



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA

MONIK KELLY DE OLIVEIRA COSTA

**APROVEITAMENTO DE COPRODUTOS DO BIODIESEL: TORTA DE GIRASSOL
E GLICERINA BRUTA EM RAÇÕES PARA POEDEIRAS COMERCIAIS**

FORTALEZA

2019

MONIK KELLY DE OLIVEIRA COSTA

APROVEITAMENTO DE COPRODUTOS DO BIODIESEL: TORTA DE GIRASSOL E
GLICERINA BRUTA EM RAÇÕES PARA POEDEIRAS COMERCIAIS

Tese apresentada ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia (UFC/ UFPB/ UFRPE) da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Zootecnia. Área de concentração: Produção Animal.

Orientador: Prof. Dr. Ednardo Rodrigues Freitas

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- C874a Costa, Monik Kelly de Oliveira.
Aproveitamento de coprodutos do biodiesel: torta de girassol e glicerina bruta em rações para poedeiras comerciais / Monik Kelly de Oliveira Costa. – 2019.
105 f. : il. color.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Fortaleza, 2019.
Orientação: Prof. Dr. Ednardo Rodrigues Freitas.
1. Alimentos alternativos. 2. Propriedades antioxidantes. 3. Glicerol. 4. Oxidação lipídica. I. Título.
CDD 636.08
-

MONIK KELLY DE OLIVEIRA COSTA

APROVEITAMENTO DE COPRODUTOS DO BIODIESEL: TORTA DE GIRASSOL E
GLICERINA BRUTA EM RAÇÕES PARA POEDEIRAS COMERCIAIS

Tese apresentada ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia (UFC/ UFPB/ UFRPE) da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Zootecnia. Área de concentração: Produção Animal.

Aprovada em: __/__/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ednardo Rodrigues Freitas (Orientador)
Universidade Federal Do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Pedro Henrique Watanabe
Universidade Federal Do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Silvana Cavalcante Bastos Leite
Universidade do Vale do Acaraú (UVA)

Prof. Dr. Walbens Siqueira Benevides
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

Dra. Rosa Patrícia Ramos Salles
BIOLAB –Clínica e Laboratório Veterinário LTDA.

Dedico à minha filha, Pietra Bueno Costa Alves, que junto ao meu esposo Allan Bueno Alves da Silva foram minha fortaleza durante esse período.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pois a fé me confortou nos momentos mais difíceis dessa conquista.

Aos meus pais, Évano Fernandes Costa e Francisca das Chagas Soares de Oliveira, que foram a base da minha formação, me apoiando em todos os momentos.

Ao meu esposo, Allan Bueno Alves da Silva, por não me deixar enfraquecer em nenhum instante, e por ser um pai tão presente nos momentos que precisei me ausentar.

À minha filha, Pietra Bueno Costa Alves, pelos sorrisos e abraços apertados que me renovava depois de um dia longo de trabalho.

A todos os familiares e amigos que me acompanharam durante esta jornada, em especial minha sogra, Francisca Alves da Silva.

Ao professor e orientador, Ednardo Rodrigues Freitas, pelo qual tenho grande admiração, pela orientação e conhecimento compartilhado, pela confiança, compreensão, desafios e todo apoio indispensáveis no desenvolvimento deste trabalho.

A todos os alunos de graduação que colaboraram durante o período experimental, pelo esforço e dedicação. Aos colegas de pós-graduação, Heiciane, Andreia, Herbenson, Germana, Davyd, Polyana, Ezequiel, Marcelle, Danilo, Edibergue, Rafael, Amanda, Carla, dentre outros, que me receberam tão bem e tornaram essa jornada menos árdua.

Aos funcionários do Setor de Avicultura da UFC, Izaías, Maninho, Diego e Márcio, da fábrica de ração, pela colaboração nas atividades solicitadas.

