

Energia metabolizável da glicerina bruta para frangos de corte de diferentes idades

Metabolizable energy of crude glycerin for broiler chickens at different ages

Jeffersson Rafael Henz¹; Ricardo Vianna Nunes²; Cinthia Eyng^{3*};
Yolanda Lopes da Silva⁴; Rodrigo André Schone¹;
Taciana Maria Moraes de Oliveira⁵; Eveline Berwanger¹;
Cleiton Pagliari Sangali⁵

Resumo

Os valores de energia metabolizável aparente (EMA), EMA corrigida pela retenção de nitrogênio (EMA_n) e seus respectivos coeficientes de metabolizabilidade (CMA e CMA_n) da glicerina bruta foram determinados em frangos de corte utilizando-se o método de coleta total de excretas em diferentes idades. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado com seis tratamentos, seis repetições e dez, cinco e quatro aves por unidade experimental para as fases de 11 a 20 dias, de 21 a 30 dias e de 31 a 40 dias, respectivamente. O alimento teste substituiu a ração referência em 0; 3; 6; 9; 12 e 15%, sendo que o período experimental de cada fase teve duração de dez dias, dos quais cinco foram de adaptação e cinco de coleta total de excretas. Os valores de EMA e EMA_n para a fase de 11 a 20 dias de idade variaram de 2723 a 3817 e de 2672 a 3667 kcal/kg⁻¹, respectivamente. Na fase de 21 a 30 dias os valores de EMA e EMA_n variaram de 3660 a 3982 e de 3535 a 3945 kcal/kg⁻¹, respectivamente. Na fase de 31 a 40 dias os valores de EMA e EMA_n variaram de 3029 a 4143 e de 2975 a 4048 kcal/kg⁻¹, respectivamente. Os valores de CMA e CMA_n para a fase de 11 a 20 dias de idade reduziram linearmente, variando de 62,70 a 87,89 e de 61,53 a 84,41%, respectivamente. Na fase de 21 a 30 dias os coeficientes também reduziram linearmente, variando de 84,27 a 91,69 para CMA e de 81,39 a 90,83% para CMA_n . Em contraste, durante a fase de 31 a 40 dias, os coeficientes apresentaram efeito linear crescente, valores estes que variaram de 69,76 a 95,39 para CMA e de 68,51 a 93,21% para CMA_n . A glicerina bruta pode ser utilizada como fonte energética na alimentação de frangos de corte, pois apresenta valores elevados de energia metabolizável. No entanto, os valores de EMA e EMA_n e seus coeficientes de metabolizabilidade da glicerina bruta variam de acordo com os níveis de inclusão na ração referência e da idade das aves.

Palavras-chave: Avicultura, glicerol, subproduto, valores energéticos

¹ Mestres em Zootecnia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE, Marechal Cândido Rondon, PR. E-mail: jeffersson_henz@hotmail.com; kiko_schone@hotmail.com; evelineberwanger@hotmail.com

² Prof. do Programa de Pós Graduação *Stricto Sensu* em Zootecnia, UNIOESTE, Marechal Cândido Rondon, PR. E-mail: nunesrv@hotmail.com

³ Profª, Programa de Pós Graduação *Stricto Sensu* em Zootecnia, Universidade Federal da Grande Dourados, UFGD, Dourados, MS. E-mail: cinthiaeyng@hotmail.com

⁴ Profª, curso de Zootecnia, UNIOESTE, Marechal Cândido Rondon, PR. E-mail: ylopesdasilva@yahoo.com.br

⁵ Discentes de Doutorado no Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Zootecnia, Universidade Estadual de Maringá, UEM, Maringá, PR. E-mail: tacideoliveira@hotmail.com; sangalicp@hotmail.com

