UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

JOAQUIM CARLOS ATRA GONÇALVES

Glicerol de origem vegetal como fonte energética na alimentação de porcas em lactação: avaliação do desempenho zootécnico, características de carcaça e do leite e viabilidade econômica

Pirassununga

2011

JOAQUIM CARLOS ATRA GONÇALVES

Glicerol de origem vegetal como fonte energética na alimentação de porcas em lactação: avaliação do desempenho zootécnico, características de carcaça e do leite e viabilidade econômica

Dissertação apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre em Zootecnia.

Área de concentração: Qualidade e Produtividade Animal

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Jacinta Diva Ferrugem Gomes

Pirassununga

2011

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Serviço de Biblioteca e Informação da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos
da Universidade de São Paulo

G635g Gonçalves, Joaquim Carlos Atra
 Glicerol de origem vegetal como fonte energética na
 alimentação de porcas em lactação : avaliação do
 desempenho zootécnico, características de carcaça e do
 leite e viabilidade econômica. / Joaquim Carlos Atra
 Gonçalves. – Pirassununga, 2011.
 51 f.
 Dissertação (Mestrado) -- Faculdade de Zootecnia e
 Engenharia de Alimentos - Universidade de São Paulo.
 Departamento de Zootecnia.
 Área de Concentração: Qualidade e Produtividade
 Animal.
 Orientadora: Profa. Dra. Jacinta Diva Ferrugem
Gomes.

 1. Glicerol 2. Biodiesel 3. Subproduto 4. Suínos
 5. Lactação 6. Nutrição de suínos. I. Título.

DEDICATÓRIA

A minha querida família e amigos, com amor e gratidão por seu apoio, carinho e compreensão, fundamentais para a elaboração deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

A Deus por iluminar meu caminho e me dar forças para seguir sempre em frente.

À Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

À Agrocere Multimix Nutrição Animal Ltda. pela confiança, oportunidade e apoio, em especial aos funcionários e amigos Edmo Carvalho Júnior, Francisco Alves Pereira, José Mário da Rocha Frota, Leandro César Rigueira, Luiz Antônio Pereira, Luiz Antônio Vitagliano e Maurício Nacif.

À Ianni Agropecuária e todos seus funcionários, em especial ao proprietário, Sr. Antônio Ianni, bem como a gerente geral, Viviane Orbach e o gerente da granja, Ivã Orbach, por ceder a propriedade para pesquisa e experimentação, além auxiliar na realização do mesmo.

A orientadora Prof^a Dr^a Jacinta Diva Ferrugem Gomes pela atenção, paciência e apoio durante todo o projeto.

Ao Prof. Dr. Augusto Hauber Gameiro pelos ensinamentos e orientações durante a análise econômica.

Aos colegas Bruna Pacheco, Cláudia Cassimira, Esther Ramalho Afonso, Estela Kobashigawa, Felipe Gonçalves Garcia da Conceição, Fabiane Gilli e Fernanda Celestino pela grande ajuda e disposição na elaboração deste trabalho.

RESUMO

GONÇALVES, J.C.A. **Glicerol de origem vegetal como fonte energética na alimentação de porcas em lactação: avaliação do desempenho zootécnico, características de carcaça e do leite e viabilidade econômica**, 2011. 52 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2011.

Este experimento teve como objetivo avaliar a utilização do glicerol em substituição ao óleo de soja degomado, como fonte energética alternativa na alimentação de fêmeas suínas em lactação, quanto a sua viabilidade zootécnica e econômica. O estudo foi realizado em delineamento de blocos casualizados, com quatro tratamentos, sendo um com óleo de soja degomado e outros três com níveis crescentes de glicerol (3, 6 e 9%), onde 32 fêmeas foram distribuídas em oito blocos, de acordo com a ordem de parto (3ª a 5ª). Cada unidade experimental foi representada por uma baia contendo uma fêmea, ao início do período experimental, que teve duração de 21 dias. As variáveis analisadas foram: 1) diferentes níveis de inclusão; 2) desempenho zootécnico (consumo diário de ração-CDR e perda de peso-PP); 3) características de carcaça (espessura de toucinho-ET, profundidade de olho de lombo-POL e rendimento de carne magra-RCM); 4) análise da leitegada (peso médio ao desmame e ganho de peso). Além disso, foi realizado o estudo da viabilidade econômica da utilização do glicerol. O consumo diário de ração, a perda de peso, o intervalo desmame cio e as características de carcaça das fêmeas, não apresentaram diferenças estatísticas entre as duas fontes energéticas, bem como suas inclusões. Já o peso ao desmame e o ganho de peso da leitegada, foram melhores estatisticamente no grupo suplementado com óleo de soja degomado, porém não apresentaram diferenças entre os diferentes níveis de glicerol avaliados. De forma geral, a possibilidade da utilização do glicerol como fonte energética alternativa é viável na alimentação de fêmeas suínas lactantes, entretanto, nos níveis estudados, esta utilização é limitante quanto ao desempenho dos leitões e quanto ao preço deste subproduto no mercado. Para uma melhor avaliação do glicerol, são necessários maiores estudos, principalmente no quesito dos seus efeitos sobre a composição láctea de porcas suplementadas com este subproduto.

Palavras-chave: alimento alternativo, biodiesel, nutrição, subproduto, suínos.

ABSTRACT

GONÇALVES, J.C.A. **Vegetable glycerol as an energy source in feeding for lactating sows: evaluation of animal performance, carcass and milk characteristics and economic viability**, 2011. 52 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2011.

This experiment aimed to evaluate the use of glycerol as a substitute for crude soybean oil as an alternative energy source in feed for lactating sows, as its zootechnical and economic viability. The study was conducted in a randomized block design with four treatments, one with crude soybean oil and three other with increasing levels of glycerol (3, 6 and 9%), where 32 females were divided into eight blocks, according to birth order (3rd to 5th). Each experimental unit was represented by a box containing a female, at the beginning of the trial period, which lasted 21 days. The variables analyzed were: 1) different levels of inclusion, 2) production performance (daily feed intake and weight loss), 3) carcass traits (backfat thickness, depth of rib eye and lean meat yield, 4) analysis of the litter (weaning weight and weight gain). In addition, the study of the economic feasibility of the use of glycerol was conducted. The daily feed intake, weight loss, interval of weaning estrus and carcass characteristics of females, presented no significant differences between the two energy sources, as well as its inclusions. The weaning weight and litter weight gain were statistically better in the group supplemented with crude soybean oil, but presented no differences between the different levels of glycerol evaluated. In general, the possibility of the use of glycerol as a viable alternative energy source in feed for lactating sows is viable, however, in the studied levels, this use is limiting as to the performance of piglets and on the price of this by-product in the market. For a better evaluation of glycerol, further studies are needed, especially in the issue of their effects on milk composition of sows supplemented with this byproduct.

Keywords: alternative food, biodiesel, byproduct, nutrition, pigs.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Fotografia da sala de maternidade.....	21
Figura 2 - Fotografia da identificação dos leitões.....	22
Figura 3 - Fotografia do aparelho de ultrassom “PIGLOG 105”, em conjunto aos pontos de contato da sonda no animal para correta medição.....	27
Figura 4 – Gráfico do consumo diário de rações entre os tratamentos com óleo de soja degomado ou com os diferentes níveis de glicerol estudados.....	33
Figura 5 – Gráfico da perda de peso das fêmeas entre os tratamentos com óleo de soja degomado ou com os diferentes níveis de glicerol estudados.....	35
Figura 6 – Gráfico do rendimento de carne magra das fêmeas entre os tratamentos com óleo de soja degomado ou com os diferentes níveis de glicerol estudados....	36
Figura 7 – Gráfico da profundidade de olho de lombo das fêmeas entre os tratamentos com óleo de soja degomado ou com os diferentes níveis de glicerol estudados.....	36
Figura 8 – Gráfico da espessura de toucinho das fêmeas entre os tratamentos com óleo de soja degomado ou com os diferentes níveis de glicerol estudados.....	37
Figura 9 – Gráfico do intervalo desmame cio das fêmeas entre os tratamentos com óleo de soja degomado ou com os diferentes níveis de glicerol estudados.....	38
Figura 10 – Gráfico do ganho de peso médio dos leitões entre os tratamentos com óleo de soja degomado ou com os diferentes níveis de glicerol estudados.....	40
Figura 11 – Gráfico do peso médio ao desmame dos leitões entre os tratamentos com óleo de soja degomado ou com os diferentes níveis de glicerol estudados.....	40
Figura 12 - Quadro da atribuição de preços ao óleo de soja degomado na elaboração de dietas isocustos.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição centesimal das rações utilizadas no experimento.....	24
Tabela 2- Níveis nutricionais das rações.....	25
Tabela 3 - Esquema dos contrastes utilizados para análise dos dados.....	28
Tabela 4 – Variáveis estudadas em relação à fonte energética e suas porcentagens de substituição.....	31
Tabela 5 – Variáveis estudadas em relação à significância estatística (P).....	32

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	12
2.1 CENÁRIO DA SUINOCULTURA.....	12
2.2 FISIOLOGIA DA LACTAÇÃO.....	13
2.3 COMPOSIÇÃO DO LEITE.....	14
2.4 PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS.....	16
2.5 GLICEROL.....	17
2.6 UTILIZAÇÃO DE GLICEROL NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL	19
2.7 CUSTOS DE PRODUÇÃO.....	20
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	21
3.1 ANIMAIS E MANEJO.....	22
3.2 TRATAMENTOS.....	23
3.3 AVALIAÇÕES REALIZADAS.....	26
3.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	28
3.5 ANÁLISE DE CUSTO.....	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
4.1 CONSUMO DE RAÇÃO DAS FÊMEAS.....	32
4.2 PERDA DE PESO DAS FÊMEAS E CARACTERÍSTICAS DE CARCAÇA	34
4.3 INTERVALO DESMAME CIO.....	38
4.4 PESOS DOS LEITÕES.....	39
4.5 ESTUDO ECONÔMICO.....	42
5 CONCLUSÕES.....	45
REFERÊNCIAS.....	46

1 INTRODUÇÃO

A suinocultura brasileira tem passado por constantes períodos de instabilidade, principalmente devido baixo preço do animal terminado, aliado aos custos elevados de produção. A alimentação é um dos fatores fundamentais que impactam sobre a lucratividade do produtor, chegando a representar 70 a 75% dos custos totais da atividade (NUNES et al., 2001).