Ao Laboratório de Produtos Naturais (LPN) do Departamento de Química da UFC, em especial a professora Dra. Teresa Trevisan e, principalmente, a Dra. Irvila Ricarte pela colaboração dada nas análises químicas, bem como ao Dr. Luíz Arthur Zampieri e a Dra. Dávila de Souza Zampieri por sua prestatividade.

À Universidade Federal do Ceará, em especial ao Departamento de Zootecnia e todos os seus professores pela contribuição na minha formação profissional.

Ao CNPq pelo financiamento do projeto de pesquisa.

A Hy-Line do Brasil pela doação das aves.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

RESUMO

Objetivou-se avaliar os efeitos da inclusão de torta de girassol e glicerina bruta na alimentação de poedeiras leves (brancas) e semipesadas (marrons) sobre a produção e qualidade dos ovos, a quantidade de compostos fenólicos, a capacidade antioxidante (DPPH e ABTS) em ovos desidratados, a oxidação lipídica das gemas *in natura* (TBARS) em ovos frescos e armazenados, bem como a oxidação lipídica no soro e no fígado de poedeiras leves. Para isso foram realizados dois experimentos, em que 320 poedeiras em cada ensaio (leves no primeiro e semipesadas no segundo) foram distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4x2 sendo quatro níveis de inclusão de torta de girassol (0, 7, 14 e 21% para leves e 0, 9, 18, 27% para semipesadas) e dois níveis de inclusão de glicerina bruta (0 e 7%, em ambos ensaios). Para as poedeiras leves e semipesadas, o maior nível de inclusão (21 e 27%, respectivamente) da torta de girassol utilizada reduziu a massa de ovos e piorou a conversão alimentar. Avaliando a qualidade dos ovos de poedeiras leves, a inclusão de torta de girassol a partir do nível de 7% reduziu a coloração da gema. Houve interação para a densidade específica dos ovos de poedeiras leves, em que ocorreu redução na densidade específica quando se incluiu torta de girassol em rações com glicerina. A oxidação lipídica no fígado das poedeiras leves aumentou com a inclusão de torta de girassol, a partir do nível de 14%, e com 7% de glicerina bruta nas rações. Avaliando a qualidade dos ovos de poedeiras semipesadas, houve redução na densidade específica dos ovos e na coloração da gema a partir do nível de 18% nas rações. A adição de 7% de glicerina bruta na ração prejudicou a qualidade da casca dos ovos. Houve interação significativa para a variável cor da gema, em que a inclusão de torta de girassol a partir do nível de 18% nas rações com glicerina reduziu a intensidade de cor da gema. A análise da viabilidade econômica das rações mostrou ser possível incluir os ingredientes testados nas rações de poedeiras leves e semipesadas sem apresentar prejuízos ao produtor. A quantidade de compostos fenólicos nos ovos aumentou com a inclusão da torta de girassol na ração das aves leves e semipesadas. A capacidade antioxidante pelo método DPPH aumentou quando se incluiu 21% para aves leves ou 18 e 27% de torta de girassol para aves semipesadas. Entretanto, pelo método ABTS, a capacidade antioxidante aumentou com a inclusão de 14 e 21% de torta de girassol para aves leves, porém para as aves semipesadas, apenas o nível de 27% teve efeito. A inclusão de 7% de glicerina bruta na ração das poedeiras leves e semipesadas aumentou a oxidação lipídica da gema dos ovos frescos e armazenados. A oxidação lipídica na gema dos ovos frescos reduziu com a inclusão de 7% de torta de girassol na ração de poedeiras leves e em todos os níveis de inclusão deste ingrediente na ração de poedeiras semipesadas. Já

nos ovos de poedeiras leves alimentadas com ração contendo 7% de glicerina bruta, armazenados por 28 dias, a inclusão de torta de girassol aumentou a oxidação lipídica atingindo o máximo valor no nível estimado de 10,71%, reduzindo a oxidação em níveis superiores a este.

