

GLICEROL NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL

JOSÉ FERNANDO MACHADO MENTEN¹

VALDOMIRO SHIGUERU MIYADA¹

BERNARDO BERENCHTEIN²

¹Professor Titular – Departamento de Zootecnia – ESALQ/USP – Piracicaba, SP

²Zootecnista – Aluno de Pós-Graduação – ESALQ/USP – Piracicaba, SP

1. Introdução

A energia tornou-se, no cenário atual, um fator fundamental para o desenvolvimento dos países, haja vista a dependência no emprego de tecnologias promotoras do desenvolvimento socioeconômico local. Entretanto, do total da energia consumida em todo o mundo, cerca de 90% provém de fonte fóssil, sendo esta esgotável. Com isso, vislumbra-se cada vez mais a necessidade em se pesquisar e desenvolver novas fontes alternativas de energia, tal como o biodiesel, como forma de ampliar e diversificar a oferta energética, de maneira ambientalmente sustentável (Sousa et al., 2006).

O biodiesel é definido como um mono-alquil éster de ácidos graxos, derivado de fontes renováveis, tais como óleos vegetais e gorduras animais, obtido através de um processo de transesterificação de óleos vegetais com álcoois (metanol ou etanol) através da catálise básica, utilizando o hidróxido de sódio ou potássio como catalisadores 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, e tendo como subproduto a glicerina bruta, com teores de glicerol variando de 80 a 95 % (Ramos et al., 2000).

Em linhas gerais, o esquema de produção do biodiesel é apresentado na Figura 1. No processo industrial de produção do biodiesel, é utilizada uma quantidade de álcool em excesso para a ocorrência da reação. Ao final do processo ocorre a separação entre a fase dos ésteres de ácidos graxos, que constitui o biodiesel, e a fase aquosa, que consiste da glicerina bruta, contendo o excesso de álcool não reagido assim como água e outras

impurezas. Este álcool não reagido é recuperado ao final do processo e reutilizado, havendo a sobra de um resíduo de álcool na glicerina bruta. Nas plantas de produção de biodiesel no Brasil, o álcool utilizado é o metanol, assim como o catalisador mais utilizado é o hidróxido de sódio. Desta forma, existe também um resíduo de sódio na glicerina bruta gerada neste processo.

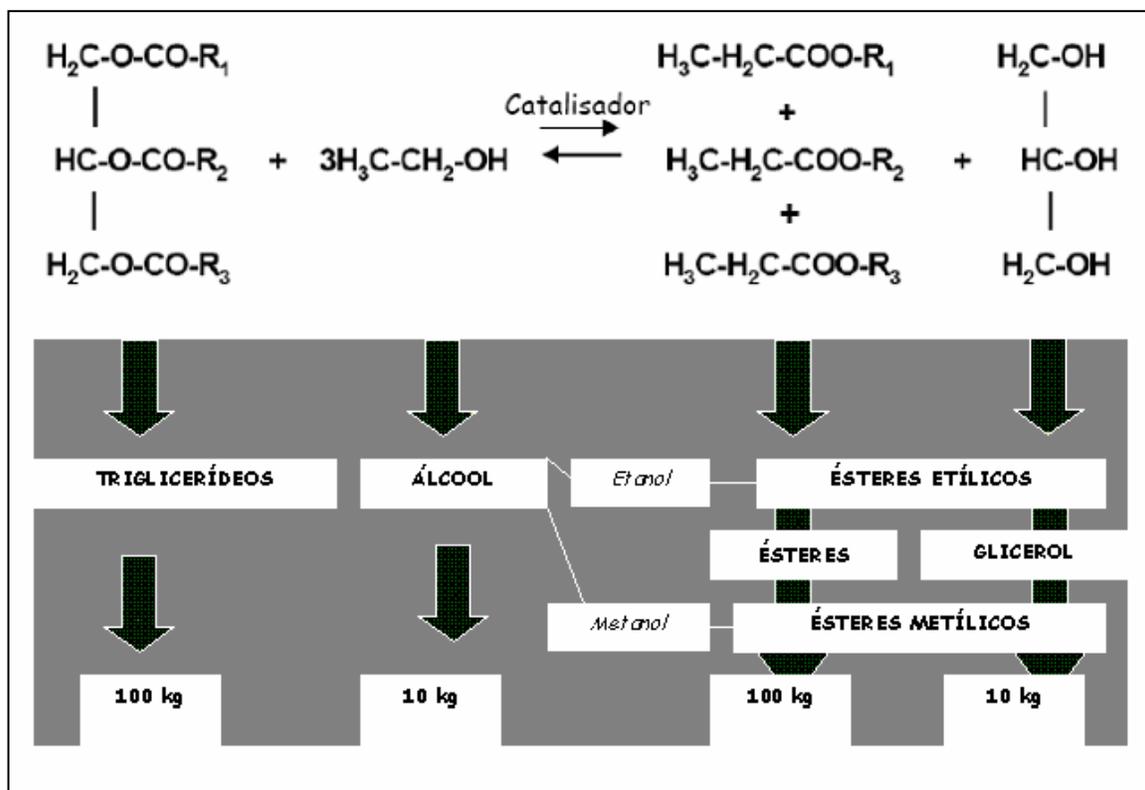


Figura 1 – Esquema de produção do biodiesel

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

A Lei 11.097, de 2005, estabelece a obrigatoriedade da adição de 2% de biodiesel ao óleo diesel comum comercializado no país, desde o início de 2008. Em 2013 esta proporção aumentará para 5%.

Segundo a Agência Nacional do Petróleo (2008), em 2007, a produção de biodiesel no Brasil foi de aproximadamente 350 milhões de litros (Figura 2). Como co-produto foram gerados cerca de 38 milhões de litros de glicerina bruta.