Nos últimos 50 anos, pesquisas em genética, biotecnologia e nutrição foram responsáveis por um grande impacto no aumento de produtividade da cadeia suinícola (GERRITS et al., 2005). No entanto, a base alimentar de suínos continua a ser o milho (75 a 80% da dieta) e soja, sendo que estes insumos sofrem grandes variações mercadológicas, relativas a seu custo, principalmente por também serem utilizados na alimentação humana. Essas variações irão refletir sobre a margem de lucro do suinocultor (TRINDADE NETO et al., 1995). Neste contexto, a busca por alimentos alternativos, com destaque em subprodutos e resíduos resultantes do processamento industrial vem ganhando crescente atenção tanto na alimentação de suínos em fases de desenvolvimento, como de porcas, em especial lactantes, que apresentam maior consumo de alimentos (GOMES, 1996). Um subproduto obtido a partir da fabricação de biodiesel, o glicerol, tem sido motivo de vários estudos sobre seu potencial alimentar para aves e suínos.

A produção de biocombustíveis tem sido uma alternativa energética aos combustíveis fósseis, que representam uma fonte esgotável e altamente poluente. O biodiesel é definido como um mono-alquil ester de ácidos graxos, derivado de fontes renováveis, tais como óleos vegetais e gorduras animais, obtido através de um processo de transesterificação dos óleos de gordura com alcoóis (metanol ou etanol), através de catálise básica ou ácida, ocorrendo assim, a transformação de triglicerídeos em moléculas menores de ésteres de ácidos graxos, tendo como subproduto a glicerina bruta, com teores de glicerol variando de 80 a 95% (RAMOS et al., 2000). De acordo com Thompson e He (2006), para cada litro de biodiesel produzido, são geradas 79g de glicerol bruto.

No organismo animal, o glicerol é precursor para a síntese de triacilgliceróis e fosfolípidos. Os triacilgliceróis, ou, triglicerídeos, como são comumente chamados, são a principal fonte de energia do organismo. Os triglicerídeos, juntamente com a glicose e carboidratos, representam 95% do carbono utilizado pela glândula

mamária para a produção de leite (SPINCER et al., 1969). Neste contexto o uso do glicerol oriundo da produção de biodiesel pode ser interessante na composição de dieta de porcas em lactação, por seu grande potencial energético.

O presente trabalho objetivou avaliar a utilização do glicerol em substituição ao óleo de soja degomado, como fonte energética alternativa na alimentação de fêmeas suínas em lactação, quanto a sua viabilidade zootécnica e econômica.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1. CENÁRIO DA SUINOCULTURA

A carne suína é a mais produzida no mundo, sendo a China maior produtora, com produção de 51 milhões de toneladas, seguida pela União Europeia, com produção de 23 milhões de toneladas, EUA, com 10 milhões de toneladas, e Brasil, com produção de 3 milhões de toneladas. Esses quatro maiores produtores mundiais de carne suína detêm juntos cerca de 80 % da produção mundial (RODIGHERI, 2011).

O rebanho suíno brasileiro possui aproximadamente 38 milhões de animais e 2,5 milhões de matrizes, concentrados principalmente na região sul, com 43% do plantel nacional. No que diz respeito à exportação, o Brasil chegou à média de 625 mil toneladas de carne, sendo a Rússia responsável pela compra de 64,75% do total exportado, precedida por Hong-Kong com 9,74%, Ucrânia com 3,54% e Cingapura, com 2,89%, entre outros. Há perspectivas de aumento das exportações, principalmente para mercados como Japão, Coréia do Sul, México, EUA e União Europeia (USDA, 2010).

O consumo *per capita* mundial de carne suína encontra-se por volta de 14,96 kg, seguida da carne de frango, com consumo per capita de 11,5 kg, e a carne de bovinos, 9,7 kg (ROPPA, 2006). Hong-Kong é o maior consumidor, respondendo por 68,60 kg/habitante/ano (USDA, 2010).

Nos últimos 50 anos, pesquisas em seleção genética, biotecnologias e programas de nutrição foram responsáveis por um grande impacto no melhoramento da composição das carcaças e na eficiência de produção. A fêmea suína, neste contexto, passou a ser foco de pesquisas devido a sua capacidade de produção de leitões e de leite.

Sabe-se que as taxas de crescimento de suínos recém-nascidos são altamente influenciadas pela produção de leite materno (NOBLET & ESTIENNE, 1987 e 1989) e o peso a desmama de um leitão determina a rapidez em que ele irá chegar ao peso final de abate no mercado (HARRELL et al., 1993). Desta forma, os nutrientes secretados pela glândula mamária são os determinantes principais da taxa de crescimento da progênie (BOYD et al., 1995). Harrell et al., (1993) obtiveram resultados experimentais demonstrando que um aumento do peso de desmame da

ordem de 3,4 kg representava 9,0kg quatro semanas após o desmame, o que significaria na diminuição de 10 dias no tempo necessário para estes animais atingirem o peso de abate.

Neste contexto, a quantidade de leite produzido, bem como sua composição em nutrientes passa a ser de extrema importância para o aumento de produtividade da cadeia de produção de suínos.

2.2. FISIOLÓGIA DA LACTAÇÃO

A alimentação da porca em lactação é uma das grandes preocupações dentro de granjas de alta produção, pois, devido aos grandes avanços genéticos obtidos em relação ao aumento do tamanho da leitegada, a capacidade da porca em alimentar estes leitões passou a ser o grande desafio. Desta forma, a ingestão e qualidade da água e dos alimentos são fatores limitantes para manter a produção de leite (quali-quantitativamente) de forma a atender adequadamente à progênie (EWAN, 1991). Resultados de pesquisas apresentados por Kertiles e Anderson (1979) demonstram que aproximadamente 50% das mortes antes do desmame são devidas a insuficiência de produção de leite das fêmeas.

Durante a lactação, fase caracterizada pelo intenso catabolismo metabólico, após a fêmea suprir sua necessidade energética de manutenção, os nutrientes são utilizados para a produção de leite. Se a energia fornecida via dieta não for suficiente, a fêmea mobilizará energia de seus tecidos de reserva, proteico ou adiposo, ocorrendo perda de peso (MULLAN & WILLIAMS, 1990). Geralmente fêmeas em lactação são mantidas em regime alimentar *ad libitum*, e a capacidade de ingestão de alimentos é que determinará se ocorrerá perda ou ganho de peso durante a lactação. Quando a ingestão de alimentos é aumentada durante a lactação, a produção de leite também aumenta (DEN HARTOG et al., 1984). Quando a ingestão de alimentos diminui, o leite passa a ser produzido principalmente através das reservas corporais do animal, ocasionando um aumento do conteúdo de gordura presente no leite. Além disso, os padrões de composição dos ácidos graxos presentes no leite podem ser alterados (DEN HARTOG et al., 1987).

A ingestão diária de alimentos pelas porcas lactantes é geralmente baixa logo após o parto, e aumenta gradativamente à medida que a lactação evolui, atingindo

seu máximo entre a segunda ou terceira semanas de lactação (KOKETSU et al., 1996). Devido a isto, é comum que as porcas mobilizem reservas corporais para suprir as necessidades energéticas e de nutrientes para a produção de leite e também para manter e estimular as taxas de crescimento da leitegada (MULAN & WILLIAMS, 1989). A partir do aumento da ingestão de alimentos, a fêmea inicia a recuperação do peso perdido. No entanto, geralmente menos de quatro semanas de lactação são insuficientes para que a fêmea recupere todo o peso perdido (REVELL & WILLIAMS, 1993). As formas mais comuns de avaliar esta perda de peso são pela medição da espessura de toucinho, profundidade de olho de lombo e do rendimento de carne magra na carcaça das fêmeas durante as diversas fases da lactação.

A análise da composição da perda de peso pela porca durante a lactação tem auxiliado a compreender as necessidades dessa fase. A composição do peso perdido por fêmeas alimentadas com dietas convencionais tem sido de aproximadamente 30% de gordura e 13% de proteína (NRC, 1998 ; WHITEMORE et al., 1980). A intensidade de perda de peso da fêmea durante o período de lactação interfere diretamente no intervalo desmama-cobertura. Uma excessiva perda de peso pelas fêmeas durante a lactação pode ser associado a problemas reprodutivos diversos, incluindo o aumento do intervalo desmame cio (REESE et al., 1984; BAIDOO et al., 1992).

2.3. COMPOSIÇÃO DO LEITE

A produção de leite é função da quantidade de nutrientes disponíveis para a glândula mamária e a sua capacidade de biossíntese dos mesmos. Existem alguns fatores que determinam os nutrientes secretados no leite: número e atividade das células epiteliais mamárias (maquinaria de síntese), disponibilidade de nutrientes, e grau de estimulação das glândulas mamárias com a remoção do leite pela progênie (BOYD et al., 1995).

Uma quantidade substancial de nutrientes é requerida pela glândula mamária para a síntese de leite, que deve ser suprida pela dieta e tecidos de reserva (adiposo, muscular e ósseo), segundo Bauman e Elliot (1983). Aproximadamente 65 a 70% do requerimento energético de uma porca em lactação são direcionados para a produção láctea (AHERNE & WILLIAMS, 1992). A glicose, triglicerídeos e aminoácidos representam 95% do carbono utilizado pela glândula mamária

(SPINCER et al., 1969), sendo a glicose, o principal precursor da lactose do leite (BOYD et al., 1995; BOYD & KENSINGER, 1998). A lactose restante do leite (aproximadamente 30%) é derivada do glicerol ou de outros precursores de glicose (BOYD & KENSINGER, 1998).

A composição de nutricional do leite da fêmea sofre alteração de acordo com o estágio da lactação. A quantidade de sólidos totais é maior durante a produção de colostro até seis horas após o parto, principalmente devido ao seu alto conteúdo de anticorpos (TROTIER & JOHNSTON, 2001).

O leite da porca contém aproximadamente 5,5% de proteína; 6,8% de gordura; 4,8% de lactose (BOYD et al., 1995). A composição do colostro apresenta sólidos totais: 25,6%; gordura: 5%; lactose: 3,1%; proteína total: 15,7%. Já entre a 24^a a 48^a hora a composição é de 18% sólidos; 6,1% de gordura; 4,7% de lactose e de 6,4% de proteína (KLOBASA et al., 1987).

