial, no período de cinco dias

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

Não houve interação ($P \geq 0,05$) entre os níveis de inclusão e os tipos de glicerina bruta (GBV e GBM) para nenhuma das variáveis estudadas (Tabela 4).

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

Tabela 4 - Desempenho de suínos na fase inicial, alimentados com rações contendo glicerina bruta vegetal e glicerina bruta mista com diferentes níveis de inclusão.

Itens	Níveis de inclusão de glicerina (%)								Média ±EP ¹	CV ²	TG ³	TG x NV ⁴	Lin ⁵	Quad ⁶	
	Glicerina Bruta Vegetal				Glicerina Bruta Mista										
	0	3	6	9	12	3	6	9							12
CDR ⁷ , kg	1,234	1,276	1,250	1,200	1,226	1,244	1,284	1,208	1,278	1,244±0,016	11,48	NS	NS	NS	NS
GDP ⁸ , kg	0,686	0,732	0,712	0,666	0,668	0,664	0,734	0,678	0,726	0,696±0,012	8,74	NS	NS	NS	NS
CA ⁹	1,81	1,75	1,78	1,80	1,86	1,88	1,76	1,82	1,77	1,80±0,014	5,16	NS	NS	NS	NS

¹ Erro padrão; ² Coeficiente de variação; ³ TG = Tipo de glicerina bruta; ⁴ Interação entre tipo de glicerina e níveis de glicerina; ⁵ Efeito linear dos níveis de glicerina bruta; ⁶ Efeito quadrático dos níveis de glicerina bruta; ⁷ CDR = Consumo diário de ração; ⁸ GDP = Ganho diário de peso; ⁹ CA = Conversão alimentar; NS = não-significativo

Lammers et al. (2008a), utilizando glicerina semipurificada, verificaram que a inclusão de até 10% não prejudica o desempenho (CDR, GDP e CA) de suínos em fase de crescimento (7,9 a 133kg). Da mesma forma, pesquisas anteriores, que avaliam a 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 observaram efeito no desempenho de suínos em crescimento.

Os resultados (Tabela 5) sugerem que a adição crescente de glicerina nas rações, não interferiu na palatabilidade das rações. Em outras pesquisas, Groesbeck et al. (2008) afirmam que a glicerina bruta possui sabor adocicado, o que melhora a palatabilidade das dietas e, conseqüentemente, o consumo de ração.

Os resultados das análises plasmáticas (Tabela 5) mostram que não houve interação ($P \geq 0,05$) entre os níveis de inclusão e tipos de glicerina bruta (GBV e GBM) para variável glicose. Estes resultados foram semelhantes aos obtidos por Hansen et al. (2009) que 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 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 por meio da gliconeogênese ou oxidado em energia por meio da glicólise ou ciclo do ácido cítrico.

Tabela 5 - Níveis plasmáticos (mg/dL) de glicose, triglicerídeos, colesterol e nitrogênio da ureia plasmática (NUP) de suínos na fase inicial, alimentados com rações contendo glicerina bruta vegetal (GBV) e glicerina bruta mista (GBM) com diferentes níveis de inclusão

Colheita	Níveis de inclusão, %								$\bar{X} \pm EP^1$	TG ²	TGxNV ³	Lin ⁴	Qua ⁵	
	Glicerina Bruta Vegetal				Glicerina Bruta Mista									
	0	3	6	9	12	3	6	9						12
Glicose														
Baseline	103,31	91,32	99,28	101,50	94,53	93,82	102,23	85,46	93,28	96,08±1,41	-	-	-	-
14° dia	93,03	97,68	86,15	95,69	105,73	97,63	98,32	90,90	101,82	96,33±1,37	NS	NS	NS	NS
22° dia	103,16	101,03	97,38	107,02	103,69	103,27	102,72	106,84	103,65	103,20±1,56	NS	NS	NS	NS
Média ⁶	98,10	99,36	91,77	101,36	104,71	100,45	100,52	98,87	102,74	98,48±0,92	NS	NS	NS	NS
Triglicerídeos														
Baseline	66,76	82,26	68,84	72,37	85,44	74,14	74,09	74,20	72,28	74,49±1,58	-	-	-	-
14° dia	51,21	48,85	47,46	40,35	67,10	55,38	54,30	54,47	61,34	53,39±1,46 ^A	0,03	NS	NS	GBV 0,01
22° dia	53,01	54,59	65,93	50,28	91,60	68,45	69,41	73,26	70,48	66,33±2,77 ^B	NS	NS	NS	NS
Média ⁶	52,11	51,72	56,70	45,32	79,35	61,92	61,86	63,87	65,91	59,86±1,65	NS	0,03	NS	GBV 0,01
Colesterol														
Baseline	81,00	78,92	80,10	81,93	87,77	75,26	80,39	85,57	74,05	80,55±1,68	-	-	-	-
14° dia	69,45	68,28	60,62	69,23	80,48	72,14	77,71	69,37	86,12	72,60±1,20	0,01	NS	NS	GBV 0,03
22° dia	71,29	74,63	73,47	70,23	78,18	80,58	76,19	77,43	87,14	76,57±1,45	0,01	NS	NS	NS
Média ⁶	70,37	71,46	67,05	69,73	79,33	76,36	76,95	73,40	86,63	74,59±1,00	0,02	NS	NS	GBV 0,03
Nitrogênio da ureia plasmática														
Baseline	11,53	12,91	12,66	13,67	11,38	12,80	11,70	11,91	11,88	12,27±0,29	-	-	-	-
14° dia	11,86	13,85	12,31	13,47	12,78	14,50	12,70	12,15	13,62	13,03±0,29	NS	NS	NS	NS
22° dia	12,21	13,40	13,85	12,62	13,75	13,69	12,30	11,87	15,91	13,29±0,32	NS	NS	NS	GBM 0,01
Média ⁶	12,04	13,63	13,08	13,05	13,27	14,10	12,50	12,01	14,77	13,16±0,20	NS	NS	NS	GBM 0,01

¹ Erro padrão; ² TG = Tipo de glicerina bruta; ³ Interação entre tipo de glicerina e níveis de glicerina; ⁴ Efeito linear dos níveis de glicerina bruta; ⁵ Efeito quadrático dos níveis de glicerina bruta (Triglicerídeos GBV 14° dia = $72,6025 - 9,74616X + 0,76198X^2$; Colesterol GBV 14° dia = $86,6163 - 7,50428X + 0,582684X^2$; NUP GBM 14° dia = $18,6114 - 2,0086X + 0,147106 X^2$); ⁶ Média referente à colheita dos 14° e 28° dias (Triglicerídeos GBV média = $82,9245 - 11,2424X + 0,883890 X^2$; Colesterol GBV média = $84,2045 - 5,29764X + 0,40616X^2$; NUP GBM média = $18,3638 - 1,73582X + 0,118750X^2$); Médias nas colunas seguidas de letras minúsculas distintas são diferentes ($P < 0,05$); NS = não-significativo.

Por outro lado, para os triglicerídeos houve interação ($P < 0,05$) entre os níveis de inclusão e o tipo de glicerina bruta utilizada e efeito quadrático para GBV. Para a GBM, observaram-se concentrações de triglicerídeos maiores ($P < 0,05$) em relação aos tratamentos com GBV, ao 14º dia de colheita. Além disso, para os níveis de triglicerídeos houve aumento nos valores plasmáticos em relação ao período de colheita (colheita dos 14º dias e 22º dias). Possivelmente, estas respostas sejam em função da necessidade de um maior período de adaptação à alimentação pelos animais às dietas com glicerina.

Resultados contraditórios foram obtidos por Mourot et al. (1994), com adição de até 5% de glicerina, proveniente do óleo de colza, os quais não verificaram influência nas concentrações plasmáticas de triglicerídeos, demonstrando que não houve a relação entre os níveis circulantes e a concentração de triglicerídeos no tecido hepático e no músculo *Semimembranosus* de suínos. Resultados semelhantes foram encontrados por Christopher (2009) em níveis de substituição da lactose por glicerina na alimentação de leitões recém-desmamados.

Nas concentrações de colesterol, houve efeito quadrático para GBV. A GBM teve concentrações de colesterol maiores ($P < 0,05$) do que a GBV, aos 14º e 28º dias de colheita. Narayan & McMullen (1979) afirmaram que a metabolização crônica do glicerol no fígado de ratos e aves tem efeito estimulador sobre a síntese de ácidos graxos livres, triglicerídeos, colesterol, quilomícrons e lipoproteínas plasmáticas.

Para variável NUP, houve efeito quadrático para GBM, entretanto, de forma geral, 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, que

concluíram que até o nível de 10% não houve mobilização da proteína do tecido magro.

Resultados da análise econômica (Tabela 6) mostraram redução linear ($P \leq 0,05$) do custo de ração (CR), com o aumento dos níveis de inclusão das glicerinas GBV e GBM, nas dietas de suínos na fase inicial. Esta resposta é reflexo da relação de preços existentes entre os ingredientes (milho, farelo de soja, óleo de soja e a glicerina bruta), uma vez que à medida que se adiciona a glicerina, ocorre redução do milho, que tem o custo mais elevado. Assim, estes resultados sugerem a possibilidade econômica de inclusão de até 12% de glicerina bruta vegetal.

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

Itens	Níveis de inclusão da glicerina, %					CV ¹	Dun ²	Reg ³
	0	3	6	9	12			
Glicerina Bruta Vegetal								
Peso inicial, kg	15,18	15,17	15,19	15,19	15,19			
Peso final, kg	30,29	31,10	30,50	29,66	29,63			
Custo da ração	0,516	0,491	0,481	0,470	0,459	-	-	-
CR, R\$/kg PV ⁴	0,933	0,862	0,857	0,845	0,845	6,31	$P \geq 0,05$	L:0,01
IEE	90,50	98,04	98,59	100,00	99,93	-	-	-
IC	110,50	102,00	101,43	100,00	100,07	-	-	-
Glicerina Bruta Mista								
Peso inicial, kg	15,18	15,18	15,14	15,18	15,20			
Peso final, kg	30,29	29,65	31,02	29,71	30,99			
Custo da ração	0,516	0,492	0,483	0,473	0,463	-	-	-
CR, R\$/kg PV ⁴	0,933	0,925	0,849*	0,822*	0,818*	5,44	0,01	L:0,01
IEE	87,69	88,44	96,45	99,62	100,0	-	-	-
IC	114,04	113,07	103,68	100,38	100,00	-	-	-

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: GBV = $0,907610 - 0,00667285X$; GBM = $0,9360193 - 0,011018X$; ⁴ CR, R\$/kg PV: Custo da ração por kg de peso vivo ganho

O teste de Dunnett indicou que não houve diferença ($P \geq 0,05$) entre os níveis de inclusão (3, 6, 9 e 12%) de GBV, comparado ao tratamento com 0% inclusão. No entanto, para a GBM, além da redução linear ($P \leq 0,05$) do custo da ração por quilograma

de peso vivo ganho (CR), o teste de Dunnett indicou que os níveis mais elevados (6, 9 e 12%) de inclusão de GBM tiveram o CR inferior, comparado ao observado com a ração referência.

A análise econômica indica que a utilização de até 12% de GBV e GBM em rações isoenergéticas pode reduzir os custos com alimentação dos leitões (15-30 kg) em até 10%, em comparação com a ração sem glicerina (0%).

Conclusões

Os valores de EM para a glicerina bruta vegetal e mista para leitões são 4.556 e 4.488 kcal/kg na matéria natural, respectivamente.