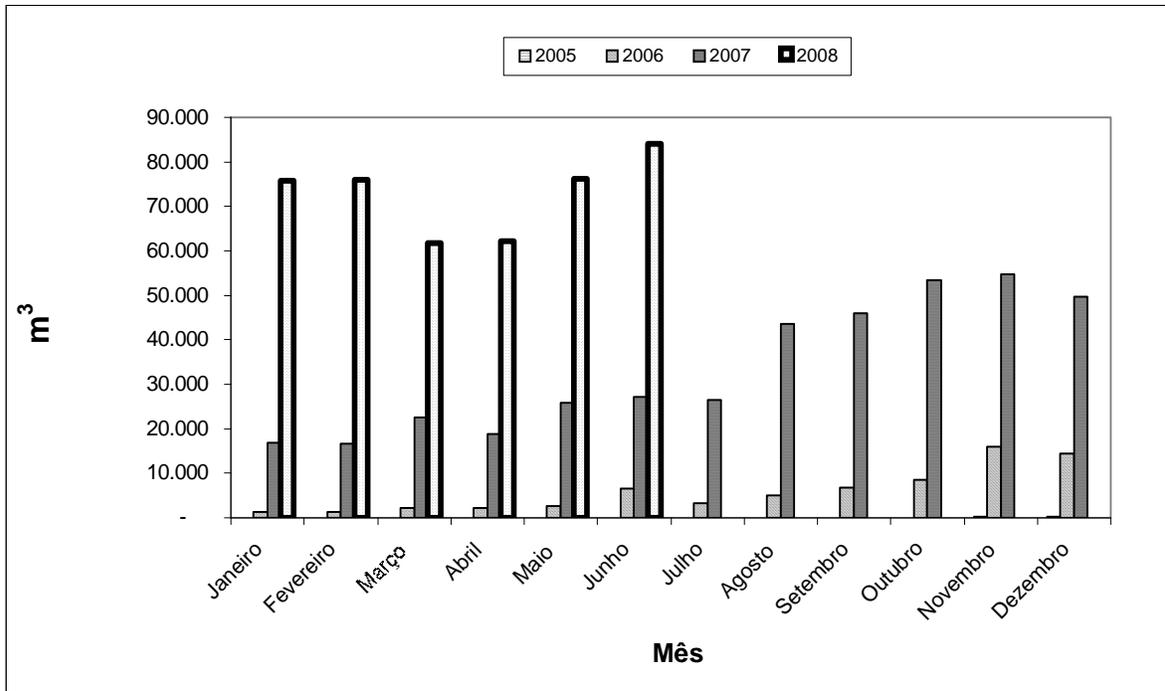


Figura 2 - Produção mensal brasileira de biodiesel de 2005 a 2008

Fonte: ANP, 2008

Nos Estados Unidos, em 2007, foram produzidos cerca de 1,8 bilhão de litros de biodiesel, gerando cerca de 200 milhões de litros de glicerina bruta (NBB, 2008) (Figura 3).

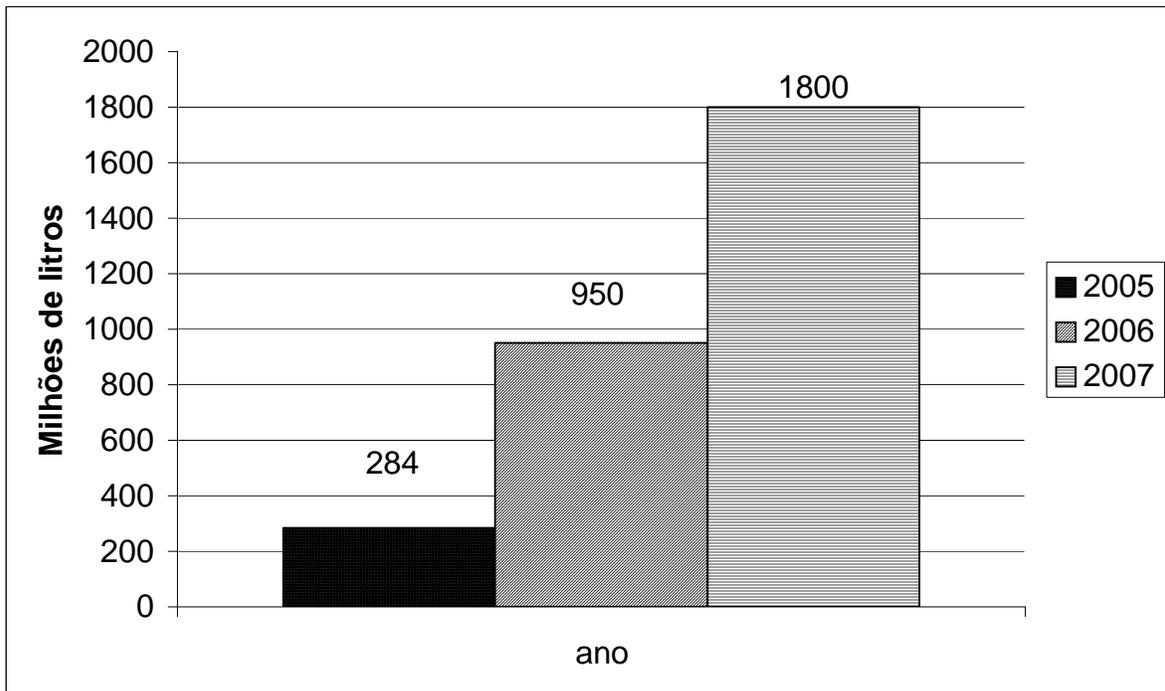


Figura 3 – Evolução na produção norte-americana de biodiesel de 2005 a 2007

Fonte: Adaptado de NBB, 2008

Na indústria, quando purificada, várias são as aplicações da glicerina, entre as quais se destacam os usos em tabaco, alimentos, bebidas e cosméticos (Peres et al., 2005) (Figura 4). No entanto, são necessários processos complexos e de alto custo para que essa matéria-prima alcance as exigências em grau de pureza necessárias para estes fins (Diniz, 2005), visto que a glicerina bruta apresenta impurezas como água, catalisador (alcalino ou ácido), impurezas provindas dos reagentes, ácidos graxos, ésteres, etanol ou metanol, propanodióis, monoéteres e oligômeros de glicerina.