A composição de nutrientes do leite pode ser alterada pela dieta da fêmea, no entanto, esta resposta é variável e está relacionado ao estado nutricional prévio da porca, estágio de produção e composição da dieta (TROTIER & JOHNSTON, 2001).

Pesquisas sobre composição de leite baseiam-se no fornecimento de dietas de lactação, à base de milho como fonte energética. Estudos mais profundos sobre alterações na composição de leite com base em dietas a base de subprodutos são relativamente escassas. O glicerol pode ser uma boa fonte energética para suprir as necessidades de porcas em lactação, pois, a oxidação dos triacilgliceróis libera o dobro de energia do que a liberada por igual massa de carboidratos, desde que não altere de forma significativa a composição do leite. Schieck et al. (2010), alimentando porcas em lactação com diferentes níveis de glicerol, encontraram indicativos de que as fêmeas utilizavam o glicerol provindo da dieta para síntese de lactose no leite, uma vez que os níveis de lactose do leite aumentou à medida que se aumentavam os níveis de glicerol das dietas.

2.4. PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS

A produção de biocombustíveis vem ganhando espaço devido ao aumento nos preços da energia, o acesso a fontes de petróleo cada vez mais restritas, além do impacto ambiental pela utilização de combustíveis fósseis (HILL et al., 2006; KURKI et al., 2006).

O biodiesel é um mono-alquil éster de ácidos graxos, derivado de óleos vegetais e gorduras animais, obtido através de um processo de transesterificação da gordura com alcoóis (metanol ou etanol), segundo Ramos et al. (2000). Ao final do processo de produção, ocorre a separação entre os ésteres de ácidos graxos, que constitui o biodiesel, e a fase aquosa, que consiste a glicerina bruta ou glicerol, excesso de álcool não reagido, água e outras impurezas (MENTEN et al., 2008).

Segundo a Agência Nacional do Petróleo (2011), em 2010, a produção de biodiesel no Brasil foi de aproximadamente 2,4 bilhões de litros. Como coproduto foi gerado cerca de 240 milhões de litros de glicerina bruta. Além de ser um subproduto da fabricação de biodiesel, o glicerol também pode ser originado do processo de fabricação de sabões e da produção de ácidos graxos (KNOTHE, 2006). Neste contexto, o glicerol puro, uma fonte prontamente disponível de energia, subproduto da geração de biodiesel, pode ser uma alternativa interessante na alimentação de suínos (LAMMERS et al., 2008).

O glicerol é o principal subproduto gerado na produção de biodiesel, sendo que aproximadamente 10 % do volume total de biodiesel produzido correspondem ao glicerol (DASARI et al., 2005).

Devemos ressaltar que o provável aumento da produção mundial de biodiesel, devido a crescente demanda por fontes renováveis de energia, gerará um excedente estoque de subprodutos, como exemplo o glicerol, que acarretará em menor custo deste ingrediente alternativo, tornando-o mais atrativo na utilização na alimentação animal.

2.5. GLICEROL

O glicerol é um composto orgânico pertencente à função de álcool, resultante da produção de biocombustíveis, sabões ou ácidos graxos. Também pode ser chamado de propano 1,2,3-triol (IUPAC, 1993 ; PANICO et al.,1993). É líquido à temperatura ambiente, inodoro, viscoso e de sabor adocicado. O termo glicerina refere-se à matéria-prima do produto na forma comercial, com pureza de 99,5% (Wikipédia, 2010).

Naturalmente a molécula de glicerol apresenta-se em formas combinadas com glicerídeos, em todas as gorduras animais e óleos vegetais (KNOTHE, 2006). Como exemplo, os triglicerídeos são compostos de três ácidos graxos ligados por uma ligação éster com o glicerol (AZAIN, 2000).

Quando purificado, o glicerol pode ser utilizado em vários ramos da indústria, como a fabricação de remédios, cosméticos, cremes dentais, espumas, resinas sintéticas, borrachas de ésteres, além do seu uso no setor alimentício (PERES et al., 2005). Estudos têm sido desenvolvidos para viabilizar o uso do glicerol na alimentação animal.

O glicerol é um componente do metabolismo normal dos animais, sendo encontrado na circulação sanguínea e nas células. Este nutriente pode ser derivado da lipólise do tecido adiposo, da hidrólise de triglicerídeos, da gordura dietética (LIN, 1977) ou ainda ser adicionado diretamente à dieta. Quando proveniente do tecido adiposo ou gordura dietética, o glicerol se encontra normalmente combinado a glicerídeos, principalmente na forma de triglicerídeos. Durante a digestão, os triglicerídeos são hidrolisados pela lipase pancreática para formar ácidos graxos livres e glicerol (BRODY, 1994). O glicerol resultante é solúvel em água, sendo absorvido pelo intestino delgado, podendo facilmente entrar no sistema sanguíneo via veia porta (SAMBROOK, 1986; LIN, 1977; TAO, 1983). A absorção intestinal do glicerol em ratos se mostrou variar de 70 a 80% (HOBER & HOBER, 1937). Esta rápida absorção se deve principalmente ao seu baixo peso molecular (GUYTON, 1991). O glicerol adicionado diretamente à dieta segue as mesmas rotas metabólicas.

No organismo animal, o glicerol é precursor do glicerol 3 fosfato (G3P) (LIN, 1977). Uma vez absorvido, o destino metabólico do glicerol pode ser direcionado, de

acordo com o tecido e do estado nutricional do animal, para o fornecimento de esqueleto carbônico para a gliconeogênese via fosforilação do glicerol-3-fosfato, sendo catalisado pela enzima glicerol kinase (PLUSKE, 2007) para a formação de glicose (EMMANUEL et al., 1983). Outra via é a transferência de equivalentes de redução do citosol para a mitocôndria para a fosforilação oxidativa pelo processo de glicólise e ciclo de Krebs, promovendo energia prontamente disponível (MOUROT et al., 1994; BEST, 2006; ROSENBROUGH et al., 1980). Pode ainda atuar como precursor da síntese de triglicerídeos e fosfolipídeos (síntese de novo de ácidos graxos ou como constituinte da molécula de triacilglicerol) (LIN, 1977; MENTEN et al., 2008).

Os triacilgliceróis ou triglicerídeos resultam da esterificação das três hidroxilas do glicerol por ácidos graxos de cadeia longa, principalmente o palmítico, oleico e esteárico. Os triacilgliceróis são a principal fonte de energia do organismo, pois, além de fornecerem nove Kcal/g, acumulam-se no meio intracelular na forma concentrada e anidra, tornando-o mais facilmente disponibilizado quando necessário. Devido a isso, contribuem com cerca de 80% do total de calorias da dieta (AIRES et al., 2008).

Nos fosfolipídeos, um grupo hidroxila do glicerol é esterificado pelo ácido fosfórico e os outros dois por ácidos de cadeia longa. Os fosfolipídeos mais abundantes são a fosfatidiletalona (ou cefalina) e a fosfatidilcolina (ou lecitina). Os dois são os principais componentes das membranas celulares (AIRES et al., 2008).

O glicerol também participa de maneira decisiva no balanço hídrico do organismo. A ingestão de glicerol pode aumentar a retenção de água em atletas (ROBERGS & GRIFFIN, 1998; COUTS et al., 2002). O consumo de glicerol mostrou reduzir a temperatura retal de atletas se exercitando em condição de estresse térmico (ANDERSON et al., 2001). Suínos respondem a condições de temperatura e umidade semelhantemente aos humanos.

Além disso, a ingestão de glicerol pode aumentar o glicerol plasmático em suínos, sendo o glicerol possível precursor da formação de glicose (ROBERGS & GRIFFIN, 1998). O fornecimento de glicose à glândula mamária é o principal fator limitante para a produção de lactose e conseqüentemente à produção de leite (BOYD et al., 1995). Lammers et al., (2008) citam que o glicerol bruto, provindo da fabricação de biocombustíveis contém 86,95% de glicerol puro, com energia

metabolizável para suínos de 3.207 kcal/kg, o que corresponde a 96% da energia metabolizável contida no milho e 40% da energia metabolizável do óleo de soja. Como consequência, o glicerol bruto pode vir a ser uma excelente fonte de energia para suínos.

2.6. UTILIZAÇÃO DE GLICEROL NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL

Poucos estudos foram realizados com o objetivo de analisar o potencial de uso do glicerol em dietas de suínos, principalmente fêmeas em lactação. Mourot et al. (1994), sugerem que a adição de 5% de glicerol bruto na dieta de suínos em terminação interferiu na qualidade da carne, reduzindo a perda de água por gotejamento e no cozimento do músculo longissimus dorsi (lombo) e semimembranosus (pernil). Estes resultados são consistentes com os encontrados por CERNEAU et al. (1994). No entanto, Kijora e Kupsch (1996), não encontraram melhora na qualidade da carne de animais que consumiram glicerol bruto ou puro, porém encontraram redução na perda da água por gotejamento e perda de água por pressão. Além disso, quando avaliado o desempenho zootécnico, os autores relatam ter havido maior consumo de ração e ganho de peso diário no grupo de animais que consumiram as dietas com glicerol.

Em estudo recente, Berenchtein (2008) conclui que a glicerina bruta pode ser usada na alimentação de suínos em crescimento e terminação, como ingrediente energético, até o nível de 9% sem afetar sensivelmente o desempenho, as características de carcaça e a qualidade da carne dos animais.

O glicerol participa do balanço de água do organismo. Estudos demonstraram que o uso de glicerol aumenta a retenção de água em atletas (COUTTS et al., 2002). A influência do glicerol no balanço hídrico pode ser observada em características de qualidade de carne como demonstrado em estudos de Mourot et al. (1994), Cerneau et al. (1994) e Kijora e Kupsch (1996).

Este papel do glicerol sobre o balanço hídrico do organismo pode ajudar na produção de leite de suínos. O glicerol fornecido via dieta pode aumentar o consumo de água pelas fêmeas em lactação, promovendo um aumento da produção láctea, uma vez que o leite é composto por 80% de água. A glicose também é um importante precursor para a produção da lactose, o açúcar do leite, na glândula

mamária. Desta forma, o uso de glicerol na alimentação de fêmeas suínas em lactação pode aumentar a produção de leite (JOHNSTON et al., 2003).