Os resultados sugerem que para dietas de leitões (15-30 kg) é possível utilizar até 12%, de ambos os tipos de glicerina bruta, sem interferir no desempenho, variáveis plasmáticas de glicose, triglicerídeos, colesterol e NUP. Além disso, a inclusão das glicerinas brutas pode proporcionar redução de até 10% no custo com alimentação. 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. Digestion and balance techniques in pigs. In: LEWIS, A.J. and SOUTHERN, L.L., (Eds) **Swine Nutrition**. 2 ed. CRC Press, Washington: DC, 2000. p.903–916.
- ANP – Agência Nacional de Petróleo. Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Biodiesel**. Disponível em: <http://www.anp.gov.br>. Acesso em: 06/10/2010.
- 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.
- CAI, Y.; ZIMMERMAN, D.R.; EWAN, R.C. Diurnal variation in concentrations of plasma urea nitrogen and amino acids in pigs given free access to feed or fed twice daily. **Journal Nutrition**, v.124, p.1088-1093, 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. 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.
- FDA US Food and Drug Administration.[2010]. **Food additives permitted in feed and drinking water of animals. Methyl esters of higher fatty acids**. Disponível em: <http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfCFR/CFRSearch.cfm?fr=172.225&SearchTerm=fatty%20acids>. Acesso em: 04/11/2010.
- GOMES, M.F.M.; BARBOSA, H.P.; FIALHO, E.T. et al. **Análise econômica da utilização de trigulho 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: 05/10/2009
- GROESBECK, C. N.; MCKINNEY, L. J.; DEROUCHÉY, J. M. et al. Effect of crude glycerol on pellet mill production and nursery pig growth performance. **Journal of Animal Science**. v.86, p.2228-2236, 2008.
- 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.

- KERR, B. J.; WEBER, T.E.; DOZIER, W.A.; KIDD, M.T. Digestible and metabolizable energy content of crude glycerin originating from different sources in nursery pigs. **Journal of Animal Science**. v.87, p.4042–4049, 2009.
- KIJORA, C.; KUPSCH, S.D. Evaluation of technical glycerols from "biodiesel" production as a feed component in fattening of pigs. **Lipid-Fett**, v.98,n.7,p.240-245, 1996.
- 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.
- LAMMERS, P.J.; KERR, B.J.; WEBER, T.E. et al. Growth performance, carcass characteristics, meat quality, and tissuehistology of growing pigs fed crude glycerin-supplemented diets. **Journal of Animal Science**, v.86, p.2962-2970, 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**, v86, 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.30, 2010.
- MOUROT, J.; AUMAITRE, A.; MOUNIER, A. et al. Nutritional and physiological effects of dietary glycerol in the growing pig. Consequences on fatty tissues and post mortem muscular parameters. **Livestock Production Science**, v.38, p.237–244, 1994.
- NARAYAN K.; MCMULLEN, J. The interactive effect of dietary glycerol and corn oil on rat liver lipids, serum lipids and serum lipoproteins. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 109, p.1836-1846, 1979.
- 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.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2.ed. Viçosa:UFV, 2005. 186p.
- 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 co-product, 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.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. 1997. SAEG- **Sistema de análises estatísticas e genéticas. Versão 7.1**. Viçosa: MG. 150p (Manual do usuário).
- ZIJLSTRA, R. T.; MENJIVAR, K.; LAWRENCE, E.; BELTRANENA, E. The effect of feeding crude glycerol on growth performance and nutrient digestibility in weaned pigs. **Canadian Journal of Animal Science**. v.89, n.1,p.85-89, 2009.

IV – Glicerina Bruta na Alimentação de Suínos na Fase de Crescimento e Terminação

RESUMO – Foram conduzidos dois experimentos com o objetivo de determinar o valor nutricional e avaliar o desempenho de suínos em fase de crescimento e terminação alimentados com rações contendo dois tipos de glicerinas brutas: **GBV** – oriunda de óleo vegetal (soja) e **GBM** – mista, oriunda de gordura animal e óleo de soja. No Experimento I, foi conduzido um ensaio de digestibilidade com 32 (24 para rações teste e 8 para rações referência) suínos ($45,08 \pm 4,11$ kg) mestiços, distribuídos em delineamento experimental inteiramente casualizado e esquema fatorial 2×3 (dois tipos de glicerinas brutas e três níveis de substituição da dieta referência). A unidade experimental consistiu-se de um suíno, totalizando quatro unidades experimentais por ração. Os níveis de substituição da ração referência pela glicerina foram 6, 12 e 18%. 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) vs. consumo de glicerina (kg). Os valores de ED e EM (kcal/kg), na matéria natural, obtidos foram: GBV= 5.040 e 4.481 e GBM= 5.234 e 4.707, 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 e terminação. No Experimento II, foram utilizados 63 suínos (30,53 a 59,55 kg) na fase de crescimento e (60,35 a 89,91 kg) na fase de terminação, distribuídos em delineamento inteiramente casualizados, em esquema fatorial 2×4 , sendo dois tipos de glicerina bruta (GBV e GBM) e quatro níveis de inclusão (3, 6, 9 e 12%), com sete repetições e um suíno por unidade experimental. Adicionalmente, foi formulada uma ração testemunha, não contendo glicerina (0%). Não houve interação ($P \geq 0,05$) entre os níveis de inclusão e o tipo da glicerina bruta. A análise de regressão indica que não houve efeito ($P \geq 0,05$) do nível de inclusão das glicerinas brutas sobre o desempenho e característica de carcaça (espessura de toucinho e profundidade de lombo). Os resultados de desempenho sugerem que é viável a utilização em até 12%, de ambas as glicerinas brutas (de origem vegetal e mista), na alimentação de suínos na fase de crescimento e terminação, sem prejuízos no desempenho e característica de carcaça, além de propiciar a redução de cerca de 9% no custo da alimentação.

Palavras-chave: biodiesel, característica de carcaça, coproduto

IV – Crude Glycerine in Growing and Finishing Pigs Feeding

ABSTRACT - Two experiments were carried out aiming to determine the nutritional value and to evaluate performance of growing finishing pigs fed with two types of crude glycerine which were obtained from soybean oil (CGS), and mixture from animal fat + % soybean oil (CGA). In the Experiment I, a digestibility trial was carried out using 32 cross breed pigs (45.08 ± 4.11 kg), allotted in a completely randomized design in 2×3 factorial scheme (two different types of glycerine, and three levels of glycerine in the diet). The experimental unit consisted of one pig, with a total of four experimental units per diet. Glycerine levels used in the digestibility test were 6, 12, and 18% of the basal diet (corn + soybean based). The digestible (DE) and metabolizable energy (ME) values of glycerine were estimated by regression of DE and ME intake (kcal/kg) vs. glycerine intake (kg). Overall, the values (as-fed-basis) of DE and ME (kcal/kg) obtained were: CGS= 5,040 and 4,481; CGA= 5,234 and 4,707, respectively. The results indicate that these two types of glycerine are highly available energy source for growing finishing pigs feeding. In the Experiment II, involved 63 pigs (BW = 30.53 to 59.55 kg) in the growing phase and (BW = 60.35 to 89.91 kg) in the finishing phase, that were allotted in a completely randomized design in 2×4 factorial scheme, with of two types of crude glycerine (CGS and CGA) and four inclusion levels (3, 6, 9, and 12%), resulting in seven replicates per treatment and one pig for each level of crude glycerine. Additionally, was formulated a control diet with no glycerine (0%). There were no interaction ($P \geq 0.05$) among levels of CG and types of glycerine sources, and the regression analysis indicates no effects ($P \geq 0.05$) of crude glycerine inclusion on performance and carcass traits (backfat thickness and loin depth). The results of performance suggest that it is feasible to use up to 12% of both CG (obtained from soybean oil and mixture) on of growing finishing pigs diet, without impairing performance and carcass traits, besides providing a reduction of about 9% of the feeding cost.

Key Words: biodiesel, carcass traits, co-product

Introdução

Embora a produção de biodiesel possa não atender às projeções futuras, espera-se aumentar, ainda mais, a disponibilidade de glicerina bruta. Em 2009, foram gerados 171.829 m³ de glicerina bruta no País (ANP, 2010), tornando-se um problema ambiental e logístico para as indústrias produtoras de biodiesel.

A glicerina pode ser comercializada sem purificação (glicerina natural), na forma bruta (alto conteúdo de ácidos graxos) ou semipurificada, mais conhecida como “Loira” (baixo conteúdo de ácidos graxos). Apesar de a glicerina purificada ser utilizada na indústria de cosméticos e alimentos, sua produção envolve o custo adicional da purificação que é excessivamente elevado (Rivaldi et al., 2008). Por esta razão, a glicerina bruta, alto teores de ácidos graxos, resíduos de catalisadores e certa quantidade de metanol, torna-se uma fonte alternativa de alto potencial energético para produção de suínos, em substituição ao milho.

A glicerina, uma vez absorvida no organismo, participará da formação de lipídios, convertida em glicose pela via gliconeogênese ou oxidada para a produção de energia por meio da glicólise e do ciclo do ácido cítrico.

Desde a década de 1990, a utilização da glicerina na alimentação de suínos tem sido alvo de estudos, com o intuito de verificar os efeitos deste coproduto da produção do biodiesel sobre o desempenho, característica de carcaça e qualidade de carne de suínos. Estudos de Mourot et al. (1993) e Mourot (2009), com inclusão de até 5% de glicerina bruta na alimentação de suínos na fase de crescimento e terminação destacam a tendência em reduzir o efeito das características qualitativas da carcaça, como perda por gotejamento e cocção.

Assim, objetivam-se com este trabalho avaliar o valor nutricional e os efeitos da inclusão de dois tipos de glicerina bruta (vegetal e mista) sobre o desempenho,

característica de carcaça e a viabilidade econômica de suínos em fase de crescimento e terminação.

Material e Métodos

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

Foram estudadas duas glicerinas brutas (GB): GBV – oriunda de óleo vegetal (soja); GBM – mista, oriunda de aproximadamente 80% de gordura animal + 20% de óleo de soja. Ambas foram obtidas na indústria de biocombustíveis Biopar, localizada no município de Rolândia-PR.

Para determinação da composição química e energética (Tabela 1) das glicerinas (GBV e GBM), 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 Biopar. A matéria orgânica não-glicerol (MONG) foi calculada segundo a equação indicada por Hansen et al. (2009) em que $MONG = 100 - (\% \text{ glicerol} + \% \text{ umidade} + \% \text{ cinzas})$.

As determinações de lipídios totais e metanol foram realizadas por cromatografia nos Departamentos de Química e Física, respectivamente, na Universidade Estadual de Maringá. Pela presença de elevados teores de ácidos graxos na glicerina bruta (GBV e GBM), estas se encontravam em estado sólido, em temperatura ambiente, dificultando

sua mistura aos demais ingredientes das rações. Por esta razão foi necessário um pré-aquecimento da glicerina bruta em temperatura controlada (30 a 40°C).

Experimento III - Ensaio de Digestibilidade

Foi conduzido um ensaio de digestibilidade utilizando 32 suínos mestiços de linhagem comercial, machos castrados, com $45,08 \pm 4,11$ kg de peso vivo inicial.

Os animais foram alojados, individualmente, em gaiolas de metabolismo semelhantes às descritas por Pekas (1968), em sala com ambiente 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 $79,3 \pm 14,21\%$.

A ração referência foi composta por milho (72,97%), farelo de soja (24,45%), sal comum (0,570%), calcário (0,635%), fosfato bicálcico (0,875%) e suplemento vitamínico mineral (0,50%) e foi formulada para atender às exigências indicadas por Rostagno et al. (2005).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2×3 (dois tipos de gliceras brutas e três níveis de substituição da dieta referência). A unidade experimental consistiu de um suíno, totalizando quatro unidades experimentais por tratamento. Os níveis de substituição da ração referência pela glicerina foram 6, 12 e 18%, resultando em seis rações teste.