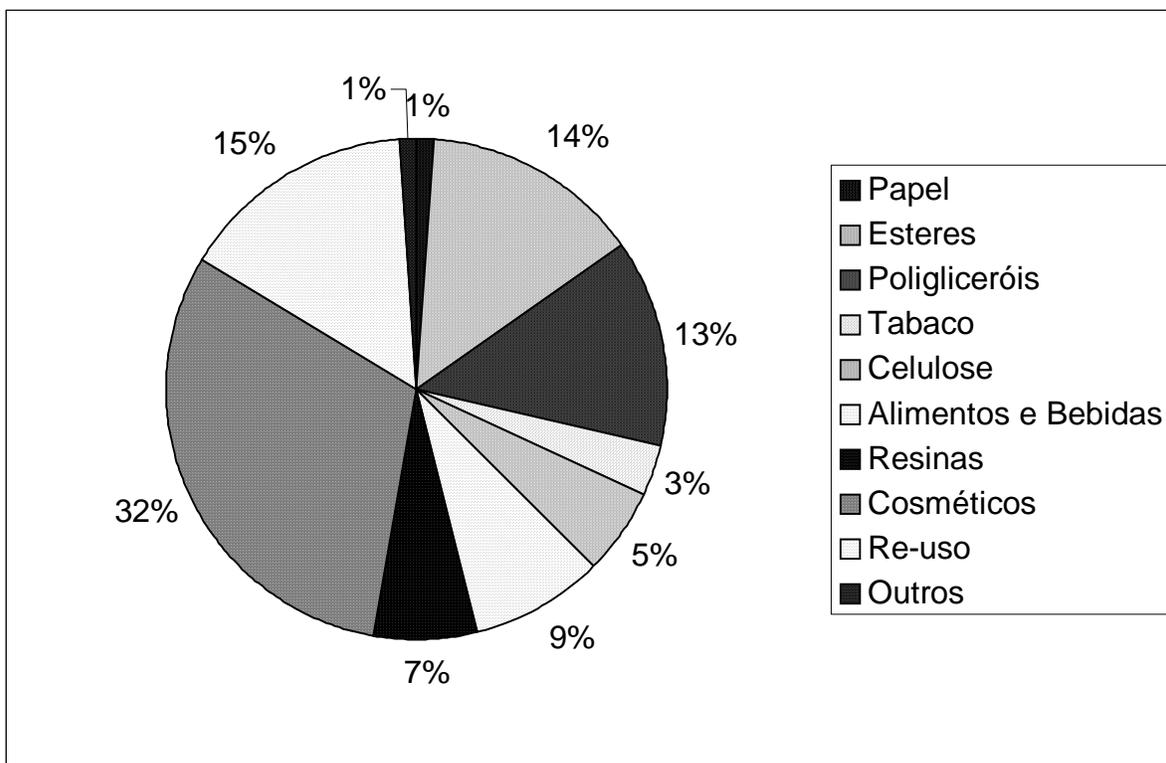


Figura 4 - Distribuição dos diferentes usos da glicerina purificada

Fonte: Claude (1995)

Entre os possíveis usos para a glicerina bruta gerada como co-produto da produção de biodiesel, pode-se destacar sua aplicação na alimentação animal. O uso de glicerina bruta na alimentação animal foi alvo de estudos no passado, especialmente na Europa.

Contudo, com o recente impulso na produção do biodiesel e a disponibilidade de grande quantidade de glicerina bruta, houve novo interesse no seu uso em rações.

A utilização da glicerina bruta na formulação de rações para aves e suínos desperta interesse imediato por se constituir em um produto rico em energia (4.320 kcal de energia bruta por kg para o glicerol puro) e com alta eficiência de utilização pelos animais. Um outro aspecto que justifica a aplicação desse co-produto da indústria de biodiesel na produção de alimentos para animais é que parte das matérias primas renováveis produzidas para atender finalidades energéticas retornarão à cadeia alimentar para gerar produtos de alto valor nutricional. Além de servir como fonte de energia, o glicerol também pode ter efeitos positivos sobre a retenção de aminoácidos ou nitrogênio, conforme sumarizado por Cerrate et al. (2006); a ação do glicerol inibindo a atividade das enzimas fosfoenolpiruvato carboxiquinase e glutamato desidrogenase pode resultar em economia dos aminoácidos gluconeogênicos e favorecer a deposição de proteína corporal. Recentemente no Brasil, os estudos de Menten et al. (2008) e Berenchtein (2008) demonstraram que a glicerina pode se constituir em um ingrediente energético com potencial para uso em dietas de frangos de corte e suínos em crescimento e terminação, respectivamente.

2. Glicerol: características e metabolismo

O glicerol (Figura 5) ou propano-1,2,3-triol é um composto orgânico pertencente à função álcool, líquido à temperatura ambiente (25°C), higroscópico, inodoro, viscoso e de sabor adocicado (IUPAC,1993). A legislação norte-americana atribui ao glicerol o status GRAS (geralmente reconhecido como seguro), quando usado como aditivo alimentar segundo as boas normas de fabricação e alimentação, inclusive na alimentação humana (CFR, 2004).

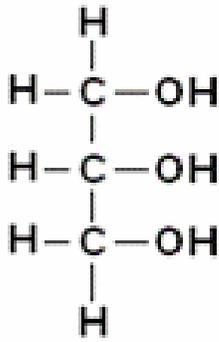


Figura 5 – Fórmula estrutural do glicerol

O glicerol é um componente do metabolismo normal dos animais, sendo encontrado na circulação e nas células. Ele é derivado de (1) lipólise no tecido adiposo, (2) hidrólise dos triglicerídeos das lipoproteínas do sangue e (3) gordura dietética (Lin, 1977). Entretanto, existe menos informação sobre as implicações metabólicas da suplementação exógena de glicerol na dieta, especialmente quando a suplementação atinge grandes proporções como um ingrediente energético das rações. De acordo com Lin (1977), o glicerol é bem absorvido no intestino de ratos, porém menos rapidamente do que a glicose. Além disso, o glicerol também é absorvido no estômago de ratos, porém menos rapidamente do que no intestino.