* Autor para correspondência

Abstract

The values of apparent metabolizable energy (AME), the AME corrected for nitrogen retention (AME_n) and their respective metabolization coefficients (CME and CME_n) of crude glycerin were determined utilizing the total excreta collection method with broiler chickens at different ages. A randomized complete design was used, with six treatments, six replications and ten, five and four birds per experimental unit in the periods from 11 to 20 days, from 21 to 30 days and from 31 to 40 days of age, respectively. The test food replaced the reference diet in 0; 3; 6; 9; 12 and 15% and the experimental period for each phase lasted ten days, five of which for adaptation and five for total collection. The AME and AME_n values in the phase from 11 to 20 days ranged from 2723 to 3817 and from 2672 to 3667 kcal/kg⁻¹, respectively. In the phase from 21 to 30 days the AME and AME_n values ranged from 3660 to 3982 and from 3535 to 3945 kcal/kg⁻¹, respectively. In the phase from 31 to 40 days the AME and AME_n values ranged from 3029 to 4143 and from 2975 to 4048 kcal/kg⁻¹, respectively. The values of CME and CME_n linearly decreased from 11 to 20 days of age, ranging from 62.70 to 87.89 and 61.53 to 84.41%, respectively. During the phase from 21 to 30 days the coefficients also linearly decreased, ranging from 84.27 to 91.69 for CME and from 81.39 to 90.83% for CME_n . In contrast, during the phase from 31 to 40 days, the coefficients linearly increased, values ranging from 69.76 to 95.39 for CME and from 68.51 to 93.21% for CME_n . The crude glycerin can be used as an energy source in broiler diets, because it has high levels of metabolizable energy. However, the values of AME and AME_n and the metabolization coefficients of crude glycerin vary according to the levels in the reference diet and age of the birds.

Key words: Aviculture, byproduct, energy values, glycerol

Introdução

O biodiesel é produzido a partir de óleos e gorduras (vegetal ou animal) por um processo de transesterificação das moléculas de lipídeos (triglicerídeo) e álcool (metanol) utilizando um catalizador (NaOH ou KOH). A reação química durante este processo gera metil ésteres alquílicos (biodiesel) e co-produtos, como a glicerina bruta (MIN et al., 2010). O Brasil está entre os maiores produtores mundiais de biodiesel, com uma produção de 2,4 milhões de litros em 2010, gerando 240 mil toneladas de glicerina (SILVA et al., 2012). Além disso, a indústria americana do biodiesel estima uma produção de 635 milhões de quilos de glicerina bruta entre 2006 e 2015 (PARSONS; SHELOR; DROUILLARD, 2009).

A glicerina bruta pode ser utilizada na indústria farmacêutica e cosmética após um processo de refinamento (SEHU et al., 2012), no entanto, esses procedimentos oneram o custo de obtenção do produto final. Assim, vem sendo estudadas alternativas de utilização deste produto na forma bruta, como a inclusão na alimentação animal, como fonte de energia (LAMMERS et al., 2008a; SEHU

et al., 2013; SILVA et al., 2012; JUNG; BATAL, 2011), buscando reduzir os custos da nutrição na produção animal. De fato, a glicerina bruta apresenta em sua composição o glicerol, molécula que possui propriedade glicogênica bem estabelecida (MIN et al., 2010).

No entanto, os valores de composição química e energética da glicerina bruta reportados na literatura apresentam grande variação (JUNG; BATAL, 2011). Segundo Lammers et al. (2008b) esta variabilidade pode estar correlacionada a pureza das amostras, variando em consequência das técnicas utilizadas na produção do biodiesel. Kerr, Dozier e Bregendahl (2007) afirmaram que a composição da glicerina bruta pode variar de 78 a 85% de glicerol, 8 a 15% de água, 2 a 10% de sal (NaCl ou KCl), 0,5% de ácidos graxos livres e menos de 0,5% de metanol. Dadas estas especificações gerais, a quantidade de sal e metanol deve ser considerada nas formulações das rações, pois estes compostos podem ser deletérios ao organismo animal (JUNG; BATAL, 2011). Além da composição química outro fator que pode influenciar nos valores de energia metabolizável aparente da glicerina é a idade das

aves (DOZIER et al., 2008).

Neste contexto, experimentos visando caracterizar e compreender a capacidade do organismo animal em utilizar a glicerina bruta em diferentes idades como fonte alternativa de energia são necessários, pois existe uma grande variabilidade e discrepância de resultados apresentados na literatura. Assim, o presente trabalho teve como objetivo determinar os valores de energia metabolizável aparente (EMA), EMA corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMA_n) e seus respectivos coeficientes de metabolizabilidade da glicerina bruta para frangos de corte em diferentes idades.