O fornecimento das dietas, coleta de fezes e urina foram realizadas de acordo com os 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, aproximadamente, 20% de água fornecida para evitar desperdícios, reduzir a pulverulência e melhora aceitabilidade da ração pelo animal. Após cada refeição, a água foi fornecida no próprio comedouros na proporção de 3 mL de água/g de ração, para evitar excesso de consumo de água e comprometer o consumo da ração.

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

Os coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS), da matéria orgânica (CDMO), da energia bruta (CDEB) e o coeficiente de metabolização da energia bruta (CMEB), dos dois tipos de glicerinas foram calculados, conforme Matterson (1965). Os valores de energia digestível (ED) e metabolização (EM) foram estimados pela análise de regressão (Adeola, 2000) da ED e EM consumida (kcal/kg) vs. consumo de glicerina

Para avaliar diferenças entre os coeficientes de digestibilidade da GBV e GBM, os dados foram submetidos à análise de variância, utilizando o pacote estatístico SAEG (UFV, 1997), de acordo com o seguinte modelo estatístico: $Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$ em que: Y_{ij} = coeficientes de digestibilidade do tratamento i , da repetição j ; μ = constante associada a todas as observações; T_i = efeito do nível de inclusão do alimento i , sendo $i = 6; 12; 18\%$; e_{ij} = erro aleatório associado a cada observação.

Experimento IV – Experimento de Desempenho da Fase de Crescimento (30-60 kg) e Terminação (60-90 kg)

Os experimentos foram realizados no período de outubro de 2009 a março de 2010. As temperaturas mínima e máxima médias, registradas no período experimental, foram de $20,7 \pm 1,58^{\circ}\text{C}$ e $29,7 \pm 2,64^{\circ}\text{C}$, respectivamente. As umidades relativas do ar médias do período experimental, pela manhã e pela tarde, foram de $87,3 \pm 8,73\%$ e $68,4 \pm 13,62\%$, respectivamente. A precipitação pluviométrica total no período experimental foi de 918 mm.

Foram utilizados 63 suínos mestiços de linhagem comercial, com peso médio inicial de $30,53 \pm 1,59$ e final de $59,55 \pm 4,27$ kg na fase de crescimento e com peso inicial de $60,35 \pm 2,25$ e final de $89,91 \pm 5,23$ kg, na fase de terminação.

Os animais foram alojados em galpões de alvenaria, cobertos com telhas de fibrocimento, divididos em duas alas, sendo cada uma composta por dez baias ($7,60 \text{ m}^2$ cada), separadas por um corredor central. Cada baia possuía bebedouros tipo chupeta no fundo e comedouro semiautomático localizado na parte frontal, o que proporcionava livre acesso à ração e à água. As baias apresentavam ao fundo, uma lâmina d'água de ± 8 cm 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 tratamentos consistiam de nove rações experimentais com níveis crescentes de inclusão (0, 3, 6, 9 e 12%), de dois tipos de glicerina bruta (GBV e GBM). As rações à base de milho e farelo de soja (Tabelas 7 e 8) foram formuladas para atenderem ao recomendado por Rostagno et al. (2005), para suínos (30 - 60 e 60-90 kg de peso vivo, respectivamente para a fase de crescimento e terminação).

Tabela 7 - Composição centesimal, química e custos das rações, contendo diferentes níveis de inclusão de dois tipos de glicerina bruta obtidas de óleo de soja (GBV) e óleo de soja + gordura animal (GBM), para suínos na fase de crescimento

Itens, %	Níveis de inclusão, %								
	0	Glicerina Bruta Vegetal				Glicerina Bruta Mista			
		3	6	9	12	3	6	9	12
Milho	67,30	64,43	61,57	58,70	55,84	64,61	61,92	59,23	56,54
Glicerina bruta	-	3,00	6,00	9,00	12,00	3,00	6,00	9,00	12,00
Farelo de soja	26,65	27,19	27,72	28,26	28,79	27,16	27,66	28,16	28,66
Óleo de soja	3,282	2,616	1,949	1,232	0,616	2,473	1,663	0,854	0,045
Calcário	0,537	0,538	0,538	0,538	0,538	0,538	0,538	0,538	0,538
Fosfato bicálcico	1,330	1,335	1,340	1,345	1,350	1,334	1,339	1,344	1,349
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
Leucomag ²	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
L-Lisina HCL	0,188	0,178	0,168	0,157	0,157	0,179	0,169	0,159	0,150
DL-Metionina	0,021	0,025	0,029	0,033	0,037	0,025	0,029	0,033	0,036
L-Treonina	0,034	0,033	0,032	0,031	0,030	0,033	0,032	0,031	0,030
Valores calculados ³									
Energia metabolizável ³ , kcal/kg	3.370	3.370	3.370	3.370	3.370	3.370	3.370	3.370	3.370
Proteína bruta ³ , %	17,50	17,50	17,50	17,50	17,50	17,50	17,50	17,50	17,50
Cálcio ³ , %	0,658	0,658	0,658	0,658	0,658	0,658	0,658	0,658	0,658
Fósforo disponível ³ , %	0,346	0,346	0,346	0,346	0,346	0,346	0,346	0,346	0,346
Lisina disponível ³ , %	0,934	0,934	0,934	0,934	0,934	0,934	0,934	0,934	0,934
Metionina+ Cistina disponível ³ , %	0,560	0,560	0,560	0,560	0,560	0,560	0,560	0,560	0,560
Treonina disponível ³ , %	0,607	0,607	0,607	0,607	0,607	0,607	0,607	0,607	0,607
Glicerol ³ , %	-	1,679	3,357	5,036	6,714	1,662	3,324	4,986	6,648
Metanol ³ , %	-	0,329	0,658	0,986	1,315	0,152	0,303	0,455	0,606
Custo ³ , R\$/kg	0,483	0,473	0,464	0,457	0,461	0,471	0,459	0,448	0,436

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

Tabela 8 - Composição centesimal, química e custos das rações, contendo diferentes níveis de inclusão de dois tipos de glicerina bruta obtidas de óleo de soja (GBV) e óleo de soja + gordura animal (GBM), para suínos na fase de terminação

Itens, %	Níveis de inclusão, %								
	0	Glicerina Bruta Vegetal				Glicerina Bruta Mista			
		3	6	9	12	3	6	9	12
Milho	76,95	74,57	71,51	69,13	65,95	74,74	71,90	69,03	66,72
Glicerina bruta	-	3,00	6,00	9,00	12,00	3,00	6,00	9,00	12,00
Farelo de soja	17,55	17,59	18,34	18,39	19,25	17,55	18,24	18,93	19,04
Óleo de soja	3,273	2,588	1,927	1,243	0,586	2,452	1,640	0,836	0,012
Calcário	0,561	0,556	0,550	0,545	0,539	0,568	0,551	0,545	0,541
Fosfato bicálcico	0,952	0,960	0,964	0,973	0,977	0,960	0,964	0,968	0,976
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
Leucomag ²	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
L-Lisina HCL	0,181	0,185	0,168	0,172	0,152	0,186	0,171	0,155	0,157
DL-Metionina	0,005	0,012	0,013	0,020	0,020	0,012	0,013	0,014	0,020
L-Treonina	0,023	0,028	0,024	0,030	0,024	0,029	0,025	0,021	0,026
Valores calculados ³									
Energia metabolizável ³ , kcal/kg	3.400	3.400	3.400	3.400	3.400	3.400	3.400	3.400	3.400
Proteína bruta ³ , %	14,56	14,56	14,56	14,56	14,56	14,56	14,56	14,56	14,56
Cálcio ³ , %	0,511	0,511	0,511	0,511	0,511	0,511	0,511	0,511	0,511
Fósforo disponível ³ , %	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262
Lisina disponível ³ , %	0,716	0,716	0,716	0,716	0,716	0,716	0,716	0,716	0,716
Metionina + Cistina disponível ³ , %	0,444	0,444	0,444	0,444	0,444	0,444	0,444	0,444	0,444
Treonina disponível ³ , %	0,480	0,480	0,480	0,480	0,480	0,480	0,480	0,480	0,480
Glicerol ³ , %	-	1,679	3,357	5,036	6,714	1,662	3,324	4,986	6,648
Metanol ³ , %	-	0,329	0,658	0,986	1,315	0,152	0,303	0,455	0,606
Custo ³ , R\$/kg	0,430	0,420	0,411	0,402	0,393	0,418	0,406	0,394	0,383

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

Na formulação das rações, utilizou-se a composição química e energética das glicerinas brutas (GBV e GBM) (Tabela 1) obtida no ensaio de digestibilidade. No caso dos demais ingredientes, como milho e farelo de soja, foram determinados os valores de proteína bruta, fósforo e cálcio.

Os animais foram distribuídos em delineamento experimental em blocos casualizados com repetições no tempo, em esquema fatorial 2 x 4, sendo dois tipos de glicerina (GBV e GBM) e quatro níveis de inclusão (3, 6, 9 e 12%), com sete repetições e um suíno por unidade experimental (UE). Adicionalmente, foi formulada uma ração testemunha (RT), contendo 0% de glicerina. Ao final da fase de crescimento, os animais foram redistribuídos, aleatoriamente, nas unidades experimentais e nos tratamentos, evitando a permanência no mesmo tratamento.

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[®]).

Para avaliar a viabilidade econômica das glicerinas brutas (GBV e GBM), foram levantados preços das matérias-primas no mercado e calculado o custo da ração por quilograma de peso vivo ganho, segundo Bellaver et al. (1985), conforme descrito: Y_i (R\$/kg) = $Q_i \times P_i / G_i$, em que: Y_i = custo da ração por kg de peso vivo ganho no i -enésimo tratamento; Q_i = quantidade de ração consumida no i -enésimo tratamento; P_i = preço por kg da ração utilizada no i -enésimo tratamento; G_i = ganho de peso do i -enésimo tratamento;

Foi calculado também o Índice de Eficiência Econômica (IEE) e o Índice de Custo (IC), segundo metodologia proposta por Gomes et al. (1991).

$IEE (\%) = MCE/CTei \times 100$ e $IC (\%) = CTei/MCe \times 100$ em que: MCE = menor custo da ração por kg ganho observado entre os tratamentos; Ctei = 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 R\$ 0,272/kg, farelo de soja R\$ 0,629/kg, óleo de soja R\$ 1,99/kg e glicerina bruta (GBV e GBM) R\$ 0,29/kg. Este último valor é calculado em função do teor de ácidos graxos totais (R\$1,0/kg) na glicerina bruta e o preço para obtenção da glicerina semipurificada (R\$0,08/kg).

Com o objetivo de avaliar os parâmetros do desempenho, os resultados foram submetidos à análise de variância, adotando-se o seguinte modelo estatístico: $Y_{ijklm} = \mu + B_i + S_j + N_k + F_l + NF_{kl} + e_{ijkl}$, em que Y_{ijklm} = observação do animal *m*, dentro do bloco *i*, nível de inclusão *k* e tipo de glicerina bruta *l*; μ = constante associada a todas as observações; B_i = efeito do bloco, sendo *i* = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7; S_j = efeito de sexo *j* (1=macho, 2=fêmea); N_k = efeito dos níveis de glicerina bruta, sendo *k* = 3, 6, 9, 12%; F_l = efeito do tipo de glicerina bruta, sendo *l* = GBV e GBM; NF_{kl} = efeito da interação dos níveis de inclusão *k* e o tipo de glicerina bruta *l* e e_{ijklm} = erro aleatório associado à observação.