Palavras-chave: Alimentos alternativos. Propriedades antioxidantes. Glicerol. Oxidação lipídica.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effects of the inclusion of sunflower cake and crude glycerin in the feeding of lightweigh (white) and semi-heavy (brown) layers in egg production and quality, the amount of phenolic compounds, the antioxidant capacity (DPPH and ABTS) in dehydrated eggs, fresh egg yolk lipid oxidation (TBARS) in fresh and stored eggs, as well as lipid oxidation in serum in lightweigh laying hen. For this, two experiments were performed, in which 320 laying hens in each trial (laying hens light on the first and laying hens semi-heavy on the second) were distributed in a completely randomized design, in a 4x2 factorial scheme with four inclusion levels of sunflower cake (0, 7, 14 and 21% for light laying hens and 0, 9, 18, 27% for semi-heavy laying hens) and two inclusion levels of crude glycerin (0 and 7%). For the light and semi-heavy laying hens, the highest inclusion level (21 and 27%, respectively) of the sunflower cake used in this study reduced egg mass and worsened feed conversion. Evaluating the egg quality of laying hens, inclusion of sunflower cake from the 7% level reduced the color of the egg yolk. There was interaction for the specific density of laying hens eggs, where reduction in specific density occurred when sunflower cake was included in glycerin feed. The lipid oxidation in the liver of lightweight laying hens increased with the addition of sunflower cake from the 14% level and with 7% crude glycerin in the rations. Evaluating the egg quality of semi-heavy hens, there was a reduction in the specific density of the eggs and the color of the yolk from the level of 18% in the rations. The addition of 7% crude glycerin in the feed impaired the eggshell quality. There was significant interaction for the color variable of the yolk, in which the inclusion of sunflower cake from the 18% level in glycerin diets reduced the color intensity of the yolk. The analysis of the economic viability of the rations showed that it is possible to include the tested ingredients in light and semi-weight egg-laying rations without presenting losses to the producer. The antioxidant capacity by the DPPH method increased when 21% for light birds or 18 and 27% for sunflower cake for semi-heavy birds was included. However, by the ABTS method, the antioxidant capacity increased with the inclusion of 14 and 21% of sunflower cake for light birds, but for semi-heavy birds, only the 27% level had an effect. The inclusion of 7% of crude glycerin in the diet of light and semi-heavy layers increased the lipid oxidation of fresh and stored egg yolk. Lipid oxidation in the fresh egg yolk reduced with the inclusion of 7% sunflower cake in the light weight laying hen ration and at all levels of inclusion of this ingredient in the semi-heavy hens. On the eggs of light laying hens fed with ration containing 7% crude glycerin stored for 28 days, the inclusion of sunflower cake

increased lipid oxidation reaching the maximum value at the estimated level of 10.71%, reducing oxidation at higher levels to this.

Keywords: Alternative feedstuffs. Antioxidant properties. Glycerol. Lipid oxidation.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1	Aspectos produtivos de poedeiras comerciais.....	15
2.2	Produção de biodiesel a partir do girassol.....	16
2.3	Torta de girassol.....	17
2.3.1	<i>Composição química.....</i>	18
2.3.2	<i>Fatores limitantes presentes na torta de girassol.....</i>	20
2.3.2.1	<i>Fibra.....</i>	20
2.3.2.2	<i>Ácido fítico.....</i>	21
2.3.2.3	<i>Ácido clorogênico.....</i>	22
2.3.3	<i>Utilização de coprodutos do girassol na alimentação de aves.....</i>	24
2.4	Glicerina bruta.....	26
2.4.1	<i>Processo de obtenção e caracterização.....</i>	26
2.4.2	<i>Composição e nível energético.....</i>	27
2.4.3	<i>Metabolismo do glicerol.....</i>	30
2.4.4	<i>Fatores limitantes.....</i>	32
2.4.5	<i>Utilização da glicerina na alimentação de poedeiras.....</i>	34
2.5	Oxidação lipídica nos alimentos.....	35
2.5.1	<i>Prevenção da oxidação lipídica em ovos.....</i>	37
3	TORTA DE GIRASSOL E GLICERINA BRUTA EM RAÇÕES PARA POEDEIRAS LEVES.....	39
3.1	Introdução.....	41
3.2	Material e métodos.....	42
3.3	Resultados e discussão.....	48
3.4	Conclusão.....	55
4	TORTA DE GIRASSOL E GLICERINA BRUTA EM RAÇÕES PARA POEDEIRAS SEMIPESADAS.....	56
4.1	Introdução.....	58
4.2	Material e métodos.....	59
4.3	Resultados e discussão.....	65
4.4	Conclusão.....	72