Material e Métodos

Este trabalho foi realizado no Laboratório de Metabolismo de Aves da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, *Campus* de Marechal Cândido Rondon - PR. Para a determinação dos

valores energéticos da glicerina bruta foi utilizado o método de coleta total de excretas com frangos de corte em três diferentes idades, 11 a 20, 21 a 30 e 31 a 40 dias de idade.

As aves foram alojadas em gaiolas de metabolismo e distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado, com cinco rações experimentais, uma ração referência e seis repetições. Ao todo foram utilizadas dez, cinco e quatro aves por unidade experimental para as fases de 11 a 20; 21 a 30 e 31 a 40 dias de idade, com peso inicial de $225 \pm 1,02$, $1223 \pm 7,99$ e $2435 \pm 11,25$ gramas, respectivamente. O alimento teste, glicerina bruta, substituiu em 3; 6; 9; 12 e 15% a ração-referência (Tabela 1), formulada segundo as exigências propostas por Rostagno et al. (2011) para cada fase estudada. A glicerina bruta utilizada apresentou 89,60% de matéria seca; 4949 kcal.kg⁻¹ de energia bruta; 0,043% de proteína bruta; 2,75% de sódio e 3,50% de cloro, todos os valores expressos na matéria natural.

Tabela 1. Composição das rações referência.

Ingredientes (%)	Continua ...		
	11-20 dias	21-30 dias	31-40 dias
Milho grão 7,88%	57,129	58,198	63,603
Farelo de soja 45%	35,360	33,310	28,280
Óleo de soja degomado	3,410	4,750	4,430
Fosfato bicálcico	1,836	1,684	1,537
Calcário calcítico	0,906	0,851	0,811
Sal comum	0,503	0,478	0,452
DL-Metionina 99%	0,269	0,234	0,236
L-Lisina.HCl 78%	0,217	0,165	0,250
L-Treonina 99%	0,065	0,035	0,067
L-Valina 99%	0,010	0,000	0,039
Premix Mineral ¹	0,050	0,050	0,050
Premix Vitaminico ²	0,100	0,100	0,100
Cloreto de colina 60%	0,060	0,060	0,060
Coxistac ³	0,060	0,060	0,060
Surmax 200 ⁴	0,005	0,005	0,005
Antioxidante ⁵	0,020	0,020	0,020
Total	100	100	100
Valores Calculados			
Energia metabolizável (kcal/kg)	3.050,00	3.150,00	3.200,00
Proteína bruta (g/kg)	211,40	202,00	185,00

	... Continuação		
	11-20 dias	21-30 dias	31-40 dias
Valores Calculados			
Cálcio (g/kg)	9,00	8,37	7,75
Fósforo disponível (g/kg)	4,49	4,18	3,86
Lisina digestível (g/kg)	11,89	10,99	10,48
Metionina + Cistina digestível (g/kg)	8,44	7,91	7,55
Valina digestível (g/kg)	8,92	8,46	8,07
Triptofano digestível (g/kg)	2,32	2,21	1,97
Treonina digestível (g/kg)	7,73	7,14	6,81
Sódio (g/kg)	2,18	2,08	1,98
Potássio (g/kg)	8,07	7,72	6,95

¹ suplemento mineral, conteúdo: Mg – 16,0 g; Fe – 100,0 g; Zn – 100,0 g; Cu – 2,0 g; Co – 2,0 g; I – 2,0 g; e veículo q. s. p. – 1.000 g.

² suplemento vitamínico, conteúdo: Vit. A – 10.000.000 UI; Vit D3 – 2.000.000 UI; Vit E – 30.000 UI; Vit B1 – 2,0 g; Vit B6 – 4,0 g; Ac. Pantotênico – 12,0 g; Biotina – 0,10 g; Vit K3 – 3,0 g; Ac. Fólico – 1,0 g; Ac. Nicotílico – 50,0 g; Vit B12 – 15.000 mcg; Selênio – 0,25 g; e Veículo q. s. p. – 1.000 g.