Uma vez absorvido, no organismo animal o glicerol é metabolizado a *glicerol-3-fosfato* e aos intermediários da glicólise *dihidroxiacetona fosfato* e *gliceraldeído-3-fosfato* (Figura 6).

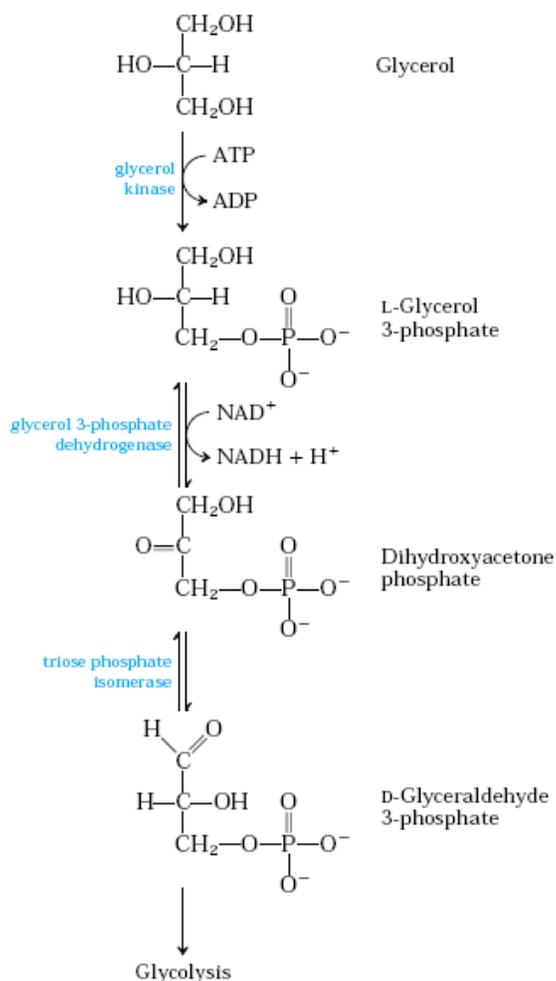


Figura 6 – Conversão do glicerol a intermediários da glicólise

Fonte: Nelson e Cox, 2000

Desta forma, 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 gluconeogênese, 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. Já em 1925, Chambers e Deuel (1925) demonstraram o potencial gluconeogênico do glicerol. Após fornecerem 8,5 g de glicerol a dois cachorros por via estomacal, obtiveram recuperação quase total de glucose adicional na urina dos animais.

Em seu trabalho sobre utilização do glicerol em mamíferos, Lin (1977) indicou níveis normais de glicerol plasmático como sendo de 0,1 mM em ratos e 0,05-0,1 mM em humanos. Em frangos, Simon et al. (1996) encontraram nível semelhante de 0,65 mM de glicerol plasmático, entretanto a concentração aumentou para 4,36 mM com o fornecimento de 5% de glicerol na dieta e variou de 11 a 54 mM com a suplementação de 10% de glicerol na dieta. Simon et al. (1997) determinaram também que, em frangos recebendo 10% de glicerol na dieta, a concentração de glicerol no músculo do peito aumentou de 0,4 $\mu\text{mol/g}$ para 7,7 $\mu\text{mol/g}$, enquanto no fígado dessas aves aumentou de 18 $\mu\text{mol/g}$ para 40 $\mu\text{mol/g}$. Estes dados são indicativos de que as quantidades elevadas de glicerol suplementadas podem suplantam a capacidade do sistema enzimático de que o organismo dispõe para metabolizar o glicerol e cujas conseqüências precisam ser estudadas com mais profundidade.

O efeito do glicerol dietético na atividade lipogênica foi estudado de forma comparativa em ratos e frangos (Lin et al., 1976). A adição de 20% de glicerol na dieta de ratos por 3 semanas causou aumento do peso do fígado e um aumento marcante na atividade de enzimas lipogênicas no fígado (sintetase de ácidos graxos, enzima málica e enzima da clivagem do citrato), entretanto sem um aumento concomitante na síntese de ácidos graxos *in vivo* no fígado. Por outro lado, em frangos alimentados por 3 semanas com dieta contendo 20% de glicerol, não houve alteração no peso do fígado e ocorreu uma queda na atividade de enzimas lipogênicas no fígado, assim como na taxa de síntese de ácidos graxos. No tecido adiposo de ratos, não houve alteração na atividade das enzimas lipogênicas nem na síntese de ácidos graxos com a dieta rica em glicerol. Ficou evidente que a alimentação de animais não ruminantes com glicerol provoca respostas espécie-específicas e também órgão-específicas, que precisam voltar a serem estudadas com novas metodologias para assegurar que o glicerol pode ser considerado um ingrediente de uso generalizado nas rações.

3. Valor energético da glicerina bruta

O grande interesse na utilização da glicerina bruta na alimentação animal é devido ao seu valor energético. Recentemente, um grupo de pesquisadores de Iowa e Mississippi,

nos Estados Unidos, estudaram de forma detalhada o valor energético da glicerina bruta para aves e suínos, cujos resultados são apresentados a seguir. Na realidade, o valor energético da glicerina bruta, resultante de cada processo industrial, deve ser determinado em função de sua pureza em glicerol, uma vez que diversas impurezas podem estar presentes no produto.

Através do método de coleta total de excretas, Dozier et al. (2008) determinaram os valores de energia metabolizável aparente corrigida para o nitrogênio (EMAn) da glicerina bruta (86,95% de glicerol, 280 ppm de metanol, 1,26% de sódio e energia bruta de 3.625 kcal/kg) para frangos de corte de diferentes idades. Utilizando dietas não corrigidas para o teor de sódio, em aves de 4 a 11, 17 a 25 e 37 a 45 dias de idade, foram observados, respectivamente, os valores de EMAn de 3.621, 3.331 e 3.349 kcal/kg. Os autores reportaram, pela avaliação conjunta de todas as fases de criação, o valor de EMAn de 3.434 kcal/kg, o que corresponde a 95% da energia bruta. Isto indica que a glicerina bruta é utilizada eficientemente por frangos de corte.