2.7. CUSTOS DE PRODUÇÃO

Dentro da cadeia suinícola, a alimentação é um dos fatores fundamentais, representando 70 a 75% dos custos totais da atividade (NUNES et al., 2001).

Aproximadamente 90% das dietas de suínos são compostas de milho e soja, sendo que estes insumos sofrem grandes variações de seu custo, principalmente por serem destinados também ao consumo humano (TRINDADE NETO et al., 1995).

Um exemplo da variação dos custos de produção pode ser observado no mercado do milho, onde em fevereiro de 2011, a saca de 60 kg atingiu a marca histórica de R\$ 32,50 (US\$ 20,06). Observando o mercado desde o ano de 2005, o pior preço nominal do milho ocorreu em abril de 2006, período em que a saca atingiu o valor de R\$ 13,81 (US\$ 8,53) (FERREIRA, 2011).

Segundo MAPA (2007), a demanda mundial do óleo de soja degomado vem crescendo 5% ao ano, desde 1990, sendo observado um crescimento mais expressivo das exportações, em detrimento do consumo doméstico. Como efeito disso, o aumento gradual dos custos deste produto deverá ser uma realidade, sem previsão de estabilidade entre oferta e procura nos próximos anos. Devemos ressaltar que este ingrediente é amplamente utilizado na nutrição de suínos, especialmente em rações de fêmeas lactantes e dietas pós desmame, devido sua característica energética.

Pesquisas envolvendo a utilização de alimentos alternativos, com destaque para os subprodutos ou resíduos, resultantes do processamento industrial de produtos agrícolas e de práticas modernas de mecanização agrícola, vêm ganhando crescente atenção (GOMES, 2006). Neste contexto, torna-se interessante o estudo sobre a utilização de alimentos, ingredientes ou subprodutos industriais, como exemplo subprodutos oriundos da produção de biodiesel (glicerol).

Entretanto, em relação ao glicerol, não existem na literatura dados que indiquem qual seria o preço que poderia ser pago por este subproduto, comparando com os níveis zootécnicos de produção suinícola que podem ser obtidos.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

As atividades experimentais foram realizadas em uma granja suinícola comercial na área rural do município de Itu/SP, durante 21 dias do mês de abril do ano de 2010.

As instalações foram tecnicamente projetadas e encontra-se em condições adequadas para a produção intensiva confinada de suínos em ciclo completo. A granja possui aproximadamente 1600 matrizes, sendo, a genética do plantel composta pela linhagem híbrida comercial Agroceres PIC®.

O setor de maternidade era composto por 12 salas, sendo que a sala utilizada apresentava 40 gaiolas parideiras, todas com piso vazado, cocho e bebedouros individuais para as fêmeas, escamoteadores e bebedouros para leitões.

Figura 1 - Fotografia da sala de maternidade

3.1. ANIMAIS E MANEJO

Para a realização deste experimento foram utilizadas 32 fêmeas pré-selecionadas em função da sua ordem de parição (3º ao 5º parto) e mantidas sob as mesmas condições ambientais, de sanidade e de manejo.

As atividades na maternidade iniciaram-se no momento da primeira parição, quando foi efetuado o manejo básico dos leitões como: secagem e limpeza do leitão, amarração, corte e desinfecção do umbigo. Depois de realizado os cuidados no parto, cada leitão foi pesado e identificado através de brincos. Posteriormente, foi realizada a observação da ingestão de colostro e aquecimento no escamoteador.

Figura 2 - Fotografia da identificação dos leitões

3.2. TRATAMENTOS

Este experimento teve como objetivo comparar o efeito da adição de diferentes níveis de glicerol (dietas experimentais), com o óleo de soja degomado (dieta controle) na dieta de fêmeas lactantes. Para isso, foram estruturados quatro tratamentos distintos. O primeiro tratamento baseou-se em uma dieta controle contendo óleo de soja degomado (ingrediente energético convencional) e os outros três tratamentos contendo crescentes níveis de glicerol (3, 6 e 9%; ingrediente energético alternativo), sendo estes ingredientes caracterizados como fonte energética na dieta das fêmeas em lactação.

A formulação da ração foi realizada utilizando o programa Optimal®, de forma a compor as quatro dietas isoenergéticas e isoaminoacéticas.

As composições centesimais encontram-se nas tabelas 1 e 2.

Tabela 1 – Composição centesimal das rações utilizadas no experimento

Ingredientes	Custo (R\$/kg)	Controle	3% Glicerol	6% Glicerol	9% Glicerol
Açúcar	R\$ 0,88	50,00	50,00	50,00	50,00
Óleo de Soja Degomado	R\$ 2,10	18,00	17,00	15,00	14,00
Glicerol	R\$ 1,95	-	30,00	60,00	90,00
Milho	R\$ 0,30	430,00	400,00	370,00	340,00
Salgadinho*	R\$ 0,30	150,00	150,00	150,00	150,00
Farelo de Soja, 46%	R\$ 0,52	279,00	280,00	282,00	283,00
Farinha carne e osso 44%	R\$ 0,49	25,00	25,00	25,00	25,00
Milho, Veículo	R\$ 0,30	4,44	4,52	4,60	4,68
Levedura	R\$ 3,85	15,00	15,00	15,00	15,00
Calcáreo 39%	R\$ 0,09	4,53	4,32	4,11	3,90
Fosfato. Bicalcico 18%	R\$ 1,11	10,00	10,00	10,00	10,00
Sulfato de Cobre 25%	R\$ 4,52	0,29	0,29	0,29	0,29
Cloreto Colina 60%	R\$ 2,24	1,44	1,46	1,48	1,50
DL-Metionina 98%	R\$ 10,65	0,87	0,94	1,01	1,08
L-Lisina 80%	R\$ 4,69	1,24	1,25	1,25	1,25
L-Treonina 98%	R\$ 8,43	0,87	0,90	0,94	0,98
Ácido orgânico	R\$ 5,33	2,00	2,00	2,00	2,00
Edulcorante**	R\$ 50,13	0,20	0,20	0,20	0,20
Palatabilizante	R\$ 0,30	2,00	2,00	2,00	2,00
Antioxidante 66%***	R\$ 6,26	0,20	0,20	0,20	0,20
Adsorvente ****	R\$ 7,17	2,00	2,00	2,00	2,00
Suplemento Mineral Vitamínico*****	R\$ 18,30	0,60	0,60	0,60	0,60
Biotina 0,2%	R\$ 11,09	0,32	0,32	0,32	0,32
Minerais Orgânicos*****	R\$ 7,47	2,00	2,00	2,00	2,00
Batida Total	(Kg)	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00
Preço Final	(R\$/Kg)	R\$ 0,59	R\$ 0,64	R\$ 0,69	R\$ 0,74

*Salgadinhos: á base de milho, trigo e batatas processados industrialmente.

** Aditivo edulcorante: Luctarom Sweet.

*** Aditivo antioxidante: Etoxiquim 66%.

**** Adsorvente e inativador de micotoxinas de amplo espectro: Mycofix Plus.

*****Suplemento Mineral Vitamínico: Selênio, 800 Mg/kg ; Vitamina A, 22.000.000,00 UI/kg ; Vitamina D3, 4.000.000,00 UI/kg ; Vitamina E, 80.000,00 Mg/kg ; Vitamina k3 8.000,00 Mg / kg ; Tiamina, 4.000,00 Mg/kg ; Riboflavina, 10.000,00 Mg/kg ; Piridoxina, 5.000,00 Mg/kg ; Vitamina B12, 60.000,00 Mcg/kg ; Niacina, 60.000,00 Mg/kg ; Ácido Pantotênico, 30.000,00 Mg/kg ; Ácido Fólico, 3.500,00 Mg/kg ; Biotina, 400.000,00 Mcg/kg.

*****Minerais Orgânicos: Sulfato ferroso, 100.000,00 Mg/kg ; Sulfato de cobre, 20.000,00 Mg/kg ; Sulfato de Manganês, 60.000,00 Mg/kg ; Óxido de Zinco, 140.000,00 Mg/kg ; Sulfato de Cobalto, 300,00 Mg/kg ; Iodato de Cálcio, 1.600,00 Mg/kg

Tabela 2 – Tabelas dos níveis nutricionais das rações

NÍVEIS NUTRICIONAIS		Controle	3% Glicerol	6% Glicerol	9% Glicerol
Energia Metabolizável	Kcal/Kg	3.400,00	3.400,00	3.400,00	3.400,00
Proteína Bruta	%	18,68	18,64	18,66	18,67
Lisina Digestível	%	1, 00	1, 00	1, 00	1, 00
Metionina Digestível	%	0,36	0,36	0,36	0,36
Metionina+Cistina Digestível	%	0,62	0,62	0,62	0,62
Treonina Digestível	%	0,70	0,70	0,70	0,70
Triptofano Digestível	%	0,17	0,17	0,17	0,17
Valina Digestível	%	0,79	0,79	0,79	0,79
Fibra Bruta	%	3,55	3,48	3,41	3,35
Cálcio - Fósforo Total	%	0,20	0,20	0,20	0,20
Fósforo Disponível	%	0,40	0,40	0,40	0,40
Sódio	%	0,21	0,31	0,41	0,51

3.3. AVALIAÇÕES REALIZADAS

Para avaliação da perda de peso corporal das fêmeas após o período de lactação, as matrizes foram pesadas antes da entrada na sala de maternidade e após sua saída.

Foi realizado controle do consumo de ração individual das fêmeas. Para isso, foram utilizados 32 baldes, um para cada fêmea. Estes baldes foram pesados individualmente com a ração específica que cada fêmea iria ingerir. Para melhor padronização, todos os baldes foram pesados após o final do último trato, com 10 kg cada. Ao longo do dia a ração era oferecida em dois horários, às 7h00 e às 16h00, conforme o manejo da granja. As sobras de ração de cada fêmea eram recolhidas e pesadas. Ao final do segundo trato, os baldes eram novamente pesados e o valor encontrado era descontado do valor inicial de 10 kg, com isso obtinha-se o consumo diário de cada fêmea.