Os graus de liberdade referentes aos níveis de inclusão (GBV e GBM) foram desdobrados em polinômios ortogonais, para obtenção das equações de regressão.

Para a comparação dos resultados da ração testemunha (0% de glicerina bruta) com cada um dos níveis de inclusão de GBV e GBM, foi aplicado o teste de Dunnett (Sampaio, 1998), utilizando o pacote estatístico SAEG (UFV, 1997). No experimento de desempenho, o peso inicial dos suínos foi utilizado como covariável.

Resultados e Discussão

Experimento III - Ensaio de Digestibilidade

Os resultados dos coeficientes de digestibilidade (CD) da MS, MO, EB e o coeficiente de metabolização da EB, dos dois tipos de glicerinas brutas (Tabela 9), de forma geral, evidenciam que estes coprodutos apresentaram-se como fontes de alta energia disponível.

Tabela 9 - Coeficientes de digestibilidade aparente (CD), coeficiente de metabolização (CM) e valores digestíveis dos dois diferentes tipos de glicerinas brutas, estudados na fase de crescimento e terminação

Coeficientes de digestibilidade, %	Glicerina Bruta Vegetal	Glicerina Bruta Mista
CD da Matéria seca	92,07	94,98
CD da Matéria orgânica	91,85	95,58
CD do Extrato etéreo	99,43	100,14
CD da Energia bruta	96,06	99,85
CM da Energia bruta	85,38	89,95
Nutrientes digestíveis	MN ¹	MN ¹
Matéria seca digestível	89,73	89,80
Matéria orgânica digestível,	87,75	91,51
Extrato etéreo digestível,	23,17	21,53
Energia digestível, kcal/kg	5.040	5.234
Energia metabolizável, kcal/kg	4.481	4.707
EM:ED	0,89	0,90

¹ Matéria natural.

Para as glicerinas brutas (GBV e GBM), o elevado conteúdo de ácidos graxos propiciou aumento importante da EM. Uma diferença na composição química da glicerina bruta afeta seu valor energético metabolizável, no entanto, não está claro que diferentes matérias-primas também afetarão seu valor de EM.

A relação EM:ED para ambas as glicerinas (GBV e GBM) indicaram que os coprodutos apresentaram alto aproveitamento pelos animais. Em comparação, estes valores foram reduzidos aos obtidos por Lammers et al. (2008b) para suínos na fase

inicial (92%) alimentados com glicerina semipurificada e aos valores de milho e óleo de soja (97%) (Rostagno et al., 2005). No entanto, Kerr et al. (2009), utilizando duas glicerinas bruta obtidas de gordura de frango, verificaram uma relação EM:ED de 82-85%. Os autores mencionam que esta redução, possivelmente, seja pela quantidade de ácidos graxos presente nas glicerinas brutas.

Mendoza et al. (2010) observaram que a inclusão de até 30% de glicerina purificada pode ter sido o limite para o metabolismo da glicerina e poderia explicar o aumento da excreção da energia na urina e perdas de metabolização da glicerina. De acordo com Doppenberg & Van Der Aar (2007), em suínos, existe 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 este glicerol, em excesso, excretado pela urina.

A EM foi obtida pela estimativa da inclinação da relação linear entre o consumo de energia metabolizável *vs* o consumo de glicerina bruta (GBV e GBM) (Figura 2), mostraram que a GBV e GBM apresentaram EM semelhantes (4.481 e 4.707 kcal/kg), respectivamente.

Os valores EM das glicerinas brutas (GBV e GBM), estimados pela análise de regressão (Figura 2), apresentaram valores semelhantes aos obtidos por Kerr et al. (2009) em experimentos com a inclusão de diferentes glicerinas brutas, provenientes da gordura animal como matéria-prima, sendo que os valores encontrados foram de 5.581 a 6.021 kcal/kg para EB, 4.336 a 5.228 kcal/kg para ED e 4.446 a 5.206 kcal/kg para EM.

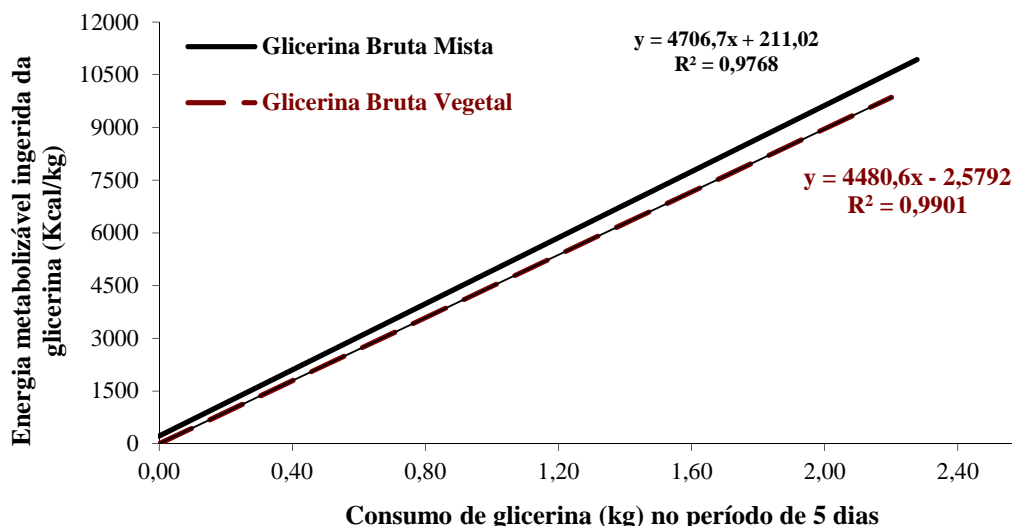


Figura 6- Equações de regressão da EM dos dois tipos de glicerinas brutas, obtidos a partir da energia metabolizável (kcal/kg) consumida vs. o consumo de glicerina (kg), por 24 suínos em fase crescimento, no período de cinco dias.

A metabolização da EB da glicerina pode também ser influenciada pela presença, de teores elevados, de resíduos dos catalisadores (Na^+ e K^+), utilizados na produção do biodiesel, que provoca um aumento no consumo de água, conseqüentemente na produção urinária. Na literatura há evidências de que esta produção é influenciada pelas dietas com níveis elevados de glicerina. Conforme Lammers et al. (2008a), suínos alimentados com glicerina têm maior energia bruta urinária pelo maior volume de urina excretado, indicando que este coproduto pode ter 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 da fase de crescimento e terminação

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

O teste de Dunnett indicou que não houve diferença ($P \geq 0,05$) entre os níveis de inclusão das glicerinas e a ração testemunha (0% de glicerina). Esta resposta era esperada já que os valores nutricionais utilizados para as glicerinas são os reais. Sugere-se, ainda, que estes coprodutos não possuem componentes nocivos ao desempenho dos suínos.

Os resultados (Tabela 10) sugerem que a adição crescente de glicerina nas rações, não interferiu na palatabilidade das rações. Segundo Groesbeck et al. (2008), a glicerina bruta possui sabor adocicado, o que pode melhorar a palatabilidade das dietas e, conseqüentemente, o consumo de ração.

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

Kijora & Kuppsch (1996) observaram um maior consumo de ração para suínos em fase de crescimento (24,1 – 54,2 kg) alimentados com até 10% de dois tipos de glicerina com diferentes níveis de purificação. Segundo os autores, este resultado pode estar relacionado com o sabor doce e salino das glicerinas. Entretanto, para níveis muito elevados de inclusão a glicerina (30%) proporciona efeitos negativos no desempenho de suínos de mesma categoria (Kijora et al., 1995).

Tabela 10- Desempenho de suínos nas fases de crescimento e terminação, alimentados com rações contendo glicerina bruta vegetal e glicerina bruta mista com diferentes níveis de inclusão.

Itens	Níveis de inclusão de glicerina bruta, %								Média±EP ¹	CV ²	TG ³	TGxNV ⁴	Lin ⁵	Quad ⁶	
	Glicerina Bruta Vegetal				Glicerina Bruta Mista										
	0	3	6	9	12	3	6	9							12
Crescimento															
CDR ⁷ , kg	1,910	1,824	1,680	1,650	1,763	1,769	1,851	1,722	1,646	1,757±0,03	11,39	NS	NS	NS	NS
GDP ⁸ , kg	0,810	0,781	0,729	0,745	0,767	0,770	0,779	0,727	0,726	0,759±0,01	11,58	NS	NS	NS	NS
CA ⁹	2,356	2,344	2,312	2,223	2,310	2,302	2,376	2,375	2,282	2,320±0,02	5,26	NS	NS	NS	NS
Terminação															
CDR ⁷ , kg	2,310	2,280	2,474	2,397	2,498	2,271	2,152	2,576	2,296	2,362±0,04	11,94	NS	NS	NS	NS
GDP ⁸ , kg	0,821	0,825	0,850	0,813	0,885	0,753	0,756	0,865	0,817	0,820±0,01	13,36	NS	NS	NS	NS
CA ⁹	2,857	2,792	2,982	2,978	2,826	3,023	2,863	3,015	2,847	2,917±0,03	8,49	NS	NS	NS	NS

¹- Erro padrão; ²- Coeficiente de variação; ³- TG = Tipo de glicerina bruta; ⁴- Interação entre tipo de glicerina e níveis de glicerina; ⁵- Efeito linear dos níveis de glicerina bruta; ⁶- Efeito quadrático dos níveis de glicerina bruta; ⁷-CDR = Consumo diário de ração; ⁸-GDP = Ganho diário de peso; ⁹-CA = Conversão alimentar; NS = não-significativo.

A adição de até 10% de glicerina purificada (Della Casa et al., 2009) e semipurificada (Hansen et al., 2009; Berenchtein et al., 2010), determinou 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 efeito quadrático para o ganho diário de peso e piora na conversão alimentar. Desta forma, recomenda-se uma inclusão gradativa da glicerina em dietas de suínos.

Para as variáveis espessura de toucinho (ET-P2) e profundidade de lombo (PL), não houve interação ($P \geq 0,05$) entre os níveis de inclusão e o tipo de glicerina bruta. A análise de regressão indica que os níveis de inclusão de glicerina bruta não influenciou ($P \geq 0,05$), as variáveis estudadas (Tabela 11). O teste de Dunnett indicou que não houve diferença ($P \geq 0,05$) para ET e PL no ponto P2 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 de até 16% de glicerina semipurificada mista.

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

Tabela 11- Espessura de toucinho (ET) e profundidade de lombo (PL) em suínos em crescimento (30-60 kg) e terminação (60-90 kg), alimentados com rações contendo glicerina bruta vegetal e glicerina bruta mista com diferentes níveis de inclusão.

Itens	Níveis de inclusão de glicerina (%)								Média±EP ¹	CV ²	TG ³	TG x Nv ⁴	Linear ⁵	Quad ⁶	
	Glicerina Bruta Vegetal				Glicerina Bruta Mista										
	0	3	6	9	12	3	6	9							12
Crescimento															
ET ⁷ , mm	9,93	9,86	9,29	9,14	9,00	9,14	10,29	9,14	9,60	9,49±0,18	14,56	NS	NS	NS	NS
PL ⁸ , mm	40,40	39,29	39,43	40,14	39,14	40,43	38,86	39,86	39,73	39,70±0,51	10,05	NS	NS	NS	NS
Terminação															
ET ⁷ , mm	10,86	13,29	12,86	12,14	11,57	11,57	10,14	14,29	10,14	11,87±0,40	26,43	NS	NS	NS	NS
PL ⁸ , mm	50,14	50,00	48,43	47,71	47,71	50,00	49,86	49,43	50,14	49,27±0,79	12,79	NS	NS	NS	NS

¹ Erro padrão; ²CV = Coeficiente de variação; ³ TG = Tipo de glicerina bruta; ⁴ Interação entre tipo de glicerina e níveis de glicerina; ⁵ Efeito linear dos níveis de glicerina bruta; ⁶ Efeito quadrático dos níveis de glicerina bruta; ⁷ET = Espessura de toucinho; ⁸PL = Profundidade de lombo; NS = não-significativo.