5	AÇÃO ANTIOXIDANTE E OXIDAÇÃO LIPÍDICA EM OVOS DE POEDEIRAS COMERCIAIS ALIMENTADAS COM TORTA DE GIRASSOL E GLICERINA BRUTA.....	73
5.1	Introdução.....	75
5.2	Material e métodos.....	76
5.3	Resultados e discussão.....	79
5.4	Conclusão.....	86
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	87
	REFERÊNCIAS.....	88

1 INTRODUÇÃO

A avicultura é uma atividade altamente dependente dos insumos como milho e farelo de soja para a fabricação das rações, que oneram os custos de produção. Assim, uma opção para viabilizar a produção refere-se à inclusão de subprodutos agrícolas ou resíduos agroindustriais na formulação de rações (WOYENGO *et al.*, 2014).

Nesse cenário, o aumento na disponibilidade de coprodutos gerados na indústria do biodiesel, a exemplo da torta de girassol e da glicerina bruta, tem estimulado as pesquisas com sua utilização na alimentação dos animais, como forma de minimizar os custos com alimentação.

A utilização desses alimentos alternativos é importante, pois, se não forem usados na alimentação animal passarão a ser depositados no meio ambiente, acarretando problemas, além disso, aumenta o leque de opções para o nutricionista no momento de formular as rações, possibilitando menores custos.

A torta de girassol é um dos coprodutos resultantes da extração mecânica do óleo utilizado na produção de biodiesel (OLIVEIRA, 2003). Em estudo realizado por Souza (2018) a torta de girassol apresentou 92,81% de matéria seca (MS), 5.533 kcal/kg de energia bruta, 20,85% de proteína bruta, 47,36% de fibra em detergente neutro, 31,20% de fibra em detergente ácido, 16,72% de extrato etéreo e 2,87% de matéria mineral.

Já a glicerina bruta pode ser obtida a partir de reações de transesterificação, ou seja, a partir de reações entre lipídeos (óleos e/ ou gorduras) e um álcool, na presença de um catalisador. Apesar das diferenças na composição resultantes de fontes de gordura, método de processamento e reagentes utilizados para a produção de biodiesel, vários autores mostraram que a glicerina tem alto valor de energia para aves (LAMMERS *et al.*, 2008; DOZIER *et al.*, 2011; JUNG e BATAL, 2011).

Além de servir como fonte de energia, o glicerol também pode ter efeito positivo sobre a retenção de aminoácidos, pois 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 (CERRATE *et al.*, 2006).

Porém, existem alguns fatores que limitam a inclusão desses alimentos em rações destinadas a aves de postura. Dentre eles estão o teor de fibra, ácido fítico e ácido clorogênico da torta de girassol e o teor de metanol, sódio e metais pesados da glicerina bruta. Além disso, esses ingredientes são ricos em ácidos graxos insaturados, que trazem benefícios à saúde do

consumidor, porém, são mais sensíveis à deterioração oxidativa e, potencialmente, responsáveis pela formação de peróxidos e alterações nas características sensoriais, como odor, sabor, textura e cor, além da perda de nutrientes e produção de compostos tóxicos, afetando o tempo de prateleira dos alimentos (FERREIRA, 2013).