Foram realizadas avaliações de carcaça *in vivo* (Figura 3), aos 7, 14 e 21 dias de lactação para avaliar possíveis perdas de massa corporal das fêmeas durante a fase lactacional. As variáveis analisadas foram Espessura de Toucinho (ET_1 e ET_2 , mm), Profundidade de Olho de Lombo (POL, mm) e Rendimento de Carne Magra (RCM, %), através da utilização de um equipamento de ultrassom denominado PIGLOG 105 (Versão 3.1, Empresa SFK – Technology, Dinamarca). Este aparelho apresenta capacidade para registro de dados de até 1.000 animais, registro do número da observação, data (dia, mês e ano), número do animal, localização - número da baia e/ou gaiola, idade (dias), peso corporal (Kg), espessura de toucinho nos pontos P_1 (Ponto P_1 – mensuração da espessura de toucinho no ponto P_1 , entre a penúltima e última vértebra lombar, 7 cm da linha média dorsal e perpendicular à pele; ETP_1) e P_2 (Ponto P_2 - mensuração da espessura de toucinho no ponto P_2 e da espessura de músculo, entre a penúltima e última vértebra torácica, 10 cm da linha média dorsal e perpendicular à pele; ETP_2), profundidade de olho de lombo e percentual de carne magra na carcaça.

Figura 3 - Fotografia do aparelho de ultrassom “PIGLOG 105”, em conjunto aos pontos de contato da sonda no animal para correta medição.

Após o desmame, as fêmeas foram acompanhadas até o momento da apresentação do cio, sendo avaliado desta forma o intervalo desmame-cio, análise de suma importância para o setor reprodutivo.

Para avaliar o desempenho dos leitões lactantes no período experimental, bem como analisar os efeitos dos tratamentos no seu desenvolvimento, estes animais foram identificados individualmente através de brincos e pesados no momento do seu nascimento e na desmama, 21 dias após.

Com a finalidade de adequar o experimento a uma correta composição mercadológica, foi realizado um estudo econômico, objetivando calcular a proporção exata do custo do uso do glicerol frente ao óleo de soja degomado, avaliando-se o desempenho obtido e a composição da formulação utilizada.

3.4. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O experimento foi realizado em delineamento de blocos casualizados, onde as 32 fêmeas foram distribuídas em oito blocos, de acordo com a ordem de parto (3ª a 5ª). Os tratamentos foram: grupo controle, alimentado com ração contendo óleo de soja degomado e grupo experimental, alimentado com ração contendo 3%, 6% e 9% de glicerol.

Os dados foram avaliados quanto à normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias, os quais foram submetidos à análise de variância. A comparação entre os tratamentos foi realizada utilizando-se a metodologia de contrastes ortogonais, através do procedimento GLM ou, para análise as variáveis com medidas repetidas no tempo, o procedimento MIXED do pacote estatístico SAS (Statistical Analysys System; SAS, 2004). Os contrastes utilizados estão apresentados na Tabela 1 e o nível de significância utilizado foi de 5%.

Tabela 3 - Esquema dos contrastes utilizados para análise dos dados

	Óleo degomado	Glicerol		
		3%	6%	9%
Óleo degomado X Glicerol	3	-1	-1	-1
Efeito linear do Glicerol	0	-1	0	1
Efeito quadrático do Glicerol	0	-1	2	-1

O modelo matemático utilizado foi:

$$y_{ij} = m + t_i + b_j + e_{ij}$$

onde:

m é uma constante (média geral) comum a todas as observações;

t_i é o efeito do i -ésimo tratamento, para $i = 1, 2, 3, 4$

b_j é o efeito do j -ésimo bloco, para $j = 1, 2, \dots, 8$

e_{ij} é um erro aleatório não observável atribuído à observação y_{ij}

3.5. ANÁLISE DE CUSTO

Com o objetivo de verificar a viabilidade econômica da utilização do glicerol nas dietas de fêmeas suínas em lactação, foram realizadas análises de custo para avaliar qual seria o preço ideal do glicerol quando comparado ao óleo de soja degomado. Para tal, a função do Custo da Composição da Dieta d (CCD_d , em R\$/kg) pode ser representada pelo somatório da multiplicação do preço unitário P_i (em R\$/kg) dos ingredientes i , pelas suas respectivas quantidades utilizadas Q_i (em kg):

$$CCD_d = \sum_i P_i \times Q_i, \text{ para todo o } i. \quad (1)$$

O interesse residiu na análise do efeito da inclusão de doses crescentes de glicerol (3, 6 e 9%) em substituição ao óleo de soja degomado (controle), como fonte energética. A expressão (1) pode ser decomposta para se analisar especificamente os dois componentes de interesse: o glicerol ($i = gli$), em seus diferentes níveis de inclusão e o óleo de soja degomado ($i = ole$), obtendo-se:

$$CCD_d = (P_{gli} \times Q_{gli}) + (P_{ole} \times Q_{ole}) + \sum_{i^*} P_i \times Q_i, \text{ sendo } i^* = i - \{gli \text{ e } ole\} \quad (2)$$

A função do Custo da Composição da Dieta d (CCD_d , em R\$/kg) pode ser representada pelo somatório da multiplicação do preço unitário P_i (em R\$/kg) dos ingredientes i , pela suas respectivas quantidades utilizadas Q_i (em kg):

$$CCD_d = \sum_i P_i \times Q_i, \text{ para todo o } i. \quad (1)$$

A expressão (1) pode ser decomposta para se analisar especificamente os dois componentes de interesse: o glicerol ($i = gli$) e o óleo de soja degomado ($i = ole$), obtendo-se:

$$CCD_d = (P_{gli} \times Q_{gli}) + (P_{ole} \times Q_{ole}) + \sum_{i^*} P_i \times Q_i, \text{ sendo } i^* = i - \{gli \text{ e } ole\} \quad (2)$$

Com base nestas equações, para cada um dos níveis de glicerol utilizado nas dietas da pesquisa, se calculou o preço ideal do glicerol para ser compatível à utilização do óleo de soja degomado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Tabelas 4 e 5 apresentam os resultados de todas as variáveis estudadas. Dentro dos níveis de glicerol utilizados nas dietas foram realizadas análises de contrastes, segundo os efeitos linear e quadrático. Estes dados são também apresentados no formato de gráficos para as diferentes variáveis utilizadas.

Tabela 4 – Variáveis estudadas em relação à fonte energética e suas porcentagens de substituição

Variável	Fontes energéticas							
	Óleo Degomado		3% Glicerol		6% Glicerol		9% Glicerol	
Fêmeas Lactantes								
Consumo dia, kg	7,02	± 0,42	7,22	± 0,46	6,49	± 0,70	6,75	± 0,37
Intervalo desmame ao cio, dias	3,75	± 0,71	3,86	± 0,69	4,13	± 0,64	4,00	± 0,82
Perda de peso, kg	30,00	± 10,03	20,00	± 5,73	25,88	± 8,15	25,88	± 8,15
Espessura de toucinho 1, mm	18,67	± 5,68	17,63	± 5,44	18,08	± 4,41	18,04	± 5,34
Espessura de toucinho 2, mm	13,58	± 3,62	13,71	± 2,60	14,67	± 3,70	15,08	± 4,56
Profundidade de olho de lombo, mm	44,46	± 5,88	46,54	± 7,03	44,22	± 7,69	45,08	± 8,98
Rendimento de carne magra, %	54,34	± 4,27	55,10	± 3,44	53,98	± 4,24	53,87	± 4,63
Leitões								
Ganho de peso médio, kg	4,73	± 0,57	3,79	± 0,36	4,08	± 0,52	4,34	± 0,38
Peso ao desmame, kg	6,30	± 0,61	5,39	± 0,60	5,42	± 0,69	5,47	± 0,72

Tabela 5 – Variáveis estudadas em relação à significância estatística (P)

Variável	P-valor contraste		
	Oleo de Soja Degomado	Linear Glicerol	Quadrática Glicerol
Fêmeas Lactantes			
Consumo dia, kg	0,29	0,06	0,05
Intervalo desmame ao cio, dias	0,49	0,65	0,56
Perda de peso, kg	0,05	0,12	0,37
Espessura de toucinho 1, mm	0,55	0,79	0,85
Espessura de toucinho 2, mm	0,32	0,22	0,78
Profundidade de olho de lombo, mm	0,62	0,48	0,39
Rendimento de carne magra, %	0,98	0,33	0,64
Leitões			
Ganho de peso médio, kg	<0,0001	0,05	0,91
Peso ao desmame ,kg	<0,0001	0,62	0,97

4.1. CONSUMO DE RAÇÃO DAS FÊMEAS

Não houve diferença estatística ($P>0,05$) do consumo diário de ração pelas fêmeas entre os tratamentos com óleo de soja degomado ou com os diferentes níveis de glicerol estudados (Tabelas 4 e 5). Estes resultados não estão de acordo com o obtidos por Kijora et al. (1997), que quando comparando outros ingredientes energéticos como óleos vegetais ou ácidos graxos nas dietas de suínos em terminação reportaram que a inclusão do glicerol proporcionou melhores consumos diários e consequentemente melhores ganhos de peso. Em outro experimento com animais nas fases de crescimento e terminação, Kijora e Kupsch (1996) usando dietas com 0, 5 ou 10% de glicerol encontraram aumento do consumo, acompanhado de aumento no ganho de peso, sem efeito consequente na conversão alimentar. Stevens et al. (2008), também encontraram aumento no consumo dos animais nas fases de crescimento e terminação conforme aumentaram os níveis de glicerol das dietas até 15%. Em animais na fase de creche, Groesbeck et al. (2008), testando níveis de 0, 3, 6 e 12% de glicerol nas dietas, obtiveram maiores consumos diários e melhores conversões alimentares conforme aumento da inclusão de

glicerol nas dietas. De acordo com estes autores, tal resultado seria justificado pelo sabor adocicado do glicerol que poderia ter aumentado a palatabilidade das dietas, atuando de maneira positiva no consumo dos animais, uma vez que em todos os estudos acima citados, nenhum outro palatabilizante foi incorporado à dieta dos animais. No presente experimento, este fato pode não ter sido observado em função das dietas das fêmeas já continham açúcar como fonte palatabilizante. A Figura 4 apresenta os resultados acima citados.