³ salinomicina; ⁴ avilamicina; ⁵ BHT.

Fonte: Elaboração dos autores.

O período experimental de cada fase teve duração de dez dias, sendo cinco de adaptação e cinco dias para a coleta total de excretas. As excretas de todas as unidades experimentais foram coletadas em bandejas recobertas com plástico a intervalos de 12 horas para evitar possível fermentação. As excretas foram então acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em freezer a -18°C, até o final do período de coleta. Ao término de cada fase experimental, a quantidade total de excretas produzidas por unidade experimental foi determinada. As rações de cada unidade foram pesadas no início e no final do período total da coleta com a finalidade de se obter o consumo médio de ração.

Ao término de cada período de coleta, as excretas foram descongeladas, homogeneizadas e uma amostra de aproximadamente 150g por unidade experimental foi retirada, seca em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas, moída e posteriormente analisada para matéria seca (MS), energia bruta (EB) e nitrogênio total (N), segundo as metodologias descritas por Silva e Queiroz (2002).

Com base nos resultados das análises de EB e N, valores estes ajustados para a matéria seca, foram

calculados os valores de EMA e EMA_n, utilizando as equações propostas por Matterson et al. (1965). Obtidos os valores de EB, EMA e EMA_n foram calculados os coeficientes de metabolizabilidade dos valores energéticos.

Como procedimento estatístico, os resultados dos coeficientes de metabolizabilidade foram submetidos à análise de variância e posterior análise de regressão polinomial ao nível de 5% de probabilidade, em função dos diferentes níveis de inclusão de glicerina bruta nas rações experimentais através do Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas – SAEG (UFV, 1999).

Resultados e Discussão

A inclusão de glicerina bruta no período de 11 a 20 dias de idade apresentou um efeito linear decrescente para os coeficientes de metabolizabilidade. Comportamento semelhante foi observado no período de 21 a 30 dias de idade, entretanto neste período as aves apresentaram um melhor aproveitamento da EB como EM (Tabela 2), com 13,75% maior para EMA e 13,85% maior para a EMA_n.

Cerrate et al. (2006) utilizando frangos de corte de quatro a 11 dias de idade para estudar uma glicerina com 3527 kcal.kg⁻¹ de EB obtiveram um coeficiente de metabolizabilidade de 98,08%, aproveitamento este bem superior ao encontrado no presente trabalho.

A redução nos valores energéticos com o aumento da inclusão de glicerina bruta observada no presente trabalho, para as fases de 11 a 20 e de 21 a 30 dias de idade, pode estar relacionada à reabsorção renal do glicerol, pois quando não reabsorvido é excretado juntamente com a urina pelo organismo da ave (PENZ JUNIOR; GIANFELICE, 2008) o que é sustentado por Bartelt e Schneider (2002) os quais sugeriram que os valores de EM reduzem quando o glicerol não é absorvido pelos rins, sendo seu excesso excretado pela urina.

Neste sentido, as reduções lineares nos coeficientes de metabolizabilidade da energia bruta

podem estar associadas a dois principais fatores que aumentam a excreção de água pelo organismo das aves. O elevado conteúdo de sódio (2,75%) e a porcentagem de glicerol na glicerina bruta, que de acordo com Jung e Batal (2011) pode variar de 34,2 a 86,1%, podem favorecer o aparecimento de excretas mais úmidas. Assim o aumento nos níveis de inclusão da glicerina bruta, elevam as quantidades de sódio e glicerol, sendo que ambos aumentam a umidade da cama. Gianfelici et al. (2011) igualmente enfatiza que o glicerol quando ingerido em excesso, leva ao aumento dos níveis plasmáticos do mesmo no sangue, necessitando sua excreção via urina, com consequente aumento da excreção de água. Como consequência, o maior volume de excretas produzidas pode acarretar em diminuição dos valores de EM, principalmente quando o consumo de ração permanece o mesmo, pois excretas mais líquidas diluem a quantidade de matéria seca excretada.