Entretanto, a torta de girassol é rica em compostos polifenólicos e α -tocoferóis que possuem atividade antioxidante, podendo assim, amenizar os efeitos pró-oxidativos e incrementando ação antioxidante aos ovos trazendo benefícios ao consumidor final ((BUCKLEY *et al.*, 1995; ŽILIC *et al.*, 2010).

Portanto, objetivou-se avaliar os efeitos do aproveitamento de coprodutos do biodiesel (torta de girassol e glicerina bruta) no desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras leves e semipesadas, além da ação antioxidante dos ovos e oxidação lipídica da gema de ovos frescos e armazenados.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos produtivos de poedeiras comerciais

O Brasil é um dos países que mais avançou em tecnologia avícola nas últimas décadas. Grande parte do crescimento desse setor deve-se ao melhoramento genético das aves de postura, que tem proporcionado linhagens de alta produção (TAKATA, 2006).

Esses avanços tornaram as aves mais exigentes quanto aos fatores de ambiência, manejo sanitário e, principalmente quanto aos aspectos nutricionais. Em relação as poedeiras de uma década atrás, a franga atual apresenta peso corporal e idade à postura 5% menores, com o número total de ovos e a massa de ovos maiores, com melhor conversão e eficiência alimentar (COSTA; PINHEIRO; LIMA, 2015).

Dentre as linhagens disponíveis no mercado, aquelas denominadas leves e que produzem ovos com casca de coloração branca apresentam alta performance. A *Hy-Line W36* por exemplo, até 90 semanas produz de 420 a 432 ovos por ave com uma conversão alimentar/kg de ovo de 1,87 a 1,97, além de produzir ovos de qualidade superior com boa resistência de casca. Já as denominadas semipesadas e que produzem ovos com casca marrom, como por exemplo a *Hy-Line Brown*, até 90 semanas produz de 419 a 432 ovos/ave com uma conversão alimentar por kg de ovo entre 1,98 e 2,10, apresentando um apetite moderado e boa rusticidade, com excelente viabilidade (HY-LINE INTERNATIONAL, 2016).

Cada linhagem apresenta recomendações de acordo com suas características fisiológicas e de crescimento, que são diferentes devido à pressão de seleção aplicada às diversas variáveis de desempenho durante o processo de melhoramento genético (SUCUPIRA, 2014).

A alimentação das galinhas poedeiras é complexa, sendo necessário que sejam atendidos com precisão os requerimentos nutricionais destas aves para que possam expressar o máximo do potencial que a genética permite. Porém, o alto preço dos ingredientes das rações motiva os nutricionistas a buscarem por alimentos alternativos que possam substituir os comumente utilizados, garantindo os elevados níveis de produção atingidos pelas linhagens comerciais modernas (WOYENGO *et al.*, 2014).

2.2 Produção de biodiesel a partir do girassol

Os sucessivos aumentos do preço do petróleo e as crescentes preocupações ambientais despertaram o interesse de muitos países para a utilização de combustíveis alternativos, como forma de ampliar e diversificar a oferta de fontes energéticas, produzidas a partir de fontes renováveis, de forma ambientalmente correta e sustentável. Dentre os combustíveis alternativos, o biodiesel vem ganhando um grande destaque nos últimos anos, podendo ser produzido a partir de óleos ou gorduras vegetais e animais (APROBIO, 2018).

A obtenção do biodiesel ocorre por diferentes processos, tais como o craqueamento, a esterificação ou pela transesterificação. Atualmente, a transesterificação é o processo mais utilizado, que consiste na reação química de gorduras ou de óleos vegetais com o metanol ou etanol, estimulado por uma solução catalisadora (hidróxido de sódio, hidróxido de potássio ou metilato), do qual se obtém ésteres (biodiesel) e a glicerina (FERRARI *et al.*, 2005; ABDALLA *et al.*, 2008).