Figura 4 - Gráfico do consumo diário de rações entre os tratamentos com óleo de soja degomado ou com os diferentes níveis de glicerol estudados

Os resultados do presente trabalho estão de acordo com o obtidos por Shieck et al. (2010), os quais observaram que as porcas alimentadas com 3% de glicerol apresentaram, embora estatisticamente não significativo, maior consumo de ração quando comparado às fêmeas que receberam 6% de glicerol na dieta. Kijora et al. (1995), observaram menor consumo dos animais nas fases de crescimento e terminação quando se aumentou os níveis de glicerol. Os mesmos atribuíram este fato possivelmente pela alteração da forma física da ração, que apresentou formação de grumos, impedindo a fluidez da ração nos comedouros. Este fato não foi observado no presente experimento.

A relação entre a produção de leite, mudanças de peso e composição corporal e a ingestão diária de alimentos das porcas durante a lactação é complexa, e os controles de partição dos nutrientes ingeridos entre a produção de leite, deposição ou mobilização de reservas corporais são pobremente compreendidas.

Em suínos, o nível de glicerol na circulação sanguínea também é um indicador utilizado para medir as taxas de metabolismo da gordura corporal (REVELL et al., 1998). O glicerol é prontamente liberado na corrente sanguínea, mesmo quando provindo da quebra de triacilgliceróis do tecido adiposo do organismo, como quando adicionado à dieta. As porcas em lactação utilizam as taxas de metabolismo da gordura corporal, que tem como produto o glicerol, para monitorar o estatus energético e regular a ingestão de alimentos (WILLIAMS et al., 1998).

Revell et al. (1998), comparando porcas obesas (349 g de gordura/kg de peso) com porcas magras (280 g de gordura/kg de peso), reportaram redução de 30% no consumo de ração das obesas e maiores taxas de glicerol e ácidos graxos não esterificados na circulação sanguínea. Quando as porcas são alimentadas com dietas contendo níveis variados de glicerol, os níveis plasmáticos deste aumentam, conforme demonstrado por Schieck et al. (2010), que encontraram maiores concentrações quando as porcas foram alimentadas com níveis de 6% de glicerol, em relação a uma dieta controle a base de milho como ingrediente energético. Uma das possibilidades é que este aumento na concentração plasmática de glicerol das fêmeas pode refletir na redução da ingestão diária de alimentos.

Pesquisa utilizando ratos como modelo experimental, revelou pequenas perdas de peso e redução de ingestão diária de alimentos, quando administrado glicerol via subcutânea. A administração oral de glicerol em ratos também se mostrou efetiva para reduzir o peso corporal e diminuir o consumo diário de alimentos (COPPACK et al., 1999).

4.2. PERDA DE PESO DAS FÊMEAS E CARACTERÍSTICAS DE CARCAÇA

As fêmeas alimentadas com óleo de soja degomado não apresentaram perda de peso ($p=0,05$) quando comparado com as alimentadas com crescentes níveis de

glicerol (Tabela 4 e 5; Figura 5). O mesmo foi observado quando comparado os diferentes níveis (entre si) de inclusão de glicerol na dieta.

Figura 5 - Gráfico da perda de peso das fêmeas entre os tratamentos com óleo de soja degomado ou com os diferentes níveis de glicerol estudados

Não houve diferença entre as fontes energéticas ou níveis de substituição analisados, em relação às variáveis relativas às características de carcaça, como rendimento de carne magra, profundidade de olho de lombo e espessura de toucinho (Tabelas 4 e 5 e Figuras 5, 6 e 7).

Estes dados sugerem que não houve necessidade de mobilização de gordura subcutânea e músculo para suprir as necessidades nutricionais das fêmeas avaliadas.

Haese (2007), credita grande importância ao estudo das exigências nutricionais, uma vez que a excessiva mobilização de reservas corpóreas reduz a produção de leite, consequentemente afetando o desempenho dos leitões lactantes, e a fertilidade subsequente da porca.

Figura 6 - Gráfico do rendimento de carne magra das fêmeas entre os tratamentos com óleo de soja degomado ou com os diferentes níveis de glicerol estudados

Figura 7 - Gráfico da profundidade de olho de lombo das fêmeas entre os tratamentos com óleo de soja degomado ou com os diferentes níveis de glicerol estudados

Figura 8 - Gráfico da espessura de toucinho das fêmeas entre os tratamentos com óleo de soja degomado ou com os diferentes níveis de glicerol estudados

Schieck et al. (2010), também não encontraram diferenças estatísticas significativas em relação ao peso corporal, deposição de gordura ou no intervalo desmame cio de porcas alimentadas com diferentes níveis de glicerol. No entanto, as porcas com maior ordem de parição apresentaram maior deposição de gordura no momento do parto e do desmame quando alimentadas com dieta à base de milho. Estes resultados estão de acordo com os encontrados para animais nas fases de crescimento e terminação quando alimentados com dietas contendo glicerol (MOUROT et al., 1994).

Lammers et al. (2008) e Kijora et al. (1995), também não observaram diferenças significativas em relação às características de carcaça de animais na fase de crescimento quando alimentados com dietas contendo glicerol.

4.3. INTERVALO DESMAME CIO

Não houve diferença estatística ($P>0,05$) no intervalo desmame cio entre as porcas que foram alimentadas com a dieta controle e aquelas alimentadas com diferentes níveis de glicerol (Tabelas 4 e 5; Gráfico 6).

Schieck et al. (2010), também não encontraram diferenças significativas deste parâmetro e na porcentagem de porcas que retornaram ao cio após o desmame, em porcas alimentadas em dietas convencional ou dietas contendo diferentes níveis de inclusão de glicerol.

Figura 9 - Gráfico do intervalo desmame cio das fêmeas entre os tratamentos com óleo de soja degomado ou com os diferentes níveis de glicerol estudados

4.4. PESOS DOS LEITÕES

Em relação ao ganho de peso dos leitões, bem como o peso a desmama, foi possível observar que os filhotes oriundos de fêmeas alimentadas com ração contendo óleo de soja degomado, apresentaram maior ganho de peso (660g) no período de aleitamento ($P<0,05$) quando comparados com leitões cujas mães foram alimentadas com glicerol na composição da ração (Tabela 4 e 5).

Segundo Budiño (2006), uma melhora no desempenho dos leitões pode ser alcançada pela elevação da densidade calórica da dieta através da inclusão de gorduras. Em seu experimento, foram fornecidas, a 69 porcas, ao longo de três ciclos reprodutivos consecutivos, dietas à vontade, à base de milho e farelo de soja, com e sem a adição de óleo de soja. Com isso, foi observado que a adição de óleo de soja promoveu uma maior quantidade de energia disponível aos leitões, acarretando aumento significativo do peso das leitegadas ao desmame. O leite destas porcas suplementadas com óleo de soja degomado apresentaram 7,13% de gordura na composição do leite. Em contrapartida, Shieck et al. (2010), estudando os níveis 3, 6 e 9% de inclusão de glicerol em dietas de lactação, observaram que com a inclusão de 6% de glicerol na dietas das fêmeas, foi obtido o valor máximo de gordura no leite, sendo este 5,5%. Esta diferença entre os valores de gordura (1,63%) observados pelos autores, nas diferentes fontes energéticas da dieta, pode sugerir que existe a possibilidade do óleo de soja degomado interferir de forma mais ativa que o glicerol na composição do leite, aumentando a porcentagem de gordura do mesmo. A veracidade desta hipótese justificaria a diferença significativa do peso dos leitões, filhos de mães que consumiram a ração controle (óleo de soja degomado) e os demais tratamentos (glicerol).

Entre os níveis de glicerol, não houve efeito significativo para este parâmetro de acordo com as diferentes porcentagens de substituição (3, 6 e 9%), como apresentado nos Gráficos 7 e 8. Entretanto, os leitões desmamados de fêmeas alimentadas com o maior nível de inclusão de glicerol na dieta, apresentaram um peso médio superior de 560g quando comparados aos animais oriundos de porcas que receberam dietas contendo o menor nível de inclusão de glicerol. É importante salientar que um maior peso dos leitões a desmama acarreta em um maior peso do suíno ao abate ou em uma redução do período de acabamento destes animais para o abate.

Figura 10 - Gráfico do ganho de peso médio dos leitões entre os tratamentos com óleo de soja degomado ou com os diferentes níveis de glicerol estudados

Figura 11 - Gráfico do peso médio ao desmame dos leitões entre os tratamentos com óleo de soja degomado ou com os diferentes níveis de glicerol estudados

O fornecimento de glicose à glândula mamária é o principal fator limitante para a produção de lactose e consequentemente para a produção de leite (BOYD et al., 1995). Robergs e Griffin (1998), alimentando suínos em crescimento com dietas contendo diferentes níveis de inclusão de glicerol, encontraram aumento da concentração plasmática de glicerol. Vale ressaltar que o glicerol pode ser precursor da glicose, que, por sua vez pode chegar à glândula mamária para ser convertida à lactose.

Shieck et al. (2010), encontraram efeito linear crescente na quantidade de lactose no leite, conforme aumentavam a inclusão de glicerol nas dietas, demonstrando que as fêmeas metabolizaram o excesso de glicerol plasmático em glicose, via gliconeogênese, sendo esta glicose transformada em lactose e secretada no leite pela glândula mamária. No entanto, os autores encontraram uma redução de ganho de peso dos leitões a medida que o nível de glicerol dietético aumentava de 0 para 6%. Os autores esperavam encontrar maior ganho de peso diário dos leitões, pois observaram maior concentração de lactose no leite das porcas alimentadas com glicerol, o que deveria aumentar a produção de leite. A justificativa sugerida seria de que a diminuição, embora não significativa, do número de leitões nas leitegadas dos grupos alimentados com glicerol (9,86 do controle; 9,70 do grupo com 3%; 9,70 do grupo com 6% e 9,65 do grupo com 9% de glicerol nas dietas), reduziria o número de glândulas funcionais produtoras de leite, causando assim a redução na produção láctea e consequentemente, do ganho de peso diário dos leitões. Estas sugestões estão de acordo com as observações de Boyd et al. (1995), segundo os quais, a quantidade de leite produzida seria função entre outros fatores relativos à estimulação das glândulas mamárias associado ao consumo do leite pela progênie.

4.5. ESTUDO ECONÔMICO

O interesse do estudo reside na análise do efeito da inclusão de doses crescentes de glicerol em substituição ao óleo de soja degomado, como fonte energética. Deve-se considerar, porém, que outros elementos também tiveram suas composições alteradas entre as dietas, visando o adequado suprimento nutricional dos animais.