Os resultados das análises econômicas (Tabelas 12 e 13) da inclusão das glicerinas brutas (GBV e GBM) nas dietas de suínos nas fases de crescimento (30-60 kg) e terminação (60-90 kg) indicaram uma redução linear ($P \leq 0,06$) no custo de ração (CR).

Tabela 12 – Custo de ração (Cr\$/kg), custo em ração por quilograma de peso vivo ganho (CR), índice de eficiência econômica (IEE) e índice de custo (IC) de suínos na fase de crescimento (30-60 kg), alimentados com níveis crescentes de inclusão de glicerina bruta (GBV e GBM) nas rações

Itens	Níveis de inclusão da glicerina, %					CV ¹	Dun ²	Reg ³
	0	3	6	9	12			
Glicerina Bruta Vegetal								
Peso inicial, kg	30,85	30,47	30,46	30,55	30,49			
Peso final, kg	62,02	60,40	58,43	59,01	59,76			
Custo da ração	0,483	0,473	0,464	0,457	0,461	-	-	-
CR, R\$/kg PV ⁴	1,192	1,161	1,123	1,061*	1,111	6,34	0,01	L:0,01
IEE	89,03	91,40	94,47	100,0	95,48	-	-	-
IC	112,33	109,41	105,86	100,0	104,74	-	-	-
Glicerina Bruta Mista								
Peso inicial, kg	30,85	30,48	30,27	30,68	30,55			
Peso final, kg	62,02	59,94	60,11	58,40	58,57			
Custo da ração	0,483	0,471	0,459	0,448	0,436	-	-	-
CR, R\$/kg PV ⁴	1,192	1,133	1,141	1,111	1,039*	5,77	0,01	L:0,01
IEE	87,20	91,69	91,04	93,57	100,00	-	-	-
IC	114,68	109,06	109,84	106,87	100,00	-	-	-

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: GBV = $1,18097 - 0,00859376X$; GBM = $1,18858 - 0,0108991X$; ⁴ CR, R\$/kg PV: Custo da ração por kg de peso vivo ganho.

Esta resposta é reflexo da relação de preços existentes entre os ingredientes (milho, farelo de soja, óleo de soja e a glicerina bruta), uma vez que à medida que se adiciona a glicerina, há uma redução do milho, que apresenta maior valor agregado. Assim, estes resultados sugerem que pode haver redução no custo da ração com a inclusão de até 12% de glicerina bruta vegetal e mista.

Para a fase de crescimento, o teste de Dunnett indicou que apenas o nível 9% de inclusão de GBV teve o CR inferior (Tabela 12), comparado à ração referência. Estes resultados não foram observados para terminação (Tabela 13).

Tabela 13- Custo de ração (Cr\$/kg), custo em ração por quilograma de peso vivo ganho (CR), índice de eficiência econômica (IEE) e índice de custo (IC) de suínos na fase de terminação (60-90 kg), alimentados com níveis crescentes de inclusão de glicerina bruta (GBV e GBM) nas rações

Itens	Níveis de inclusão da glicerina, %					CV ¹	Dun ²	Reg ³
	0	3	6	9	12			
Glicerina Bruta Vegetal								
Peso inicial, kg	59,96	60,47	60,46	60,13	60,71			
Peso final, kg	89,41	90,17	90,97	89,40	92,41			
Custo da ração	0,430	0,420	0,411	0,402	0,393	-	-	-
CR, R\$/kg PV ⁴	1,246	1,216	1,204	1,192	1,130	9,09	NS	L:0,06
IEE	90,68	92,90	93,84	94,74	100,00	-	-	-
IC	110,28	107,64	106,57	105,56	100,00	-	-	-
Glicerina Bruta Mista								
Peso inicial, kg	59,96	59,97	60,80	61,03	59,64			
Peso final, kg	89,41	87,27	88,60	92,07	88,87			
Custo da ração	0,430	0,418	0,406	0,394	0,383	-	-	-
CR, R\$/kg PV ⁴	1,246	1,230	1,197	1,198	1,150	7,10	NS	L:0,01
IEE	88,68	89,78	92,29	92,25	100,00	-	-	-
IC	112,76	11,38	108,36	108,41	100,00	-	-	-

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: GBM = 1,25789 - 0,0104774X; ⁴- CR, R\$/kg PV: Custo da ração por kg de peso vivo ganho

Para a GBM (Tabela 12), houve redução linear (P≤0,05) do custo de ração. O teste de Dunnett indicou que para a fase e crescimento o nível mais elevado (12%) de inclusão de GBM proporcionou o CR inferior (P≤0,05), comparado à dieta referência (0% de inclusão de GBM). No entanto, para a fase de terminação (Tabela 13) estes resultados não foram observados.

Os resultados indicam que, de forma geral, a utilização de até 12% de GBV e GBM em rações isoenergéticas pode reduzir os custos com alimentação dos suínos (30-90 kg), em até 9%, em comparação a ração sem glicerina (0%).

Conclusões

Os valores de energia metabolizável para a glicerina bruta vegetal e mista são 4.481 e 4.707 kcal/kg de matéria natural, respectivamente.

A adição de até 12% de ambas as gliceras brutas não interferir no desempenho e a carcaça de suínos nas fases de crescimento e terminação. Além disso, pode proporcionar redução de até 9% no custo com alimentação. Entretanto, a viabilidade econômica de sua utilização depende da relação de preços entre os ingredientes, sobretudo milho e óleo de soja (ou outra fonte energética).

Referências

- ADEOLA, O. Digestion and balance techniques in pigs. In: LEWIS, A.J. and SOUTHERN, L.L., (Eds) **Swine Nutrition**. 2.ed. CRC Press, Washington: DC, 2000. p.903–916.
- ANP – Agência Nacional de Petróleo. Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Biodiesel**. Disponível em: <http://www.anp.gov.br>. Acesso em: 06/10/2010.
- 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.
- DELLA CASA, G.; BOCHICCHIO, D.; FAETI, V. et al. Use of pure glycerol in fattening heavy pigs. **Meat Science**, v.81, p.238-244, 2009.
- DOPPENBERG, J.; VAN DER AAR, P.J. Biofuels: Implications for the feed industry.. **Wageningen Academic Publishers**, p. 73–88, 2007
- 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 characteristics 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 trigo para suínos**. Concórdia:EMBRAPA-CNPASA, 1991, p.1-2 (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.; HANCZAKOWSKA, 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.
- KERR, B. J.; WEBER, T.E.; DOZIER, W.A.; KIDD, M.T. Digestible and metabolizable energy content of crude glycerol 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.

- KIJORA, C.; BERGNER, H.; KUPSCH, R.D. et al. Glycerol as a feed component in fattening pigs. **Arch Tierernahr**, v.47, n.4, p.345-60, 1995.
- LAMMERS, P.J.; KERR, B.J.; WEBER, T.E. et al. Growth performance, carcass characteristics, meat quality, and tissue histology of growing pigs fed crude glycerin-supplemented diets. **Journal of Animal Science**, v.86, p.2962-2970, 2008a.
- LAMMERS, P.J.; KERR, B.J.; 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.30, 2010.
- 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.
- RIVALDI, J.D.; SARROUH, B.F.; FIORILO, R.; SILVA, S.S. Glicerol de biodiesel: Estratégias biotecnológicas para o aproveitamento do glicerol gerado da produção de biodiesel. **Revista biotecnologia**, ano 10, n.37, 2008.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2.ed. Viçosa:UFV,2005. 186p.
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2007. 283p.
- SAMPAIO, I.B.M. **Estatística aplicada a experimentação animal**. Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais, p. 221, 1998.
- SCHIECK, S.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.)
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. 1997. SAEG- **Sistema de análises estatísticas e genéticas. Versão 7.1**. Viçosa: MG. 150p (Manual do usuário).

V – Parâmetros plasmáticos e características da carcaça de suínos (30-90 kg) alimentados com glicerina bruta

RESUMO – O experimento foi conduzido com o objetivo de avaliar os parâmetros plasmáticos e as características quantitativas e qualitativas da carcaça de suínos (30-90 kg) alimentados com rações contendo dois tipos de gliceras brutas: GBV - oriunda de óleo vegetal (soja) e GBM – mista, oriunda de gordura animal e óleo de soja. Foram utilizados 63 suínos na fase de crescimento (30,53 a 59,55 kg) e na fase de terminação (60,35 a 89,91 kg), distribuídos em delineamento inteiramente casualizados, em esquema fatorial 2 x 4, sendo dois tipos de glicerina bruta (GBV e GBM) e quatro níveis de inclusão (3, 6, 9 e 12%), com sete repetições e um suíno por unidade experimental. Adicionalmente, foi formulada uma ração testemunha, não contendo glicerina (0%). Foram realizadas colheitas de sangue, no início, meio e no final do período experimental para determinação das concentrações plasmáticas de glicose, triglicerídeos, colesterol e nitrogênio da ureia plasmática. Ao final da fase de terminação os suínos foram abatidos para determinação das características quantitativas e qualitativas da carcaça. Para os parâmetros plasmáticos e característica quantitativas da carcaça, não houve interação ($P \geq 0,05$) entre os níveis de inclusão e o tipo da glicerina. A análise de regressão indica que não houve efeito ($P \geq 0,05$) do nível de inclusão das gliceras sobre as características da carcaça. Para as características qualitativas da carcaça houve redução linear ($P \leq 0,05$) do pH24 para GBV e um efeito quadrático ($P \leq 0,05$) da perda de água por gotejamento para GBM. Os resultados sugerem que é viável a utilização em até 12%, de ambas as gliceras brutas (de origem vegetal ou mista) na alimentação de suínos, sem prejuízos nos parâmetros quantitativos da carcaça e na qualidade da carne.

Palavras-chave: biodiesel, coproduto, glicerol, plasma

V - Plasma Parameters and carcass characteristics in pigs (30 – 90 kg) fed with crude glycerine

ABSTRACT - One experiment was carried out aiming to evaluate the plasma parameters and quantitative and qualitative of carcass traits in pigs fed with two types of crude glycerine which were obtained from soybean oil (CGS), and mixture from animal fat + % soybean oil (CGA). There were involved 63 pigs (BW = 30.53 to 59.55 kg) in the growing phase and (BW = 60.35 to 89.91 kg) in the finishing phase, which were allotted in a completely randomized design in 2 x 4 factorial scheme, with two types of crude glycerine (CGS and CGA) and four inclusion levels (3, 6, 9, and 12%), resulting in seven replicates per treatment and one pig for each level of crude glycerine. Additionally, was formulated a control diet with no glycerine (0%). Blood samples were harvested at the starting, middle and end of experimental period for determination of plasma glucose, triglycerides, cholesterol, and plasma urea nitrogen. At the end of the finishing phase, pigs were slaughtered to determine the quantitative and qualitative traits of the carcass. For plasma variables and quantitative of carcass traits there were no interaction ($P \geq 0.05$) between levels of CG and types of glycerine sources, and the regression analysis indicates no effects ($P \geq 0.05$) of crude glycerine inclusion on carcass traits. For qualitative of carcass traits, the pH24 variable was linearly reduced ($P \leq 0.05$) for CGS and DRIP variable was quadratic response ($P \leq 0.05$) for CGA. The results suggest that it is feasible to use up to 12% of both CG obtained from soybean oil and mixture) on pigs diet, without impairing the quantitative traits of the carcass and meat quality.