A produção de biodiesel no Brasil apresenta-se em franco desenvolvimento, desde que a Lei nº 11.097, publicada em janeiro de 2005, introduziu o seu uso na matriz energética nacional. Em conformidade com a resolução nº 6/2009 do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), a partir de 2010 o óleo diesel comercializado em todo o Brasil deveria conter 5% de biodiesel, devendo atingir 20% no ano de 2020. Porém esse aumento foi mais lento que o programado, em março de 2018, o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) aprovou a medida que determina o aumento de 8% para 10% de biodiesel (B10) na mistura com o óleo diesel. Com isso a expectativa do mercado é de alcançar, ainda esse ano, o patamar de 5 bilhões de litros. Esse fato consolida o Brasil como o 2º maior produtor e consumidor de biodiesel, ficando atrás apenas dos Estados Unidos (APROBIO, 2018).

Nesse sentido, o Brasil, com sua extensão territorial e diversidade climática, apresenta potencial para a produção de diferentes espécies oleaginosas para a produção deste biocombustível, com destaque para os grãos de algodão, amendoim, dendê, girassol, mamona, pinhão manso e soja (SEBRAE, 2007).

O girassol (*Helianthus annuus L.*) se apresenta como uma das mais promissoras oleaginosas para a produção de biodiesel, por ser uma cultura de fácil trato, alto rendimento de produção e de ciclo agrícola curto, de apenas 100 dias, além de apresentar alto teor de óleo nos seus grãos (EMBRAPA, 2011). Sua produtividade está entre 1,5 a 2 toneladas por hectare e seu teor de óleo pode variar de 28 a 48%, dependendo do solo, do clima e do tipo de adubação

utilizada rendendo, portanto, de 500 a 900 quilos de óleo por hectare, contra 200 a 400 quilos, obtidos com a soja (SEBRAE, 2007).

Pighinelli (2010) estudando grãos produtores de óleos vegetais (soja, amendoim, algodão e girassol) para produção de biodiesel, verificou que o girassol se apresentou como a melhor opção, pois o seu óleo além de ter um bom rendimento, também se caracterizou pela facilidade de transesterificação e purificação, sem exigir aquecimento.

É importante destacar que o cultivo do girassol para a produção de biodiesel, além de todas as vantagens já citadas, proporciona a geração de empregos no campo, constituindo uma fonte alternativa de renda, principalmente para a agricultura familiar (EMBRAPA, 2011). Isso se deve à facilidade de associação dessa cultura a outras atividades (como por exemplo, a criação de abelhas) e da obtenção do óleo bruto através de simples extração mecânica. Porém, a utilização desta fonte de matéria prima para a produção de biodiesel deverá considerar alguns aspectos, entre os quais o aproveitamento dos coprodutos gerados, como a torta de girassol e a glicerina.

2.3 Torta de girassol

A torta de girassol é resultado do esmagamento mecânico do grão com a casca, sem cozimento ou utilização de solvente, e tem gerado grande interesse para uso na alimentação animal, por sua fácil obtenção na propriedade, além da disponibilização do óleo bruto, que pode ser processado para uso na alimentação humana, ou aproveitado como combustível não poluente, de baixo custo e eficiente para tratores agrícolas (OLIVEIRA; CÁCERES, 2005).

Com o objetivo de proporcionar alternativas viáveis aos produtores de oleaginosas, que ficam distantes das indústrias processadoras dos grãos e inviabilizados de cultivá-las devido ao elevado preço do transporte, desenvolveram-se equipamentos de pequena capacidade e fácil operação para a extração do óleo vegetal. As miniprensas são ideais para pequenas propriedades e cooperativas, com capacidade para processar de 20 a 50 kg de matéria seca por hora (OLIVEIRA; VIEIRA, 2004).

O rendimento da torta de girassol varia, mas geralmente, com o processo de prensagem a frio, pode ser extraído em torno de 1/3 de óleo em relação ao peso total dos grãos, e a torta poderá apresentar teores de extrato etéreo entre 16,72 a 26,55% (OLIVEIRA, 2012). Segundo San Juan e Villamide (2000), a prensagem mecânica a 80 °C de 1000 g de grãos de girassol, gera 340 g de óleo e 660 g de torta de girassol, apresentando este uma quantidade considerável de óleo residual.