Tabela 2. Valores energéticos (kcal.kg⁻¹ na matéria natural) (\pm desvio padrão) e coeficientes de metabolizabilidade (%) da glicerina bruta para frangos de corte em diferentes idades alimentados com diferentes níveis de inclusão de glicerina.

Nível de inclusão	EMA	EMA _n	CMA	Continua ...
				CMA _n
11 a 20 dias de idade				
3%	3817 \pm 212	3666 \pm 285	87,89	84,41
6%	3805 \pm 181	3667 \pm 161	87,61	84,43
9%	3487 \pm 213	3410 \pm 177	80,29	78,53
12%	2935 \pm 295	2892 \pm 263	67,59	66,60
15%	2723 \pm 177	2672 \pm 158	62,70	61,53
Média	3354	3262	77,22	75,10
CV (%)	6,56	6,61	6,56	6,61
21 a 30 dias de idade				
3%	3982 \pm 278	3945 \pm 250	91,69	90,83
6%	3906 \pm 293	3817 \pm 256	89,95	87,89
9%	3803 \pm 301	3714 \pm 272	87,57	85,51
12%	3660 \pm 172	3535 \pm 183	84,27	81,39
15%	3723 \pm 209	3555 \pm 190	85,73	81,86
Média	3814	3713	87,84	85,50
CV (%)	6,71	6,28	6,71	6,28
31 a 40 dias de idade				
3%	3029 \pm 303	2975 \pm 132	69,76	68,51
6%	3114 \pm 205	3087 \pm 225	71,70	71,09

Nível de inclusão	EMA	EMA _n	CMA	... Continuação
				CMA _n
31 a 40 dias de idade				
9%	3929±145	3867±127	90,47	89,05
12%	4118±177	4010±178	94,82	92,33
15%	4143±340	4048±322	95,39	93,21
Média	3667	3598	84,43	82,84
CV (%)	6,70	6,89	6,70	6,89
Equações de Regressão de 11 a 20 dias				
CMA	98,3355-2,34648x			R ² =0,93
CMA _n	94,1784-2,11958x			R ² =0,92
Equações de Regressão de 21 a 30 dias				
CMA	93,121-0,586778x			R ² = 0,85
CMA _n	92,831-0,815069x			R ² = 0,93
Equações de Regressão de 31 a 40 dias				
CMA	62,1136+2,47937x			R ² =0,86
CMA _n	61,649+2,35447x			R ² =0,86

EMA=energia metabolizável aparente; EMA_n=EMA corrigida pela retenção de nitrogênio; CMA=coeficiente de metabolizabilidade da EMA; CMA_n=coeficiente de metabolizabilidade da EMA_n; CV=coeficiente de variação.

Fonte: Elaboração dos autores.

Apesar da influência negativa observada nas fases anteriores, durante o período de 31 a 40 dias de idade, os valores de CMA e CMA_n aumentaram linearmente de acordo com o aumento dos níveis de inclusão de glicerina bruta (Tabela 2), ou seja, quanto maior o nível de inclusão maior os valores de EMA e EMA_n. Os maiores valores energéticos observados nesta fase podem estar relacionados ao maior desenvolvimento do trato gastrointestinal, conseguindo dessa forma, melhor aproveitamento da dieta fornecida com consequente reabsorção do glicerol nos rins.

Em um estudo realizado por Dozier et al. (2008) os valores de EMA_n da glicerina bruta foram 3621; 3331 e 3349 kcal.kg⁻¹ para frangos de corte de quatro a 11; de 17 a 25 e de 37 a 45 dias respectivamente, cujos valores de CMA_n foram de 99,89; 91,89 e 92,38%, para as diferentes fases estudadas. Estes valores de EMA_n estão próximos aos encontrados neste trabalho para as diferentes fases estudadas, entretanto as diferenças encontradas para os coeficientes de metabolizabilidade chegam a 33%. Estes resultados demonstram a constante

necessidade de se avaliar alimentos e que os valores de EM devem ser expressos pelos seus coeficientes de metabolizabilidade, indicando a real utilização da energia do alimento teste pelas aves.