Pelo método do indicador indigestível (1% de celite como cinza insolúvel), Lammers et al. (2008) determinaram os valores de energia metabolizável corrigida para o nitrogênio (EMAn) da glicerina bruta (86,95% de glicerol, 280 ppm de metanol, 1,26% de sódio) para galinhas poedeiras. Analisando os dados por regressão polinomial, foi encontrado o valor de EMAn de 3.805 kcal/kg na glicerina bruta para galinhas poedeiras, sendo este semelhante ao valor de energia bruta da glicerina utilizada no estudo (3.625 kcal/kg), novamente demonstrando o alto grau de aproveitamento energético por galinhas poedeiras.

Através do método de coleta total de fezes e urina, Lammers et al. (2008b) mediram os valores de energia digestível (ED) e metabolizável (EM) da glicerina bruta (86,95% de glicerol, 280 ppm de metanol, 1,26% de sódio e energia bruta de 3.625 kcal/kg) para leitões na fase de creche (3 experimentos) e suínos em terminação (2 experimentos). Para os 5 experimentos, foi calculado que a ED da glicerina bruta correspondeu, em média, a 92% da energia bruta e que a razão EM:ED foi de 96%. Na avaliação global, a ED da glicerina bruta para suínos foi de 3.344 kcal/kg e a EM foi de 3.207 kcal/kg. Entretanto, os autores relataram que houve um declínio na estimativa da EM da glicerina com níveis crescentes de inclusão na ração para leitões na fase de creche (3.601, 3.329 e 2.579 kcal/kg de glicerina

bruta para 5, 10 e 20% de inclusão, respectivamente); esse declínio não ocorreu para animais em terminação.

Os valores de energia metabolizável determinados para a glicerina bruta são muito próximos quando comparados aos valores de energia metabolizável aparente do milho para suínos (3.340 kcal/kg) e aves (3.381 kcal/kg) (ROSTAGNO et al., 2005). Isto evidencia o potencial de uso da glicerina como ingrediente energético de rações para estas espécies. É importante ressaltar que ao formular rações para aves e suínos, o valor de energia metabolizável da glicerina bruta será proporcional ao seu nível de glicerol, ou seja, deve ser considerado o teor de glicerol e a energia bruta do glicerol como sendo de 4.320 kcal/kg, conforme sugerido por Lammers et al. (2008b).

4. Limitações de uso da glicerina bruta

Conforme mencionado anteriormente, no processo mais comum de produção de biodiesel o metanol é usado em excesso na reação de transesterificação. Ocorrida a formação dos ésteres, há a separação da fase lipídica, com os componentes apolares, e da fase aquosa, com os componentes polares. A glicerina, água e metanol compõem a fase aquosa. A maior parte do metanol é recuperado por destilação e reciclado ao processo, porém de forma incompleta. A indústria estabelece o valor máximo de 0,5% metanol na glicerina bruta produzida. De acordo com Dasari (2007), esse problema do resíduo de metanol tende a ser mais pronunciado em pequenas plantas de biodiesel. Entretanto, nos Estados Unidos foi estabelecido que, para a glicerina bruta ser usada como componente de alimentos, o nível máximo de metanol não deve exceder 150 ppm (*Code of Federal Regulations* §573.640). Dasari (2007) apresentou dados coletados em plantas de biodiesel nos Estados Unidos, em que a glicerina bruta tinha níveis de metanol variando de < 100 ppm até 11.500 ppm. No Brasil, as partidas de glicerina bruta fornecidas para experimentos com frangos de corte têm apresentado níveis de 140 a 150 ppm de metanol.

A intoxicação por metanol em animais é identificada pela excreção de ácido fórmico na urina. O metanol ingerido é oxidado no fígado a formaldeído e este a ácido fórmico. O ácido fórmico é a substância tóxica; Lammers et al. (2008c) indicaram que, quando em quantidades elevadas, o ácido fórmico pode causar cegueira pela destruição do

nervo óptico, sendo relatadas também a ocorrência de depressão do sistema nervoso central, vômito, acidose metabólica e alteração motora.

O resíduo de metanol na glicerina bruta se constitui em um ponto importante quando se avalia o valor desse produto para a alimentação animal. Um aspecto que deve ser salientado é que o potencial efeito prejudicial do metanol incorporado às rações pode ser desprezado quando a ração for peletizada, uma vez que a temperatura atingida na peletização é mais alta que a temperatura de vaporização do glicerol. Uma avaliação recente da toxicidade do metanol contido na glicerina bruta indicou que as quantidades consumidas, levando em conta a concentração na glicerina e a inclusão desta nas rações, parecem não afetar os animais. Lammers et al. (2008c) estudaram a toxicidade em suínos alimentados desde a fase pós-desmame e por 138 dias com rações suplementadas com 5% ou 10% de glicerina bruta, a qual continha 3.200 ppm de metanol. Mesmo com este nível elevado de metanol, os autores não encontraram nenhuma indicação de toxicidade, seja por sinais clínicos ou lesão macroscópica ou lesão histológica no fígado, rins e olhos dos suínos.

Dependendo do catalisador usado na produção do biodiesel, a glicerina bruta gerada pode conter 6-8% de sais de sódio ou potássio. Nos processos adotados nas plantas do Brasil, é mais comum a presença do cloreto de sódio, sendo que as especificações da indústria apontam um limite de 7% para este sal. Esta quantidade equivale a aproximadamente 2,75% de sódio na glicerina bruta; uma adição de 10% de glicerina bruta na ração seria responsável pelo aporte de 0,275% de sódio na ração, o que já excede os valores de exigências nutricionais para frangos de corte (0,19 a 0,22% de sódio) ou para suínos (0,15 a 0,23% de sódio), segundo as Tabelas Brasileiras (Rostagno et al., 2005). Maior umidade das excretas foi notada quando a ração de galinhas poedeiras foi formulada com 15% de glicerina bruta contendo 1,26% de sódio e não foi feito ajuste em relação à ração basal que continha 0,21% de sódio (Lammers et al., 2008b) ou quando 8% de glicerina bruta contendo 2,38% de sódio foi adicionada à ração de frangos de corte (Menten, dados não publicados). Fica evidente que o valor máximo de inclusão de glicerina bruta na dieta de animais pode ser limitado pelo excesso de sódio presente no produto.