2.3.1 Composição química

A torta de girassol apresenta uma grande variação na sua composição química e valor energético para aves. Isso se deve, principalmente, às variações nos tipos de cultivar plantado, clima e condições de solo que afetam a composição do grão e ao tratamento desses grãos (decorticados ou não) antes da prensagem e do tipo e regulagem da prensa utilizada (DUTTA *et al.*, 2002). Essa variação na composição da torta ocorre principalmente nos teores de extrato etéreo, proteína bruta e fibra, exigindo maior atenção no momento da formulação das rações, a fim de evitar influência negativa sobre o consumo e digestibilidade dos nutrientes, o que poderá prejudicar o desempenho dos animais (OLIVEIRA *et al.*, 2007).

Os níveis de proteína bruta (PB) da torta de girassol variam de 20,85 a 27,79%. A quantidade de extrato etéreo (EE) dependendo da regulagem da prensa pode variar de 16,72 a 26,55%, resultando em variação nos níveis de energia metabolizável aparente para aves de 1.711 a 3.217 kcal/kg. Já os níveis de fibra, que dependem da decorticação das sementes variam entre 31,49 a 47,36% de fibra em detergente neutro e 24,19 a 37,49% de fibra em detergente ácido, níveis estes elevados para aves, devido a baixa eficiência em digerir esse tipo de composto (OLIVEIRA *et al.*, 2012; PINHEIRO *et al.*, 2013; BERWANGER *et al.*, 2014; KARGOPOULOS *et al.*, 2017; SOUZA, 2018). Os teores de aminoácidos digestíveis na torta de girassol estão em torno de 0,60% de lisina, 0,47% de metionina e 0,70% de metionina + lisina (BERWANGER *et al.*, 2014).

A torta de girassol apresenta características peculiares como o alto teor de lipídeos e fibra em comparação aos ingredientes tradicionalmente utilizados na ração de aves como o milho e o farelo de soja (Tabela 1). O farelo de girassol é o ingrediente mais estudado quando se fala em coprodutos advindos da semente de girassol, devido seu método de extração do óleo ser mais eficiente, além disso, apesar do alto nível de fibra, o farelo de girassol apresenta composição mais próxima dos ingredientes convencionais.

O óleo residual presente na torta de girassol é constituído em maior concentração por ácido linoleico que representa aproximadamente 51,98% da sua composição (ROSTAGNO *et al.*, 2017), um ácido graxo poli-insaturado também conhecido como ômega 6, que tem como efeito benéfico para saúde do consumidor a capacidade de reduzir os níveis de LDL e aumentar os de HDL (NOVELLO; FRANCESCHINI; QUINTILIANO, 2008). O ácido graxo oleico ou ômega 9, representa aproximadamente 32,19% da composição deste óleo (ROSTAGNO *et al.*, 2017). Por ser obtida através da prensagem do grão, sem refino, pelo fato de não envolver altas temperaturas, esse óleo mantém inalterada sua composição química, principalmente no que diz

respeito ao teor de tocoferóis, compostos que apresentam atividade de vitamina E, e são antioxidantes naturais.

Tabela 1 - Composição nutricional dos principais ingredientes que podem ser substituídos pela torta de girassol (valores expressos na matéria natural)

	Milho ¹	Farelo de Soja ¹	Farelo de girassol ¹	Torta de girassol ²
EMA (kcal/kg)	3.294	2.341	1.905	2.651
PB (%)	6,92	45,4	33,4	24,39
FDN (%)	12,3	13,6	40,7	38,67
FDA (%)	3,31	7,76	26,3	29,37
EE (%)	3,5	1,95	1,98	21,95
Ácido Oleico ³ (%)	0,8	0,3	0,2	1,4
Ácido Linoleico ³ (%)	1,66	0,6	0,6	4,1
Ácido Linolênico ³ (%)	0,03	0,1	0	0
Fósforo Disponível ³ (%)	0,12	0,24	0,18	0,19
Fósforo Fítico ³ (%)	0,36	0,42	0,87	0,81