Os valores de EM determinados para a glicerina bruta estão próximos quando comparados ao valor de EMA do milho (3381 kcal.kg⁻¹) (ROSTAGNO et al., 2011), o que demonstra o potencial de uso da glicerina bruta como ingrediente energético nas rações para as aves. É importante ressaltar que ao formular rações para aves, deve-se tomar como base o valor de EM da glicerina bruta proporcional ao seu nível de inclusão, também deve ser observado o teor de glicerol e o valor da EB, conforme sugerido por Lammers et al. (2008b).

Os valores de EMA foram, em média, 2,74, 2,66 e 1,86% superiores aos valores de EMA_n para as idades de 11 a 20; de 21 a 30; e de 31 a 40 dias, respectivamente, podendo ser observada uma diminuição na retenção de nitrogênio com o aumento da idade das aves. Esta característica é considerada normal quando os valores de EM são determinados com aves em crescimento, pois na fase

inicial de desenvolvimento ocorre maior retenção de nitrogênio pelas aves em função da deposição de tecido proteico, e esta é mais acentuada quando se faz correção pelas perdas endógenas e metabólicas (NERY et al., 2005).

No entanto, vários fatores podem interferir nos valores de energia metabolizável, como a idade das aves, o alimento, a composição química, os níveis de inclusão do alimento teste, a taxa de consumo e a metodologia utilizada para a determinação dos valores energéticos. Assim, na tentativa de redução dessas variações, o balanço de nitrogênio é utilizado, podendo ser negativo ou positivo (SOARES et al., 2005)

De uma maneira geral, a variação dos valores de CMA e CMA_n observadas no presente estudo estão diretamente correlacionados ao nível de inclusão de glicerina bruta e a idade das aves, ou seja, aves mais jovens não foram capazes de metabolizar toda a energia bruta do alimento energético em níveis elevados de inclusão. Quando comparadas com as aves da fase de 21 a 30 dias, estas tiveram a menor variação dos coeficientes, devido ao seu metabolismo já estar mais estabilizado, conseguindo, dessa forma, metabolizar a energia existente no alimento com mais facilidade. Por outro lado, na fase de 31 a 40 dias, os coeficientes foram superiores nos níveis elevados de inclusão de glicerina bruta, o que justifica o melhor aproveitamento de alimentos energéticos por aves mais velhas.

Conclusões

A glicerina bruta pode ser utilizada como fonte energética na alimentação de frangos de corte, pois apresentou valores elevados de energia metabolizável. No entanto, os valores de EMA e EMA_n e seus coeficientes de metabolizabilidade da glicerina bruta variaram de acordo com os níveis de inclusão na ração referência e da idade das aves. Os valores médios de EMA determinados entre 11 a 20; 21 a 30 e 31 a 40 dias de idade foram de 3353; 3815 e 3667 kcal.kg⁻¹, respectivamente. Com

coeficientes de metabolizabilidade de 77,22; 87,84 e 84,43%, para cada fase. Os valores médios de EMA_n determinados entre 11 a 20; 21 a 30 e 31 a 40 dias de idade foram de 3261; 3713 e 3597 kcal.kg⁻¹, respectivamente. Com coeficientes de metabolizabilidade de 75,10; 85,50 e 82,84%, para cada fase.