5. Utilização da glicerina na alimentação de aves e suínos

O uso de glicerina na alimentação animal foi alvo de estudo no passado (Bernal et al., 1978; Wagner, 1994, Simon et al., 1996) e, com o recente estímulo à produção de biodiesel e a conseqüente disponibilidade de glicerina bruta, houve novo interesse no uso desse co-produto em rações.

Na literatura atual, alguns trabalhos foram desenvolvidos com o objetivo de determinar os efeitos da glicerina, oriunda de diferentes fontes, sobre o desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de aves e suínos. Estas pesquisas envolveram frangos de corte (Cerrate et al., 2006; Menten et al., 2008), galinhas poedeiras (Lammers et al., 2008b), além de leitões na fase de creche (Lammers et al., 2007; Groesbeck et al., 2008) e suínos em crescimento e terminação (Berenchtein, 2008).

Em frangos de corte, Simon et al. (1996), avaliando 5, 10, 15, 20 e 25% de glicerina pura na dieta, concluíram que a inclusão de até 10% deste produto pode ser utilizado sem afetar o desempenho dos animais. Mais recentemente, Cerrate et al. (2006) avaliaram a inclusão de 5 e 10% de glicerina bruta, proveniente da produção do biodiesel (contendo alto nível residual de potássio e não de sódio), em rações de frangos de corte e relataram que o nível de 10% afetou negativamente o consumo de ração, o peso final e conseqüentemente a conversão alimentar dos frangos. Quanto às características de carcaça, o mesmo tratamento ainda reduziu o peso (absoluto e relativo à carcaça) do peito das aves. Em um segundo experimento, para aves na mesma categoria, os mesmos autores, testando a inclusão de 0; 2,5 e 5% de glicerina bruta na dieta não observaram diferenças no desempenho dos animais. No entanto, encontraram um aumento na percentagem de peito das aves (Tabela 1).

Tabela 1 – Peso final, consumo de ração, conversão alimentar, mortalidade, rendimento de carcaça e % de peito de frangos de corte recebendo níveis de glicerina bruta na dieta

Experimento I	Glicerina bruta na dieta, %		
	0	5	10
Peso final, kg	2,87 ^a	2,88 ^a	2,70 ^b
Consumo de ração, kg	4,88 ^a	4,86 ^{ab}	4,73 ^b
Conversão alimentar	1,73 ^a	1,70 ^a	1,77 ^b
Mortalidade, %	6,5	4,5	5,5
Rendimento de carcaça, %	72,85 ^a	72,82 ^a	72,17 ^b
Peito, %	26,45	26,73	25,98
Experimento II	Glicerina bruta na dieta, %		
	0	2,5	5
Peso final, kg	2,62	2,71	2,71
Consumo de ração, kg	4,22	4,33	4,34
Conversão alimentar	1,64	1,62	1,63
Mortalidade, %	6,2	7,5	6,5
Rendimento de carcaça, %	72,04	72,34	72,08
Peito, %	25,16 ^b	25,80 ^a	25,96 ^a

^{ab} Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Fonte: Cerrate et al. (2006)

Menten et al. (2008), avaliando o farelo de soja suplementado com 10% de glicerina bruta proveniente da produção do biodiesel (81,47% de glicerol, 153 ppm de metanol e 2,4% de sódio) na dieta de frangos de corte, concluíram que o mesmo pode ser utilizado durante todo o período de criação sem afetar o desempenho das aves, desde que sejam considerados os devidos ajustes nutricionais, em termos de energia, aminoácidos e sódio (Tabela 2).

Tabela 2 – Médias de peso vivo aos 21 dias, consumo de ração, ganho de peso, conversão alimentar de frangos de 1 a 21 dias de idade, peso final aos 42 dias, consumo de ração, ganho de peso, conversão alimentar e viabilidade econômica de frangos de 1 a 42 dias

1 a 21 dias de idade	Controle	Glicerina	CV ¹
Peso vivo, kg	1,22 ^a	1,06 ^a	1,53
Consumo de ração, kg	1,34 ^a	1,32 ^a	1,64
Ganho de peso, kg	0,98 ^a	0,98 ^a	1,59
Conversão alimentar	1,38 ^a	1,35 ^b	1,50
1 a 42 dias de idade	Controle	Glicerina	CV ¹
Peso final, kg	3,12 ^a	3,11 ^a	2,69
Consumo de ração, kg	5,03 ^a	5,03 ^a	2,48
Ganho de peso, kg	3,06 ^a	3,06 ^a	2,77
Conversão alimentar	1,64 ^a	1,64 ^a	2,22
Viabilidade, %	95,00 ^a	92,80 ^a	7,96

^{ab} Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

¹ Coeficiente de variação

Fonte: Menten et al. (2008)

Testando a inclusão de até 15% de glicerina bruta na dieta de galinhas poedeiras, Lammers et al. (2008b) não observaram qualquer efeito sobre o consumo diário de ração ou na produção de ovos, peso dos ovos e massa dos ovos produzidos.

Em estudos desenvolvidos nos Estados Unidos, avaliando a inclusão de 5 e 10% de glicerina bruta (84,51% de glicerol e 3200 ppm de metanol) proveniente da produção do biodiesel na dieta de leitões na fase de creche, Lammers et al. (2007) não observaram qualquer efeito no desempenho dos animais.

Já Groesbeck et al. (2008), avaliando os efeitos da inclusão de 3 e 6% de glicerina bruta (90,7% de glicerol e 136 ppm de metanol) e 6 e 12% de glicerina bruta associada com óleo de soja sobre o desempenho de leitões na fase de creche, observaram um efeito linear positivo no ganho diário de peso dos leitões que receberam glicerina bruta na dieta, sem, no entanto, afetar o consumo diário de ração e a conversão alimentar (Tabela 3).