Key Words: biodiesel, co-product, glycerol, plasma

Introdução

Na suinocultura brasileira, o milho representa, em torno, de 65-70% da alimentação. Trata-se de grão nobre, de elevado custo e também utilizado na alimentação humana, sendo que sua substituição nas dietas animais, por outras fontes energéticas, é de interesse para redução de custos na produção de suínos.

Dentre as alternativas de substituição ao milho, a glicerina bruta destaca-se por apresentar alta disponibilidade, valor energético elevado e preços reduzidos. Segundo Cerrate et al. (2006), a glicerina é o principal coproduto da produção de biodiesel, considerada como uma fração dos carboidratos com o peso 10-11% dos triglicerídeos. Em 2009, foram gerados 171.829 m³ de glicerina bruta no País (ANP, 2010), sendo que a cada 1L de biodiesel produzido obtêm-se 79 g de glicerina bruta (Zijlstra et al., 2009).

Em sua composição química, a glicerina bruta contém óleo não reagido, catalisador e percentual elevado de metanol. Já a glicerina pura ou refinada, muito utilizada na indústria de cosméticos e alimentos (Thompson & He, 2006; Hanczakowska et al., 2010), passam por tratamentos de purificação, os quais são de custo excessivamente elevados para pequenos e médios produtores nacionais de biodiesel (Rivaldi et al., 2008).

Os primeiros estudos com a utilização da glicerina na alimentação de suínos foram realizados na década de 1990, na Europa, visando avaliar os efeitos da glicerina oriunda de diferentes matérias-primas e níveis de purificação sobre o desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de suínos. Estudos de Mourot et al. (1993) e Mourot (2009) com inclusão de até 5% de glicerina bruta na alimentação de suínos na fase de crescimento e terminação destacam uma tendência em reduzir o efeito das características qualitativas da carcaça, como perda por gotejamento e cocção.

Por esta razão, objetivam-se com este trabalho avaliar os efeitos da inclusão de dois tipos de glicerina bruta (vegetal e mista) sobre os parâmetros plasmáticos e características quantitativas e qualitativas da carcaça de suínos (30 a 90 kg).

Material e Métodos

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

Foram estudadas duas glicerinas brutas (GB): GBV – oriunda de óleo vegetal (soja); GBM – mista, oriunda de aproximadamente 80% de gordura animal + 20% de óleo de soja, ambas foram obtidas na indústria de biocombustíveis Biopar, localizada no município de Rolândia-PR.

Para determinação da composição química e energética (Tabela 1) das glicerinas (GBV e GBM), 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 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 Biopar. A matéria orgânica não-glicerol (MONG) foi calculada segundo a equação indicada por Hansen et al. (2009) em que $MONG = 100 - (\% \text{ glicerol} + \% \text{ umidade} + \% \text{ cinzas})$.

As determinações de lipídios totais e metanol foram realizadas por cromatografia nos Departamentos de Química e Física, respectivamente, na Universidade Estadual de Maringá. Pela presença de elevados teores de ácidos graxos na glicerina bruta (GBV e GBM), estas se encontravam em estado sólido, em temperatura ambiente, dificultando

sua mistura aos demais ingredientes das rações. Por esta razão foi necessário o pré-aquecimento da glicerina bruta em temperatura controlada (30 a 40°C).

O experimento foi realizado no período de outubro de 2009 a março de 2010. As temperaturas mínima e máxima médias, registradas no período experimental, foram de $20,7 \pm 1,58^{\circ}\text{C}$ e $29,7 \pm 2,64^{\circ}\text{C}$, respectivamente. As umidades relativas do ar médias do período experimental, pela manhã e pela tarde, foram de $87,3 \pm 8,73\%$ e $68,4 \pm 13,62\%$, respectivamente. A precipitação pluviométrica total no período experimental foi de 918 mm.

Foram utilizados 63 suínos mestiços de linhagem comercial, com peso médio inicial de $30,53 \pm 1,59$ e final de $59,55 \pm 4,27$ kg na fase de crescimento e com peso inicial de $60,35 \pm 2,25$ e final de $89,91 \pm 5,23$ kg, na fase de terminação.

Os animais foram distribuídos em delineamento experimental em blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 4, sendo dois tipos de glicerina (GBV e GBM) e quatro níveis de inclusão (3, 6, 9 e 12%), com sete repetições e um suíno por unidade experimental (UE). Adicionalmente, foi formulada uma ração testemunha (RT), contendo 0% de glicerina. As rações à base de milho e farelo de soja foram formuladas para atenderem ao recomendado por Rostagno et al. (2005), para suínos (30 - 60 e 60-90 kg de peso vivo, respectivamente para a fase de crescimento e terminação). Na formulação das rações, os valores de energia metabolizável para a GBV e GBM foram 4.481 e 4.707 kcal/kg de matéria natural, resultados obtidos anteriormente em laboratório (Capítulos III e IV). Para o milho e farelo de soja foram determinados os valores de proteína bruta, fósforo e cálcio.

Ao final da fase de crescimento, os animais foram redistribuídos aleatoriamente nas unidades experimentais e nos tratamentos, para a fase de terminação, evitando a permanência no mesmo tratamento.

No início (baseline), meio (20° dia para o crescimento e 14° para terminação) e no final (38° dia para crescimento e 36° para terminação) foram colhidas amostras de sangue, via veia cava cranial e transferida para tubos com heparina (Cai et al., 1994).

As amostras sanguíneas foram centrifugadas (3.000 rpm por 15 min) para obtenção do plasma. Em seguida, foram transferidos 3 mL de plasma (em duplicata) para tubos tipo “ependorfes” que foram devidamente identificados e armazenados em freezer (-18°C), para posteriores análises no Laboratório de Análise de Alimentos e Nutrição Animal da Universidade Estadual de Maringá.

Para determinação das análises de colesterol (COLE), glicose (GLICO), nitrogênio da ureia plasmática (NUP) e triglicerídeos (TRIG) foram utilizados kits da Gold Analisa Diagnóstica Ltda. Os resultados de baseline obtidos no início do experimento foram utilizados como covariável para análises.

Ao final da fase de terminação todos os suínos foram abatidos sendo previamente submetidos à insensibilização elétrica (200 watts) no abatedouro da Fazenda Experimental de Iguatemi-FEI/UEM. As carcaças foram resfriadas (1-2°C) por 24h 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 min *post mortem* (pH45) e na carcaça resfriada, mantida na câmara fria (1-2°C), por 24h, (pH24), utilizando o pH meter Digital portátil HI 99163 (Hanna Instruments), seguindo as recomendações de Bridi & Silva (2009). 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 (2,5 cm de espessura) do *Longissimus dorsi* na região da 8ª e 10ª vértebras para posterior

mensuração de gordura intramuscular (marmoreio), perda de água por gotejamento, descongelamento e cocção, conforme Bridi & Silva (2009).

A cor do músculo *Longissimus dorsi* foi mensurada 24h após abate, com amostras retiradas entre a 8ª e 10ª vértebras torácicas, conforme descrito por Bridi & Silva (2009). Na superfície do músculo foram realizadas seis medições de luminosidades Minolta (L*, a* e b*), utilizando o colorímetro portátil CR-400 Konica Minolta's, (configurações: Iluminante D65; 0° ângulo de visão e 4 auto-average). Os componentes L* (luminosidade), a* (componente vermelho-verde) e b* (componente amarelo-azul) foram expressos no sistema de cor CIELAB.

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 cinco pontos (1 = pálida, mole e desprovida de marmoreio; 5 = escura, firme moderado ou abundante marmoreio), como descrito no NPPC (1991).

As amostras cozidas do *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.

Os dados referentes às características quantitativas e qualitativas da carcaça foram submetidos à análise de variância, adotando-se o seguinte modelo estatístico: $Y_{ijklm} = \mu + B_i + S_j + N_k + F_l + NF_{kl} + e_{ijkl}$, em que Y_{ijklm} = observação do animal m , dentro do bloco i , nível de inclusão k e tipo de glicerina bruta l ; μ = constante associada a todas as observações; B_i = efeito do bloco, sendo $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$; S_j = efeito de sexo j

(1=macho, 2=fêmea); Nk = efeito dos níveis de glicerina bruta, sendo $k = 3, 6, 9, 12\%$; Fl = efeito do tipo de glicerina bruta, sendo $l = \text{GBV e GBM}$; $NFkl$ = efeito da interação dos níveis de inclusão k e o tipo de glicerina bruta l e e_{ijklm} = erro aleatório associado à observação.

Os graus de liberdade referentes aos níveis de inclusão (GBV e GBM) foram desdobrados em polinômios ortogonais, para obtenção das equações de regressão.

Para a comparação dos resultados da ração testemunha (0% de glicerina bruta) com cada um dos níveis de inclusão de GBV e GBM, foi aplicado o teste de Dunnett (Sampaio, 1998), utilizando o pacote estatístico SAEG (UFV, 1997). Nas análises referentes às características quantitativas e qualidade da carne, o peso de abate dos animais foi utilizado como covariável.

Resultados e Discussão

Os resultados das análises plasmáticas (Tabelas 14 e 15) para as fases de crescimentos e terminação mostram que não houve interação ($P \geq 0,05$) entre os níveis de inclusão e tipos de glicerina bruta (GBV e GBM) para concentração plasmática de glicose e colesterol. Da mesma forma, Lammers et al. (2008) e Hansen et al. (2009) não observaram efeito nos níveis plasmáticos de glicose em suínos alimentados de 5 a 16% de inclusão de glicerina semipurificada. Entretanto, para os níveis plasmáticos de colesterol, Mourot et al. (1994) verificaram aumento para suínos alimentados com 5% de glicerina, proveniente do óleo de colza.