Na presente pesquisa foram utilizadas quatro dietas: controle ($d = 0$), dieta com 3% de glicerol ($d = 3$), dieta com 6% de glicerol ($d = 6$) e dieta com 9% de glicerol ($d = 9$).

A partir dos dados de preços dos produtos no mercado e das formulações das dietas, têm-se as seguintes expressões a partir de (2):

$$CCD_0 = 0,5533 + 18.10^{-3} P_{ole} = 0,5911 \quad (3)$$

$$CCD_3 = 0,5459 + 30.10^{-3} P_{gli} + 17.10^{-3} P_{ole} = 0,6401 \quad (4)$$

$$CCD_6 = 0,5391 + 60.10^{-3} P_{gli} + 15.10^{-3} P_{ole} = 0,6876 \quad (5)$$

$$CCD_9 = 0,5320 + 90.10^{-3} P_{gli} + 14.10^{-3} P_{ole} = 0,7369 \quad (6)$$

Com tais expressões, é possível identificar-se os preços do glicerol em relação aos do óleo de soja degomado – relação esta doravante denominada preço relativo dos ingredientes, P_{gli}/P_{ole} - que igualem os custos das dietas, originando as chamadas “dietas isocustos”. Em outras palavras, procura-se identificar qual a relação de preços que faz com que, economicamente, seja indiferente (mesmo CCD) o uso de um ou outro ingrediente.

Considerando a dieta controle em relação àquela com 3% de glicerol (7):

$$CCD_0 = CCD_3 \quad (7)$$

$$0,5533 + 18 \cdot 10^{-3} P_{ole} = 0,5459 + 30 \cdot 10^{-3} P_{gli} + 17 \cdot 10^{-3} P_{ole}$$

$$P_{gli} = 0,24667 + \frac{P_{ole}}{30} \quad (8)$$

Considerando a dieta controle em relação àquela com 6% de glicerol (9):

$$CCD_0 = CCD_6 \quad (9)$$

$$0,5533 + 18 \cdot 10^{-3} P_{ole} = 0,5391 + 60 \cdot 10^{-3} P_{gli} + 15 \cdot 10^{-3} P_{ole}$$

$$P_{gli} = 0,23667 + \frac{P_{ole}}{20} \quad (10)$$

Considerando a dieta controle em relação àquela com 9% de glicerol (11):

$$CCD_0 = CCD_9 \quad (11)$$

$$0,5533 + 18 \cdot 10^{-3} P_{ole} = 0,5320 + 90 \cdot 10^{-3} P_{gli} + 14 \cdot 10^{-3} P_{ole}$$

$$P_{gli} = 0,23667 + \frac{P_{ole}}{22,5} \quad (12)$$

Com as expressões (8), (10) e (12), é possível calcular o preço relativo dos ingredientes que originaria dietas isocustos, a partir da atribuição de preços para o óleo de soja degomado, conforme o Quadro a seguir (Figura 12):

Variação em P_{ole}	P_{ole} (R\$/kg)	P_{gli} (R\$/kg)			P_{gli} / P_{ole}		
		Níveis do glicerol na dieta (%)					
		3	6	9	3	6	9
-15%	1,79	0,31	0,33	0,32	17,2%	18,3%	17,7%
-10%	1,89	0,31	0,33	0,32	16,4%	17,5%	17,0%
-5%	2,00	0,31	0,34	0,33	15,7%	16,9%	16,3%
Preço base	2,10	0,32	0,34	0,33	15,1%	16,3%	15,7%
+5%	2,21	0,32	0,35	0,33	14,5%	15,7%	15,2%
+10%	2,31	0,32	0,35	0,34	14,0%	15,2%	14,7%
+15%	2,42	0,33	0,36	0,34	13,5%	14,8%	14,2%

Figura 12 – Quadro da atribuição de preços ao óleo de soja degomado na elaboração de dietas isocustos

Os resultados permitem concluir que, para que não ocorra elevação dos custos da dieta, as inclusões de diferentes níveis de glicerol seriam viáveis se seu preço estivesse entre 13,5% a 18,3% do preço do óleo de soja degomado, variando essa porcentagem em função do preço nominal do óleo de soja degomado e do nível de inclusão do glicerol.

Em outras palavras, os preços do quilograma do glicerol, que atualmente estão ao redor de R\$ 1,95 (US\$ 1,20), deveriam cair para algo entre R\$ 0,31 a R\$ 0,36.

5. CONCLUSÕES

A possibilidade da utilização do glicerol como fonte energética alternativa é viável na alimentação de fêmeas suínas lactantes, entretanto, nos níveis estudados, esta utilização é limitante quanto ao desempenho dos leitões e quanto ao preço deste subproduto no mercado.

Para uma melhor avaliação do glicerol, são necessários maiores estudos, principalmente no quesito dos seus efeitos sobre a composição láctea de porcas suplementadas com este subproduto.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>>. Acesso em: 23 ago. 2011.

AIRES, M. A.; LUCAS JR, J.; XAVIER, C. A. N.; MIRANDA, A. P.; FUKAYAMA, E. H. Dilution and separation of solids and liquids of broiler litter for supply of digester. In: CIGR - INTERNATIONAL CONFERENCE OF AGRICULTURAL ENGINEERING, XXXVII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 37., 2008, Foz do Iguaçu-PR. **Anais...** Foz do Iguaçu-PR Brasil, 2008.

ANDERSON, M.J., COTTER, J.D., GARNHAM, A.P. Effect of glycerol-induced hyperhydration on thermoregulation and metabolism during exercise in the heat. **Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.**, v. 11, p. 315-333, 2001.

AZAIN, M. J.; HAUSMAN, D. B.; SISK, M. B.; FLATT, W. B.; JEWELL, D. E. Dietary conjugated linoleic acid reduces rat adipose tissue cell size rather than cell number. **J. Nutrition**, v. 130, p. 1548-1554, 2000.

AHERNE, F.X.; WILLIAMS, I.H. Nutrition for optimizing breeding herd performance. **Veterinary Clinical North American Food Animal Practice**, v. 8, p.589-608, 1992.

BAIDOO, S. K., AHERNE, F. X., KIRKWOOD, R.N. and FOXCROFT, G. R. (1992). Effect of feed intake 129 during lactation and after weaning on sow reproductive performance. **J. Anim. Sci.** 72: 911- 130 917.

BAUMAN, D. E.; ELLIOT, J. M. **Biochemistry of lactation**. In: MEPHAM, T. B. (Ed.). Amsterdam: Elsevier, 1983. p.437-468.

BERENCHTEIN, B. **Utilização de glicerol na dieta de suínos em crescimento e terminação**. 2008. 45 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Programa Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

BEST, P. Increased biofuel production will grow supplies of by-products: Glycerine gives in energy option. **Feed Int.**, Los Gatos, v. 55, n.12, p. 20-21, 2006.

BOYD, R.D.; KENSINGER, R.S. 1998. **Metabolic precursors for milk synthesis.** VERSTEGEN, M.W.A.; MOUGHUN, P.J.; SCHRAMA, J.W. (Ed.) *The Lactating Sow.* Wageningen : Wageningen Press, 1998. p. 71-95.

BOYD, R.D.; KENSINGER R.S.; HARREL, R.J.; BAUMAN, D.E.. Nutrient uptake and endocrine regulation of milk synthesis by mammary tissue of lactating sows. **J. Anim. Sci.**, v. 73, p. 36-56, 1995.

BRODY, T. **Nutritional biochemistry.** Califórnia: Academic Press, 1994. 658 p.

BUDIÑO, F.E.L. **Considerações sobre nutrição de porcas nas fases de gestação e lactação.** 2006. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2006_3/Suinos/index.htm>. Acesso em: 19 ago. 2011.

CERNEAU, P.; MOUROT, J.; PEYRONNET, C. Effet du glycérol alimentaire sur la qualité de la viande de porc et le rendement technologique du jambon cuit. **Journées de la Recherche Porcine en France**, v. 26, p. 193–198, 1994.

COPPACK, S. W.; PERSSON, M.; JUDD, R. L.; MILES, J. M. Glycerol and nonesterified fatty acid metabolism in human muscle and adipose tissue in vivo. **American J. of Physiology**, v. 276, p. E233-240, 1999.

COUTTS, A.; REABURN, P.; MUMMERY, K.; HOLMES, M. The effect of glycerol hyperhydration on Olympic distance triathlon performance in high temperatures. **Int J. Sports Nutr. Exerc. Metab.**, v.12, p. 105-119, 2002.

DEN HARTOG, L.A.; NOORDEWIER, G.J. The effect of energy intake at puberty in gilts. **Neth J. Agricultural Sci.**, v. 32, p. 263-280, 1984.

DEN HARTOG, L. A.; BOER, H.; BOSCH, M. W.; KLAASSEN, G. J.; VAN DER STEEN, H.A.M. The effect of feeding level, stage of lactation and method of milk sampling on the composition of milk (fat) in sows. **J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.**, v. 58, p. 253-261, 1987.

DASARI, M.A.; KIATSIMKUL, P.P.; SUTTERLIN, W.R.; SUPPES, G.J. Low-pressure hydrogenolysis of glycerol to propylene glycol. **Appl. Catal. A-Gen.**, v. 281, p. 225, 2005.

EMMANUEL, B.; BERZINS, R.; ROBBLEE, A. R. Rates of entry of alanine and glycerol and their contribution to glucose synthesis in fasted chickens. **Br. Poult. Sci.**, v. 24, p. 565-571, 1983.

EWAN, R.C. Energy utilization in swine nutrition. In: MILLER, E.R.; ULLREY, D.E.; LEWIS, A.J. (Ed.). **Swine nutrition**. Stonehan: Butterworth-Heinemann, 1991. p.121-132.

FERREIRA, W. Tendências de Mercado. Disponível em: www.apcs.com.br/portal/tendencias-de.../tendencias-de-mercado.doc, Acesso em: 05 de out. 2011.

GERRITS, R.J.; LUNNEY, J.K.; JOHNSON, L.A.; PURSEL, V.G.; KRAELING, R.R.; ROHRER, G.A.; DOBRINSKY, J.R. Perspectives for artificial insemination and genomics to improve global swine populations. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON BOAR SEMEN PRESERVATION, 5., 2005, **Proceedings...** Doorwerth: Theriogenology, 2005. v. 63, p. 283-299.