Tabela 3 – Médias de ganho diário de peso (GDP), consumo diário de ração (CDR), conversão alimentar (CA) e peso final de leitões na fase de creche recebendo níveis de glicerina bruta e óleo de soja na dieta

Variáveis	Controle	Glicerina Bruta, %		Óleo de Soja, %		Associação, % ¹	
		3	6	3	6	6	12
GDP, kg/dia	0,53	0,57	0,57	0,57	0,55	0,55	0,56
CDR, kg/dia	0,78	0,81	0,81	0,78	0,76	0,76	0,76
CA	1,47	1,42	1,42	1,37	1,38	1,38	1,36
Peso Final, kg	24,70	25,80	25,80	25,80	25,40	25,40	25,70

Variáveis	Regressão ²					
	L	Q	L	Q	L	Q
GDP, kg/dia	0,03	0,23	0,18	0,07	0,06	0,58
CDR, kg/dia	0,32	0,69	0,52	0,72	0,55	0,6
CA	0,12	0,31	< 0,01	0,06	< 0,01	0,09
Peso Final, kg	0,03	0,23	0,17	0,07	0,06	0,61

¹ Associação de 50% de glicerina bruta e 50% de óleo de soja

² L: Efeito Linear; Q: Efeito Quadrático

Fonte: Groesbeck et al. (2008)

Em trabalhos realizados na Europa, utilizando 5% de glicerina, oriunda de sebo ou óleo vegetal em dietas para suínos em crescimento e terminação, Mourot et al. (1994) não observaram qualquer efeito da adição da glicerina no desempenho dos animais. Contudo, verificaram que a glicerina acarretou maior capacidade de retenção de água no músculo *Longissimus dorsi*, proporcionando uma carne de qualidade superior.

Quando comparado a outros ingredientes energéticos (óleos vegetais, ácidos graxos e suas combinações) nas dietas para suínos em crescimento e terminação, a inclusão da glicerina proporcionou maior consumo diário de ração e, conseqüentemente, melhor ganho diário de peso (Kijora et al., 1997).

No Brasil, em recente estudo de Berenchtein (2008), ficou evidenciado que a glicerina semi-purificada (80% de glicerol) pode ser utilizada como ingrediente energético das rações de suínos em crescimento e terminação até o nível de 9%, sem afetar sensivelmente o desempenho, as características de carcaça e a qualidade da carne dos animais (Tabela 4).

Tabela 4- Médias de peso vivo inicial (PVI), peso vivo final (PVF), consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP), conversão alimentar (CA), rendimento de carcaça quente (RCQ), espessura média de toicinho (EMT), área de olho de lombo (AOL), relação gordura/carne (RG/C), luminosidade (L*), pH e perda de água por gotejamento (PAG)

Variáveis	Glicerol na dieta, %				Regressão ²			C1 ³	CV ⁴ , %
	0	3	6	9	L	Q	C		
PVI, kg	33,28	33,32	33,40	33,05	-	-	-	-	-
PVF, kg	102,41	98,55	99,22	99,73	NS	NS	NS	NS	6,55
CDR,	2,73	2,65	2,75	2,68	NS	NS	NS	NS	8,87
GDP,	1,11	1,05	1,06	1,06	NS	NS	NS	NS	8,95
CA	2,46	2,59	2,66	2,57	NS	NS	NS	NS	10,76
RCQ ¹ , %	78,30	78,16	77,75	78,75	NS	NS	NS	NS	1,55
CC ¹ , cm	97,42	94,85	96,96	95,43	NS	NS	NS	NS	6,24
EMT ¹ , cm	2,03	2,03	2,05	2,13	NS	NS	NS	NS	13,29
AOL ¹ , cm ²	37,51	36,53	35,17	35,61	NS	NS	NS	NS	10,35
RG/C ¹	0,38	0,39	0,39	0,41	NS	NS	NS	NS	14,82
L*	57,72	57,94	58,14	57,19	NS	NS	NS	NS	2,45
pH	5,37	5,44	5,43	5,40	NS	NS	NS	NS	1,35
PAG, %	8,35	8,44	7,25	7,67	NS	NS	NS	NS	18,58

¹Médias ajustadas por covariância para o peso de abate dos animais

²Regressão: L = efeito linear; Q = efeito quadrático; C = efeito cúbico

³Contraste: C1 = 0% x média de 3, 6 e 9%

⁴Coefficiente de Variação

NS = não significativo

Fonte : Berenchein (2008)

6. Considerações finais

Resultados de pesquisas gerados nos últimos dois anos indicam que o uso da glicerina bruta proveniente da produção de biodiesel tem uma aplicação segura quando incluída na formulação de rações para aves e suínos até cerca de 10%, não afetando o desempenho, a saúde, a qualidade da carcaça e da carne dos animais. Entretanto, como a qualidade da glicerina produzida industrialmente pode ser variável, seu uso deve ser feito com cautela até que novos estudos estabeleçam mais claramente todos os efeitos da alimentação de animais com a glicerina bruta. Dependendo do valor energético da glicerina bruta utilizada (em função do teor de glicerol no produto), com base nas formulações publicadas para frangos (Cerrate et al., 2006) e para suínos (Groesbeck et al., 2008), levando em conta quantidades de milho, farelo de soja e óleo que são alteradas quando se introduz glicerina bruta na formulação de rações, e com base nos preços vigentes em

setembro de 2008 para o milho (R\$ 0,44/kg), farelo de soja 45 (R\$ 0,74/kg) e óleo de soja (R\$ 2,30/kg), o valor monetário atribuído à glicerina bruta é de cerca de R\$ 0,34/kg em rações para frangos e R\$ 0,42/kg em rações para suínos. Na formulação de rações, a redução na quantidade de milho quando se inclui a glicerina é acompanhada por um aumento na quantidade de farelo de soja para se contrapor à perda de proteína e aminoácidos na fórmula. Entretanto, nas rações para frangos, o aumento do farelo de soja implica em redução da energia, exigindo, então, maior suplementação de óleo. Por esta razão, o valor da glicerina é menor como ingrediente em rações de frangos quando comparado a rações de suínos.