Tabela 14 - Níveis plasmáticos (mg/dL) de glicose, triglicerídeos colesterol e nitrogênio da ureia plasmática (NUP) de suínos na fase crescimento, alimentados com rações contendo glicerina bruta vegetal e glicerina bruta mista com diferentes níveis de inclusão

Colheita	Níveis de inclusão, %								X±EP ¹	TG ²	TGxNV ³	Lin ⁴	Qua ⁵	
	Glicerina Bruta Vegetal				Glicerina Bruta Mista									
	0	3	6	9	12	3	6	9						12
Glicose														
Baseline	108,24	103,52	82,79	103,74	91,36	106,24	91,64	98,11	95,03	97,85±1,75	-	-	-	-
20° dia	109,75	107,61	113,60	106,20	104,39	104,86	100,84	100,64	105,17	105,90±2,41	NS	NS	NS	NS
38° dia	103,86	105,65	114,32	103,09	104,60	110,53	100,29	100,34	110,60	105,92±2,24	NS	NS	NS	NS
Média ⁶	106,81	106,63	113,96	104,65	104,50	107,70	100,57	100,49	107,89	105,91±1,27	NS	NS	NS	NS
Triglicerídeos														
Baseline	72,71	81,42	75,82	62,70	80,87	75,62	62,67	66,49	60,25	70,95±2,23	-	-	-	-
20° dia	74,46	62,82	52,33	49,61	56,58	48,77	55,45	49,50	68,97	57,61±1,90 ^A	NS	NS	NS	NS
38° dia	55,30	51,94	45,33	52,97	60,36	52,82	50,96	55,12	74,84	55,52±2,15 ^B	NS	NS	GBM 0,04	NS
Média ⁶	64,88	57,38	48,83	51,29	58,47	50,80	53,21	52,31	71,91	56,56±1,29	NS	NS	NS	GBM 0,04
Colesterol														
Baseline	76,03	82,36	91,96	83,71	82,49	78,19	75,88	85,51	74,56	81,19±2,26	-	-	-	-
20° dia	82,86	84,87	76,34	65,37	77,03	68,34	74,22	79,03	75,84	75,99±1,70	NS	NS	NS	NS
38° dia	85,88	73,67	68,36	71,47	69,55	69,08	80,26	80,24	77,69	75,13±1,54	NS	NS	NS	NS
Média ⁶	84,37	79,27	72,35	68,42	73,29	68,71	77,24	79,64	76,77	75,56±1,09	NS	NS	NS	NS
Nitrogênio da ureia plasmática														
Baseline	11,18	12,03	10,39	10,73	13,05	12,59	13,13	11,28	12,88	11,92±0,26	-	-	-	-
20° dia	14,82	13,33	15,47	14,53	16,10	15,63	16,29	14,75	13,45	14,93±0,30 ^A	NS	NS	NS	NS
38° dia	16,74	15,70	17,04	15,20	15,15	17,98	18,68	15,21	16,00	16,41±0,48 ^B	NS	NS	NS	NS
Média ⁶	15,78	14,52	16,26	14,87	15,63	16,81	17,49	14,98	14,73	15,67±0,21	NS	NS	NS	NS

¹- Erro padrão; ²- TG = Tipo de glicerina bruta; ³- Interação entre tipo de glicerina e níveis de glicerina; ⁴- Efeito linear dos níveis de glicerina bruta (Triglicerídeos GBM 35° dia = 40,8814 + 2,2256X); ⁵- Efeito quadrático dos níveis de glicerina bruta (Triglicerídeos GBM Média = 72,5563 - 5,57889 X + 0,429266 X²); ⁶- Média referente à colheita do 20° e 35° dia; Médias nas colunas seguidas de letras minúsculas distintas são diferentes (P<0,05); NS = não-significativo.

Tabela 15 - Níveis plasmáticos (mg/dL) de glicose, triglicerídeos, colesterol e nitrogênio da ureia plasmática de suínos na fase terminação, alimentados com rações contendo glicerina bruta vegetal e glicerina bruta mista com diferentes níveis de inclusão

Colheita	Níveis de inclusão, %								$\bar{X} \pm EP^1$	TG ²	TGxNV ³	Lin ⁴	Qua ⁵	
	Glicerina Bruta vegetal				Glicerina Bruta mista									
	0	3	6	9	12	3	6	9						12
Glicose														
Baseline	97,75	96,26	97,45	104,23	85,80	102,22	89,57	88,47	98,77	95,61±1,57	-	-	-	-
14° dia	103,22	98,19	102,80	103,31	99,85	93,68	101,56	100,31	100,81	100,41±1,74 ^A	NS	NS	NS	NS
36° dia	88,05	95,81	93,73	81,31	93,90	90,50	91,26	87,79	89,94	90,25±1,44 ^B	NS	NS	NS	NS
Média ⁶	95,64	97,00	98,27	92,31	96,88	92,09	96,41	94,05	95,38	95,33±0,99	NS	NS	NS	NS
Triglicerídeos														
Baseline	54,17	82,90	82,38	75,44	68,58	54,96	67,71	79,04	76,98	71,35±2,47	-	-	-	-
14° dia	63,06	53,54	62,90	68,84	63,53	54,76	47,87	52,20	68,50	59,47±2,76	NS	NS	NS	NS
36° dia	70,24	53,81	51,94	55,03	68,04	55,80	43,93	34,83	72,60	56,25±2,75	NS	NS	NS	GBM 0,01
Média ⁶	66,65	53,68	57,42	61,94	65,79	55,28	45,90	43,52	70,55	57,86±1,67	NS	NS	NS	NS
Colesterol														
Baseline	70,76	73,75	85,88	84,88	98,11	84,71	84,72	72,56	83,16	82,05±2,21	-	-	-	-
14° dia	83,68	77,77	78,41	91,22	75,58	85,33	83,87	77,88	88,97	82,52±1,51 ^A	NS	NS	NS	NS
36° dia	102,45	98,88	88,55	102,25	95,44	107,28	94,36	94,28	92,55	97,34±2,30 ^B	NS	NS	NS	NS
Média ⁶	93,07	88,33	83,48	96,74	85,51	96,31	89,12	86,08	90,76	89,93±1,30	NS	NS	NS	NS
Nitrogênio da ureia plasmática														
Baseline	10,86	12,24	11,82	11,24	14,16	10,21	13,34	11,50	12,57	11,99±0,33	-	-	-	-
14° dia	11,63	10,63	12,81	12,32	13,25	12,83	11,05	14,50	13,47	12,50±0,36	NS	NS	NS	NS
36° dia	12,89	12,81	14,02	13,72	15,00	13,11	11,67	14,67	15,74	13,74±0,36	NS	NS	NS	NS
Média ⁶	12,26	11,72	13,42	13,02	14,13	12,97	11,36	14,59	14,61	13,12±0,22	NS	NS	GBV 0,02	NS

¹- Erro padrão; ²- TG = Tipo de glicerina bruta; ³- Interação entre tipo de glicerina e níveis de glicerina; ⁴- Efeito linear dos níveis de glicerina bruta (NUP Média = 11,2660 + 0,209127 X); ⁵- Efeito quadrático dos níveis de glicerina bruta (Triglicerídeos GBM 28° dia = 103,520 - 19,308 X + 1,37901 X²); ⁶- Média referente à colheita do 14° e 28° dia; Médias nas colunas seguidas de letras minúsculas distintas são diferentes (P<0,05); NS = não-significativo.

Para a variável triglicerídeos, houve aumento linear ($P \geq 0,05$) na colheita do 38º dia no período experimental, para o crescimento e um efeito quadrático para o 36º dia, na terminação. Segundo Narayan & McMullen (1979), a metabolização do glicerol no fígado de ratos e aves tem efeito estimulador sobre a síntese de ácidos graxos livres, triglicerídeos, colesterol, quilomícrons e lipoproteínas plasmáticas. Este resultados não foram confirmados por Yalçın et al. (2010) em poedeiras alimentadas com até 7,5% de inclusão de glicerina (90,2% de glicerol), proveniente do óleo de soja.

Para a variável NUP houve aumento linear ($P \geq 0,05$) para GBV na fase de terminação. Mesmo que este efeito sugira algum desbalanceamento aminoácídico das dietas (Coma et al., 1995), este não foi suficiente para causar prejuízo na qualidade da carne. Respostas similares aqui observadas foram encontradas por Lammers et al. (2008), trabalhando com suínos (7,9 - 133 kg) alimentados com glicerina semipurificada, concluíram não haver mobilização da proteína do tecido magro, com a inclusão de 10%.

Houve redução dos valores plasmáticos no período de colheita, na fase de crescimento (colheita do 20º e 38º dias), para a variável triglicerídeos. Entretanto, para NUP houve aumento ($P \leq 0,05$) na comparação do mesmo período de colheita. Para a fase de terminação (colheita do 14º e 36º dias) houve redução das concentrações plasmáticas para a variável glicose e aumento ($P \leq 0,05$) para o colesterol. Possivelmente, estas respostas sejam em função da necessidade de um maior período de adaptação à alimentação pelos animais às dietas com glicerina.

Em relação às características quantitativas da carcaça (Tabela 16), nenhuma das variáveis foi influenciada ($P \geq 0,05$) pela adição das glicerinas. Da mesma forma, o teste de Dunnett não indicou haver diferença ($P \geq 0,05$) entre os níveis de inclusão das glicerinas e a ração testemunha (0% de glicerina) para as diferentes variáveis. Estes

resultados indicam que as glicerinas, se utilizadas até 12%, não comprometem a característica da carcaça de suínos.

Em estudos com suínos alimentados com 10% de inclusão de dois tipos de glicerinas, ambas em diferentes níveis de purificação, Kijora & Kuppsch (1996) obtiveram resultados similares. Da mesma forma, Lammers et al. (2008) e Berenchtein et al. (2010), utilizando glicerina semipurificada, oriunda do óleo de soja e sebo bovino e Airhart et al. (2002), 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.

Com exceção da perda de água por gotejamento (PGOT) e do pH₂₄ do *Longissimus dorsi*, nenhuma das demais características qualitativas da carne (Tabela 17) foram influenciadas pela inclusão das glicerinas.

O houve um redução linear ($P \leq 0,05$) do pH₂₄ para glicerina bruta vegetal. Entretanto, para PGOT respondeu de forma quadrática ($P \leq 0,05$) para glicerina bruta mista, indicando que o nível 5,94% determina o nível de menor perda. Por outro lado, Mourot et al. (1993) e Cerneau et al. (1994), utilizando glicerina semipurificada, proveniente do óleo de colza, confirmaram redução na perda de água por gotejamento e cocção nos músculos *Longissimus dorsi* e *Semimembranosus*, além de aumento do rendimento do presunto.

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

Tabela 16 - Efeito das dietas contendo diferentes níveis de inclusão de dois tipos de glicerina bruta obtidas de óleo de soja e óleo de soja + gordura animal, sobre as características quantitativas de carcaça de suínos (60 - 90 kg)¹

Itens, %	Níveis de inclusão, %								Média±EP ²	CV ³	TGxNV ⁴	TG ⁵	Lin ⁶	Quadr ⁷	
	Glicerina Bruta Vegetal				Glicerina Bruta Mista										
	0	3	6	9	12	3	6	9							12
QJ, %	3,29	3,20	4,03	3,19	3,44	3,27	3,36	4,46	3,77	3,56±0,103	23,04	NS	NS	NS	NS
PCQ, kg	71,91	71,76	71,71	71,12	74,11	69,19	69,90	72,03	70,50	71,36±0,439	4,89	NS	NS	NS	NS
RCQ, %	83,18	82,24	82,19	81,60	82,54	83,02	81,76	81,95	82,39	82,32±0,164	1,58	NS	NS	NS	NS
PCF, kg	69,87	69,47	69,38	68,99	71,83	66,98	67,96	70,21	68,19	69,21±0,430	4,93	NS	NS	NS	NS
RCF, %	80,82	79,62	79,52	79,16	80,00	80,37	79,50	79,84	79,69	79,84±0,154	1,54	NS	NS	NS	NS
QR, %	2,82	3,19	3,25	2,98	3,08	3,19	2,75	2,56	3,27	3,01±0,077	20,25	NS	NS	NS	NS
RP, kg	32,11	31,54	31,91	31,40	31,40	32,25	31,51	31,66	31,93	31,75±0,191	4,77	NS	NS	NS	NS
PP, kg	11,21	10,95	11,07	10,84	11,27	10,81	10,69	11,09	10,89	10,98±0,090	6,53	NS	NS	NS	NS
ET, cm	2,63	2,59	2,69	2,61	2,66	2,50	2,46	2,67	2,34	2,57±0,045	13,85	NS	NS	NS	NS
CC, cm	90,56	89,41	89,76	90,37	90,87	88,70	89,77	90,23	89,48	89,91±0,423	3,74	NS	NS	NS	NS
AOL, cm ²	36,20	36,48	34,39	35,70	37,01	35,62	36,22	32,96	35,79	35,60±0,510	11,36	NS	NS	NS	NS
GORD, cm ²	19,58	20,58	21,48	19,73	22,93	19,83	20,15	21,79	17,97	20,45±0,619	24,04	NS	NS	NS	NS
CMAGRA, kg	54,12	54,10	52,41	53,40	55,14	52,93	53,08	51,01	53,69	53,32±0,516	7,68	NS	NS	NS	NS
PMAGRA, %	75,29	75,54	73,08	75,05	74,63	76,46	76,15	71,14	76,22	74,84±0,626	6,64	NS	NS	NS	NS
C:G	0,55	0,58	0,63	0,56	0,63	0,59	0,57	0,66	0,51	0,59±0,022	29,15	NS	NS	NS	NS
Fígado, kg	1,252	1,237	1,237	1,333	1,290	1,210	1,316	1,303	1,371	1,283±0,015	9,28	NS	NS	NS	NS

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), Grelação carne:gordura (C:G); ² Erro padrão; ³ CV = Coeficiente de variação; ⁴ Interação entre tipo de glicerina e níveis de glicerina; ⁵ TG = Tipo de glicerina bruta; ⁶ Efeito linear dos níveis de glicerina bruta; ⁷ Efeito quadrático dos níveis de glicerina bruta; NS = não-significativo.