Referências

- BARTELT, J.; SCHNEIDER, D. Investigation on the energy value of glycerol in the feeding of poultry and pig. In: Union for the promotion of oilseeds. Scheiften (Heft, 17). *Union Zur Förderung Von Oel-Und Proteinplafalzen E. V.*, Berlin, p. 15-36, 2002.
- 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.
- DOZIER, W. A. III; KERR, B. J.; CORZO, A.; KIDD, M. T.; WEBER, T. E.; BREGENDAHL, K. Apparent metabolizable energy of glycerin for broiler chickens. *Poultry Science*, Savoy, v. 87, n. 4, p. 317-322, 2008.
- GIANFELICI, M. F.; RIBEIRO, A. M. L.; PENZ JR, A. M.; KESSLER, A. M.; VIEIRA, M. M.; MACHINSKY, T. Determination of apparent metabolizable energy of crude glycerin in broilers chickens. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, Campinas, v. 13, n. 4, p. 255-258, 2011.
- JUNG, B.; BATAL, B. Nutritional and feeding value of crude glycerin for poultry. 1. Nutritional value of crude glycerin. *Journal Applied Poultry Research*, Champaign, v. 20, n. 2, p. 162-167, 2011.
- KERR, B. J.; DOZIER, W. A. III.; BREGENDAHL, K. Nutritional value of crude glycerin for nonruminants. In: Proceedings of the 23rd Annual Carolina Swine Nutrition Conference Raleigh, NC, p. 6-18, 2007.
- LAMMERS, P. J.; KERR, B. J.; HONEYMAN, M. S.; SRALDER, K.; DOZIER, W. A. III.; WEBER, T. E.; KIDD, M. T.; BREGENDAHL, K. Nitrogen-corrected apparent metabolizable energy value of crude glycerol for laying hens. *Poultry Science*, Savoy, v. 87, n. 1, p. 104-107, 2008a.
- LAMMERS, P. J.; KERR, B. J.; WEBER, T. E.; DOZIER, W. A. III.; KIDD, M. T.; BREGENDAHL, K.; HONEYMAN, M. S. Digestible and metabolizable energy of crude glycerol for growing pigs. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 86, n. 3, p. 602-608, 2008b.

- MATTERSON, L. D.; POTTER, L. M.; STUTZ, M. W.; SINGSEN, E. P. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. University of Connecticut. *Storrs Agricultural Experiment Station, Research Report*, Tucson, v. 7, p. 1-11, 1965.
- MIN, Y.N.; YAN, F.; LIU, F.Z.; COTO, C.; WALDROUP, P. W. Glycerin - a new energy source for poultry. *International Journal of Poultry Science*, Faisalabad, v. 9, n. 1, p. 1-4, 2010.
- NERY, L. F.; ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S.; BRITO, C.; SILVA, C. R. Composição química e valores energéticos de alguns alimentos usados na alimentação de frangos de corte. In: CONFERÊNCIA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2005, Santos. *Anais...* Santos: APINCO, 2005. p. 73.
- PARSONS, G. L.; SHELOR, M. K.; DROUILLARD, J. S. Performance and carcass traits of finishing heifers fed crude glycerin. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 87, n. 2, p. 653-657, 2009.
- PENZ JUNIOR, A. M.; GIANFELICE, M. O que fazer para substituir os insumos que podem migrar para a produção de biocombustível. *Acta Scientiae Veterinariae*, Porto Alegre, v. 36, p. 107-117, 2008. Suplemento 1.
- ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. T. *Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais*. Viçosa: UFV, Departamento de Zootecnia, 2011. 252 p.
- SEHU, A.; KUCUKERSAN, S.; COSKUN, B.; KOKSAL, B. H. Effects of graded levels of crude glycerine addition to diets on growth performance, carcass traits and economic efficiency in broiler chickens. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, Paşayırı, v. 19, n. 4, p. 569-574, 2013.
- SEHU, A.; KUCUKERSAN, S.; COSKUN, B.; KOKSAL, B. H.; CITIL, O. B. Effects of dietary glycerol addition on growth performance, carcass traits and fatty acid distribution in cloacal fat in broiler chickens. *Revue de Médecine Vétérinaire*, Toulouse, v. 163, n. 4, p. 194-200, 2012.
- SILVA, C. L. S.; MENTEN, J. F. M.; TRALDI, A. B.; PEREIRA, R.; ZAVARIZE, K. C.; SANTAROSA, J. Glycerine derived from biodiesel production as a feedstuff for broiler diets. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, Campinas, v. 14, n. 3, p. 159-232, 2012.
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. Viçosa: UFV, 2002. 235 p.
- SOARES, K. R.; BEERTECHINI, A. G.; FASSANI, E. J.; RODRIGUES, P. B.; FIALHO, E. T.; GERALDO, A.; BRITO, J. A. G. Valores de energia metabolizável de alimentos para pintos de corte na fase pré-inicial. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 29, n. 1, p. 238-244, 2005.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. SAEG - Sistema para análises estatísticas e genéticas. Viçosa, MG: 1999. 59 p. (Manual do Usuário).