7. Referências

- Agência Nacional do Petróleo. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>>. Acesso em: 15 jul. 2008.
- Berenchtein, B. **Utilização de glicerol na dieta de suínos em crescimento e terminação**. 2008. 45 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Programa Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.
- Bernal, J. Efecto de la inclusión de glycerol o aceite vegetal a dietas com melaza para suínos e aves em crecimiento. **Vet. Mex.** v. 3, p. 9194, 1978.
- Cerrate, S.; Yan, F.; Wang, Z.; Coto, C.; Sacakli, P.; Waldroup, P.W. Evaluation of glycerine from biodiesel production as a feed ingredient for broilers. **International Journal of Poultry Science**, Faisalabad, v. 5, n.11, p. 1001-1007, 2006.
- Chambers. W.H.; Deuel, H.J. **Journal of Biological Chemistry**. v. 65, p. 21-29, 1925.
- Claude, S. Research of new outlets for glycerol – Recent developments in France. **Lipid-Fett**, Weinheim, v. 101, p. 101-104, 1999.
- Dasari, M. Crude glycerol potencial described. **Feedstuffs**. 15 de Out., p.16-19, 2007.
- Diniz, G. De coadjuvante a protagonista: glicerina bruta obtida na produção de biodiesel pode ter muitas aplicações. **Ciência Hoje On-line**, Rio de Janeiro. Disponível em <<http://cienciahoje.uol.com.br/controlPanel/materia/view/3973>>. Acesso em: 24 mar. 2008.

- Dozier, W.A.; Kerr, B.J.; Corzo, A; Kidd, M.T.; Weber, T.E.; Bregendahl, K. Apparent metabolizable energy of glycerin for broiler chickens. **Poultry Science**, Champaign, v. 87, p. 317-322, 2008.
- Groesbeck, C.N.; Mckinney, L.J.; Derouchey, J.M.; Tokach, M.D.; Goodband, R.D.; Dritz, S.S.; Nelssen, J.L.; Duttlinger, A.W.; Fahrenholz, A.C.; Behnke, K.C. Effect of crude glycerol on pellet mill production and nursery pig growth performance. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 85, suppl. 1, p. 201-202, 2008.
- International Union of Pure and Applied Chemistry. 1993. Disponível em: <http://www.iupac.org>. Acesso em: 07 jul. 2007.
- Lammers, P.; Honeyman, M.; Kerr, B.J.; Weber, T. **Growth and performance of nursery pigs fed crude glycerol**. Ames: Iowa State University Animal Industry Report, 2007. (Supplement).
- Lammers, P.; Kerr, B.J.; Weber, T.E.; Dozier, W.A.; Kidd, M.T.; Bregendahl, K.; Honeyman, M. Digestible and metabolizable energy of crude glycerol for growing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 86, p. 602-608, 2008a.
- Lammers, P.; Kerr, B.J.; Honeyman, M.; Stalder, K.; Dozier, W.A.; Weber, T.E.; Kidd, M.T.; Bregendahl, K. Nitrogen-corrected apparent metabolizable energy value of crude glycerol for laying hens. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 87, n. 1, p. 104-107, 2008b.
- Lammers, P.; Kerr, B.J.; Weber, T.E.; Bregendahl, K.; Lonergan, S.M.; Prusa, D.U.; Ahn, W.C.; Stoffregen, W.A.; Dozier, W.A.; Honeyman, M. Growth performance , carcass characteristics, meat quality, and tissue histology of growing pigs fed crude glycerin –supplemented diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 88, 26 p., 2008c.
- Lin, M.H.; Romsos, D.R.; Leveille, G.A. Effect of glycerol on lipogenic enzyme activities and on fatty acid synthesis in the rat and chicken. **Journal of Nutrition**, v. 106, p. 1668-1677, 1976.
- Lin, E.C.C. Glycerol utilization and its regulation in mammals. **Annual Review of Biochemistry**, Palo Alto, v. 46, p. 765-795, 1977.
- 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 Science**, Amsterdam, v. 38, p. 237-244, 1994.
- Nelson, D.L.; Cox, M.M. **Lehninger principles of biochemistry**. 3 ed. 1152 p. 2000.
- Kijora, C.; Kupsch, R.D.; Bergner, H.; Wenk, C.; Prabucki, A.L. Comparative investigation on the utilization of glycerol, free fatty acids, free fatty acids in combination with glycerol and vegetable oil in fattening of pigs. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, Foulum, v. 77, n. 3, p. 127-138, 1997.
- National Biodiesel Board. Disponível em: <<http://www.nbb.com>> Acesso em: 15 ago. 2008.
- Peres, J.R.R.; Freitas Junior, E.; Gazzoni, D.L. Biocombustíveis. Uma oportunidade para o agronegócio brasileiro. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, v. 1, p. 31-41, 2005.
- Ramos, L.P. **Aproveitamento integral de resíduos agrícolas a agro-industriais**. http://www.asfagro.org.br/trabalhos_tecnicos/biodiesel/combustivel.pdf >. Acesso em: 07 jul. 2007.
- Rostagno, H.S. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2. ed. Viçosa: UFV, Depto. de Zootecnia, 2005. 186 p.
- Simon, A.; Bergner, H.; Schwabe, M. Glycerol as a feed ingredient for broiler chickens. **Archives of Animal Nutrition**, Berlin, v. 49, n. 2, p. 103-112, 1996.
- Simon, A.; Schwabe, M.; Bergner, H. Glycerol supplementation in broiler rations with low crude protein content. **Archives of Animal Nutrition**, Berlin, v. 50, n. 3, p. 271-282, 1997.
- Sousa, G.S.; Pires, M.M.; Alves, J.M. Análise da potencialidade da produção de biodiesel a partir de óleos vegetais e gorduras residuais. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UESC, 11., 2006, Santa Cruz. **Anais...** Santa Cruz: UESC, 2006. p. 477-478.
- Wagner, H. Glycerol in animal feeding – a byproduct of alternative fuel production. **Muhle Mischfuttertechnik**, v.131, p. 621-622, 1994.