GOMES, J.D.F. Efeitos do incremento da fibra em detergente neutro na dieta de suínos sobre a morfologia dos órgãos digestivos e não digestivos. **Brazilian J. Veterinary Research and Animal Sci.**, v. 43, n. 2, p. 202-209, 2006.

GOMES, J.D.F. **Efeitos do incremento de fibra em detergente neutro, sobre parâmetros de desempenho, de digestibilidade dos componentes dietéticos e da morfologia intestinal das marrãs**. 1996. 110 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 1996.

GUYTON, A. C. **Tratado de fisiologia médica**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1991.

HAESE, D. Validação das relações de aminoácidos com a lisina digestível e avaliação de diferentes densidades nutricionais em rações para porcas em lactação. 2007. 54f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, 2007.

HARRELL, R.J.; THOMAS, M.J.; BOYD, R.D. Limitations of sow milk yield on baby pig growth. **J. Animal Sci.** p.156–164, 1993.

HILL, J.; NELSON, E.; TILMAN, D. Environmental, economic, and energetic costs and benefits of biodiesel and ethanol biofuels. **PNAS**, v. 103, p. 11206-11210, 2006.

HOBER, R.; HOBER, J. Experiments on the absorption of organic solutes in the small intestine of rats. **J. Cell. Comp. Physiol.**, v. 10, p. 401-422, 1937.

INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY (IUPAC). **Guia IUPAC para a nomenclatura de compostos orgânicos**. Tradução de Anan Cristina Fernandes, Bernardo Herold, Hernani Maia, Amélia Pilar Rauter e José Augusto Rosário Rodrigues. Lisboa: Lidel, 2001

JOHNSTON, L. J.; PETTIGREW, J. E.; BAIDOO, S. K.; SHURSON, G. C.; WALKER, R. D. Efficacy of sucrose and milk chocolate product or dried porcine solubles to increase feed intake and improve performance of lactating sows. **J. Animal Sci.**, v. 81, p. 2475–2481, 2003.

KERTILES, L.P.; ANDERSON, L.L. Effecte of relaxin on cervical dilation, parturition and lactation in pig. **Biol. Reprod.**, v. 21, p. 57, 1979.

KIJORA, C.; KUPSCH, R.D. Evaluation of technical glycerols from biodiesel production as feed component in fattening pigs. **Fett/Lipid**, v. 98, p. 240-245, 1996.

KLOBASA, F.; WERHAHN, E. BUTLER, J.E. Composition of sow milk during lactation. **J. Anim. Sci.** v. 64, p. 1458-1466, 1987.

KNOTHE, G. **Manual do biodiesel**. São Paulo: Edgard Blucher, 2006. 340 p.

KOKETSU, Y.; DIAL, G.D.; PETTIGREW, J.E. et al. Influence of imposed feed intake patterns during lactation on reproductive performance and on circulating levels of glucose, insulin, and luteinizing hormone in primiparous sows. **J. Animal Sci.** Minnesota, v.74, n.5, p.1036-1046, 1996.

KURKI, A.; HILL, A.; MORRIS, M. **Biodiesel**: The sustainability dimensions. ATTRA, 2006. 12 p.

LAMMERS, P.J.; KER, B.J.; WEBER, T.E.; BREGENDAHL, K.; LONERGAN, S.M.; PRUSA, K.J.; AHN, D.U.; STOFFREGEN, W.A.; DOZIER, W.A.; HONEYMAN, M.S. Growth performance, carcass characteristics, meat quality, and tissue histology of growing pigs fed crude glycerin-supplemented diets. **J. Anim. Sci.**, v. 86, p. 2962-2970, 2008.

LIN, E.C.C. Glycerol utilization and it's regulation in mammals. **Annu. Rev. Biochem.**, v. 46, p. 765–795, 1977.

MAPA. Cadeia produtiva da soja, 2007. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Política Agrícola, Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura ; coordenador Luiz Antonio Pinazza. – Brasília : IICA : **MAPA/SPA**, 2007 v. 2. 116 p..

MENTEN, J.F.M.; PEREIRA, P.W.Z.; RACANICCI, A.M.C. Avaliação da glicerina proveniente do biodiesel como ingrediente para rações de frangos de corte. In: CONFERÊNCIA APINCO 2008 DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2008, Santos. **Anais...** Campinas: Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2008. p. 66.

MOUROT, J.; AUMAITRE, A.; MOUNIER, A.; PEINIAU, P.; FRANÇOIS, A.C. Nutritional and physiological effects of dietary glycerol in the growing pig. Consequences on fatty tissues and post mortem muscular parameters. **Livestock Production Sci.**, v. 38, p. 237-244, 1994.

MULLAN, B.P.; WILLIAMS, I.H. The chemical composition of sows during their first lactation. **Anim. Prod.**, v. 51, p. 375, 1990.

NOBLET, J.; ESTIENE, M. Metabolic utilization of energy and maintenance requeriments in lactating sows. **J. Anim. Sci.**, v. 64, p. 774, 1987.

NOBLET, J.; ETIENNE, M. Estimation of sow milk nutriende output. **J. Anim. Sci.**, v. 67, p. 3352-3359, 1989.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrients requeriments of swine**. 10.ed. NW Washington, D.C.: National Academic Press, 1998.

NUNES, R.V.; BUTERI, C.B.; NUNES, N.W. Fatores antinutricionais dos ingredientes destinados à alimentação animal. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS, 2001, Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA, 2001. p. 1-20.

PANICO, R.; POWELL, W. H.; RICHER, J.C. **A guide to iupac nomenclature of organic compounds recommendations**. 1993. Oxford: Blackwell, 1993. 190 p.

PERES, J.R.R.; FREITAS JUNIOR, E.; GAZZONI, D.L. Biocombustíveis. Uma oportunidade para o agronegócio brasileiro. **Revista de Política Agrícola**, v. 1, p. 31-41, 2005.

PLUSKE, J. **Evaluation of glycerine as co-product of biodiesel production for the pig industry**. Subiaco: Pork Cooperative Research Center, 2007. 200 p. (Supplement).

RAMOS, L. P. **Aproveitamento integral de resíduos agrícolas e agroindustriais**. 2000. Disponível em:
 <http://www.asfagro.org.br/trabalhos_tecnicos/biodiesel/combustivel> Acesso em: 13 jun. 2010.

REESE, D. E.; PEO JR., E. R.; LEWIS, A. J. Relationship of lactation energy intake and occurrence of post weaning estrus to body and backfat composition in sows. **J. Animal Sci.**, v. 58, n. 5, p. 1236-1244, 1984.

REVELL, D.K. et al. Body composition at farrowing and nutrition during lactation affect the performance of primiparous sows: I. Voluntary feed intake, weight loss, and plasma metabolites. **J. Animal Sci.**, v.76, p.1729-1737, 1998.

RODIGHERI, J. A. **Carne Suína: produção, mercado e perspectivas**. 2011. Disponível em:
 <http://cepa.epagri.sc.gov.br/Informativos_agropecuarios/Carnes/carnes_11.05.2011.htm>. Acesso em: 23 ago. 2011.

ROBERGS, R.A.; GRIFFIN, S.E. Glycerol: biochemistry, pharmacokinetics and clinical practical applications. **Sports Med.**, v. 26, p. 145-167, 1998.

ROPPIA, L. Perspectivas da produção mundial de carnes, 2006 a 2030. Revista Suinocultura Industrial, nº 34. p. 16-27. 2006.

ROSEBROUGH, R. W.; GEIS, E.; JAMES, P.; OTA, H.; WHITEHEAD, J. Effects of dietary energy substitutions on reproductive performance feed, efficiency and lipogenic enzyme activity on large white turkey hens. **Poult. Sci.**, v. 59, p. 1485-1492, 1980.

SAS INSTITUTE 9.1: users guide. Carey: SAS Institute, 2004. 1040p.

SAMBROOK, J.; FRITSCH, E.F.; MANIATIS, T. **Molecular cloning: a laboratory manual**. 2nd ed. Cold Spring Harbor, New York: Cold Spring Harbor Laboratory Press 1989.

SCHIECK, S.J.; KERR, B.J.; BAIDOO, S.K.; SHURSON, G.C.; JOHNSTON, L.J. Use of crude glycerol, a biodiesel coproduct, in diets for lactating sows. **J. Anim. Sci.**, v. 88, p. 2648-2656, 2010.

SPINCER, J.; ROOK, J. A. F.; TOWERS, K. G. The uptake of plasma constituents by the mammary gland of the sow. **Biochem. J.**, v. 111, p. 727-35, 1969.

STEVENS, J.; SCHINCKEL, A.; LATOUR, M.; KELLY, D.; SHOLLY, D.; LEGAN, B.; RICHERT, B. Effects of feeding increasing levels of glycerol with or without distillers dried grain with soluble in the diet on grow-finish pig growth performance and carcass quality. **J. Anim. Sci.**, v. 86, p. 606, 2008.

TAO, R. C.; KELLEY, R.E.; YOSHIMURA, N.N.; BENJAMIN, F. Glycerol: it's metabolism and use as an intravenous energy source. **J. Parenteral Enteral Nutr.**, v.7, p. 479-488, 1983.

THOMPSON, J.C.; HE, B.B. Characterization of crude glycerol from biodiesel production from multiple feedstocks. **App. Eng. Agr.**, v. 22, p. 261-265, 2006.

TRINDADE NETO, M.A.; LIMA, J.A.F.; FIALHO, E.T.; OLIVEIRA, A.I.G. Farelo de glúten de milho (FGM) para suínos em crescimento e terminação. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 24, n. 1, p. 108-116, 1995.

TROTTIER, N.L.; JOHNSTON, L.J. Feeding gilts during development and sows during gestation and lactation. In: LEWIS, A.J.; SOUTHEM, L.L. **Swine nutrition**. 2nd ed. New York: CRC, 2001. p. 726-760.

U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). Budget summary and anual performance plan U.S. Department of Agriculture. 2010. Disponível em: <<http://www.obpa.usda.gov/budsum/FY10budsum.pdf>>. Acesso em: 23 ago. 2011.

WHITTEMORE, C.T.; FRANKLIN, M.F.; PEARCE, B.S. Fat changes in breeding sows. **Anim. Prod.**, v. 31, p. 183, 1980.

WIKIPÉDIA. **Biodiesel**. 2010. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Biodiesel>>. Acesso em: 23 jun. 2011.