Tabela 17 - Efeito das dietas contendo diferentes níveis de inclusão de dois tipos de glicerina bruta obtidas de óleo de soja e óleo de soja + gordura animal, sobre característica qualitativas do *Longissimus dorsi* em suínos (60-90 kg)¹

Itens, %	Níveis de inclusão, %								Média±EP ²	CV ³	TGxNV ⁴	TG ⁵	Lin ⁶	Qua ⁷	
	Glicerina Bruta Vegetal				Glicerina Bruta Mista										
	0	3	6	9	12	3	6	9							12
pH 45 min.	6,59	6,59	6,51	6,56	6,39	6,45	6,57	6,48	6,40	6,50±0,028	3,43	NS	NS	NS	NS
pH 24h	5,66	5,73	5,67	5,61	5,57	5,63	5,71	5,59	5,58	5,64±0,010	1,47	NS	NS	GBV 0,01	NS
PGOT, %	2,27	2,63	2,47	2,83	2,81	2,92	2,19	3,16	3,66	2,77±0,085	24,41	NS	NS	NS	GBM 0,01
Marmoreio	2,07	2,00	2,21	1,86	2,07	2,00	1,93	1,93	2,00	2,01±0,068	26,91	NS	NS	NS	NS
Minolta a* ⁸	5,96	5,96	7,13	5,87	6,82	6,76	5,82	5,79	5,99	6,23±0,130	16,59	NS	NS	NS	NS
Minolta b* ⁸	5,69	5,50	6,05	5,35	6,32	6,25	5,43	5,81	5,54	5,77±0,110	15,08	NS	NS	NS	NS
Minolta L* ⁸	53,05	51,59	51,40	51,80	54,98	53,58	52,00	53,79	54,00	52,91±0,338	5,07	NS	NS	NS	NS
CONS	2,86	3,00	2,57	3,00	2,29	2,86	2,71	2,86	2,71	2,76±0,046	13,30	NS	NS	NS	NS
COR	1,86	2,29	2,57	2,00	2,29	2,29	2,57	2,00	2,00	2,21±0,062	22,27	NS	NS	NS	NS
PLD, %	7,96	7,10	7,48	7,49	7,11	7,62	5,83	8,95	8,10	7,52±0,226	23,87	NS	NS	NS	NS
PLC, %	33,03	30,62	32,92	32,82	32,58	33,64	30,77	34,83	32,91	32,68±0,300	7,28	NS	NS	NS	NS
FC, Kgf/seg	3,15	3,02	3,30	3,10	3,09	3,30	3,12	3,31	3,60	3,22±0,058	14,39	NS	NS	NS	NS
Umidade, %	72,21	72,94	72,73	73,57	72,89	73,00	73,32	74,41	72,92	73,11±0,164	1,17	NS	NS	NS	NS
MM, %	1,12	1,15	1,15	1,18	1,16	1,18	1,17	1,19	1,16	1,16±0,008	3,40	NS	NS	NS	NS
PB, %	23,09	22,52	22,82	23,16	22,74	22,93	22,46	22,31	22,93	22,77±0,113	2,57	NS	NS	NS	NS

¹- Perda de água por gotejamento (PGOT); consistência (CONS) e cor, segundo método americano; perda de líquido por descongelamento (PLD); perda de líquido por cocção (PLC); FC = Força de cisalhamento; matéria mineral (MM); proteína bruta (PB); ²- Erro padrão; ³- CV = Coeficiente de variação; ⁴- Interação entre tipo de glicerina e níveis de glicerina ⁵- TG = Tipo de glicerina bruta; ⁶- Efeito linear dos níveis de glicerina bruta (pH24 = 5,77651 - 0,0189445X); ⁷- Efeito quadrático dos níveis de glicerina bruta (PGOT = 3,71628 - 0,404422X + 0,034066X²); ⁸- a*: indica a coloração da carne variando do vermelho ao verde (alto indica cor vermelha, baixo indica cor verde); b*: indica a coloração da carne variando do amarelo ao azul (b* alto indica cor mais amarelo, b* baixo indica cor mais azul); L*: indica o grau de luminosidade da carne (L* = 0 carne escura, L = 100 carne branca); NS = não-significativo.

A utilização da glicerina na alimentação de suínos propicia retenção de água, devido à hidratação do tecido, com aumento na pressão osmótica intracelular, além da ação protetora sobre a desnaturação das proteínas durante o cozimento (Mourot, 2009). Em pesquisas semelhantes (Stevens et al., 2008; Schieck et al., 2010) verificaram aumento da espessura de toucinho e da consistência abdominal (barriga), além de redução da gordura de marmoreio.

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, aumento do teor de lipídios no músculo e melhor qualidade sensorial.

Conclusões

Os resultados sugerem que para dietas de suínos (30 a 90 kg) é possível utilizar até 12% de gliceras brutas de origem vegetal ou mista, sem alteração nos níveis plasmáticos (glicose, triglicérides, colesterol e NUP), sem interferir as características quantitativas da carcaça e a qualidade da carne.

Referências

- ABCS. **Método Brasileiro de Classificação de Carcaças**. Publicação Técnica n.2. Estrela/RS, 1973, 17p.
- 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: 06/10/2010.
- BERENCHTEIN, B.; COSTA, L.B.; BRAZ, D.B. et al. Utilização de glicerol na dieta de suínos em crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.7, p.1491-1496, 2010.
- BRIDI, A.M. & SILVA, C.A. **Avaliação da Carne Suína**. Londrina: Midigraft, 120p. 2009.
- CAI, Y., ZIMMERMAN, D.R., EWAN, R.C. Diurnal variation in concentrations of plasma urea nitrogen and amino acids in pigs given free access to feed or fed twice daily. **Journal Nutrition**, v.124, p.1088-1093, 1994.
- 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.
- 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.
- 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.; HOUSER, T.A.; DEROCHEY, J.M. et al. Sensory Characteristics of Loins from Pigs Fed Glycerol and Ractopamine HCl During the Last 28 Days of Finishing. In: Proceedings of the Kansas Swine Day, p. 274-279, 2009.
- 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.
- 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 tissuehistology of growing pigs fed crude glycerin-supplemented diets. **Journal of Animal Science**, v.86, p.2962-2970, 2008.
- MENDOZA, O.F.; ELLIS, M.; MCKEITH, F.K. et al. Metabolizable energy content of refined glycerin and its effects on growth performance, and carcass and pork quality characteristics of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.30, 2010.
- MINOLTA. **Precise color communication: color control from perception to instrumentation**. Japan: Minolta, 1997 19p.
- MOUROT, J. Utilisation du glycérol en alimentation porcine. **Inra Productions Animales**, n.5, v.22, p.409-414, 2009.
- MOUROT, J.; AUMAITRE, A.; MOUNIER, A. et al. Nutritional and physiological effects of dietary glycerol in the growing pig. Consequences on fatty tissues and post mortem muscular parameters. **Livestock Production Science**, v.38, p.237–244, 1994.
- 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.
- NARAYAN, K.; MCMULLEN, J. The interactive effect of dietary glycerol and corn oil on rat liver lipids, serum lipids and serum lipoproteins. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 109, p.1836-1846, 1979.
- NATIONAL PORK PRODUCERS COUNCIL - NPPC. **Procedures to evaluate market hogs**. 3rd ed. Des Moines: NPPC, 1991. 16p.
- RAMOS, E.M.; GOMIDE, L.A.M. **Avaliação da qualidade de carnes: Fundamentos e Metodologias**. Viçosa:UFV, 2007, 599p.
- RIVALDI, J.D.; SARROUH, B.F.; FIORILO, R.; SILVA, S.S. Glicerol de biodiesel: Estratégias biotecnológicas para o aproveitamento do glicerol gerado da produção de biodiesel. **Revista biotecnologia**, ano 10, n.37, 2008.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2.ed. Viçosa:UFV,2005. 186p.
- SAMPAIO, I.B.M. **Estatística aplicada a experimentação animal**. Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais, p. 221, 1998.
- SCHIECK, S.J.; SHURSON, G.C.; KERR, B.J. et al. Evaluation of glycerol, a biodiesel co-product, in grow-finish pig diets to support growth and pork quality. 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.)
- THOMPSON, J.C.; HE, B.B. Characterization of crude glycerol from biodiesel production from multiple feedstocks. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 22, p.261–265, 2006.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. 1997. SAEG- **Sistema de análises estatísticas e genéticas. Versão 7.1**. Viçosa: MG. 150p (Manual do usuário).
- YALÇIN, S. EROL, H.; ÖZSOY, B. et al. Effects of glycerol on performance, egg traits, some blood parameters and antibody production to SRBC of laying hens. **Livestock Science**, n.129, p.129-134, 2010.
- ZIJLSTRA, R. T.; MENJIVAR, K.; LAWRENCE, E.; BELTRANENA, E. The effect of feeding crude glycerol on growth performance and nutrient digestibility in weaned pigs. **Canadian Journal of Animal Science**. v.89, n.1,p.85-89, 2009.

VI - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de as glicerinas brutas (vegetal e mista), normalmente, apresentarem elevado teor de metanol e cloreto de sódio, para as glicerinas estudadas neste trabalho, estes componentes não prejudicaram o bom aproveitamento energético das glicerinas brutas pelos suínos (15-90 kg).

Os valores de EM (kcal/kg), na matéria natural, das glicerinas brutas (vegetal e mista) são 4.556, 4.488 para a fase inicial e 4.481, 4.707 para o crescimento-terminação, respectivamente.

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

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

VII – IMPLICAÇÕES

Apesar de os órgãos governamentais definirem uma especificação técnica para comercialização da glicerina pelas indústrias produtoras do biodiesel, pode-se encontrar no mercado glicerinas com as mais diversas composições químicas. Isto requer atenção especial no momento da aquisição e utilização.

Sempre que possível, é recomendado analisar, no mínimo, a glicerina para conteúdo de metanol, cloreto de sódio e ácidos graxos totais. Com base nas análises, identificar o tipo de glicerina (bruta ou loira), considerando que é mais comum a comercialização da glicerina loira (baixo teor de ácidos graxos).

A glicerina bruta (acima de 5% de ácidos graxos), por possuir maior conteúdo de gordura, pode se apresentar na forma sólida em baixas temperaturas (inverno). Por esta razão, necessita-se de um aquecimento controlado (30 a 40°C), o que pode dificultar seu uso em algumas fábricas.

Em alguns casos, pode ocorrer o endurecimento da ração pronta, entretanto é de fácil desintegração manual ou mecânica. Para facilitar o manuseio (evitar o “empelotamento” da ração) na fábrica é útil fazer uma pré-mistura da glicerina com o farelo de soja, antes de colocar no misturador junto com os demais ingredientes.