EMA: Energia metabolizável aparente; PB: Proteína Bruta; FDN: Fibra em Detergente Neutro; FDA: Fibra em Detergente Ácido; EE: Extrato Etéreo; Ác: ácido. ¹Tabelas brasileiras de aves e suínos (ROSTAGNO *et al.*, 2017). ²Média de vários autores ((CHUNG *et al.* (2009); OLIVEIRA *et al.* (2012); PINHEIRO *et al.* (2013); BERWANGER *et al.* (2014); KARGOPOULOS *et al.* (2017); SOUZA (2018)). ³FEDNA (2017).

A qualidade nutricional de um óleo está diretamente relacionada com sua composição em ácidos graxos essenciais que não são sintetizados pelos animais e por serem essenciais, torna-se necessária sua inclusão na dieta. O ácido graxo araquidônico e eicosapentaenoico, por exemplo, são sintetizados a partir do ácido linoleico e linolênico, respectivamente, os quais são precursores de compostos regulatórios no organismo animal, como as prostaglandinas (NELSON; COX, 2002). Além disso, os ácidos graxos poliinsaturados estão associados à redução dos níveis de colesterol plasmático total, prevenção da aterosclerose, diminuição dos riscos de doenças cardiovasculares, como infarto do miocárdio, acidentes vasculares cerebrais (AVC), trombozes, dentre outras (HORNSTRA, 2000).

Outro efeito benéfico da torta de girassol está relacionado a presença de compostos antioxidantes como α - tocoferóis, ácido clorogênico, ácido quínico e ácidos cafeícos que estão concentrados na amêndoa (ŽILIĆ *et al.*, 2010). Em baixas concentrações esses compostos apresentam ação antioxidante eficaz, capaz de eliminar os radicais livres e inibir a oxidação de vários substratos lipídicos (SHAHIDI; CHANDRASEKARA; ZHONG, 2010). Dentre esses, o composto fenólico de maior relevância é o ácido clorogênico, com concentrações que variam de 1,1% a 4,5%, sendo em média de 2,8% na semente (DORRELL, 1976).

2.3.2 Fatores limitantes presentes na torta de girassol

2.3.2.1 Fibra

O principal fator limitante para utilização da torta de girassol na alimentação de animais monogástricos é o alto teor de fibras, principalmente de polissacarídeos não-amiláceos (PNA), que por não ser digerível por estes animais, acabam diminuindo a energia metabolizável das rações (WARPECHOWSKI, 2005; SENKOYLU e DALE, 2006). Além disso, as propriedades físico-químicas da fibra vegetal se caracterizam por influir sobre o trânsito digestivo das dietas, a absorção de minerais, a absorção dos sais biliares e metabolismo dos lipídios (JANSSEN; CARRÉ, 1989).

As fibras podem ser classificadas de acordo com sua estrutura e solubilidade em água. Quanto à estrutura, grande parte das fibras pertencem ao grupo de polissacarídeos, podendo ser carboidrato estrutural, que incluem os constituintes da parede celular, ou carboidratos não estruturais, que incluem os carboidratos presentes no conteúdo celular.

Por outro lado, com base na sua solubilidade em água, as fibras podem ser classificadas em solúveis e insolúveis. Na fração insolúvel da fibra encontram-se a lignina, os polissacarídeos não amiláceos (PNA) celulose e hemiceluloses insolúveis, os taninos, as cutinas e outros compostos minoritários, enquanto que na fração solúvel da fibra são encontradas as hemiceluloses solúveis e as substâncias pécticas (VAN SOEST *et al.*, 1991).

De acordo com Antoszkiewicz *et al.* (2004), 90% da fibra bruta da torta de girassol é insolúvel, com destaque para a celulose, que é o principal constituinte da parede celular das plantas e abundante nos vegetais fibrosos. Para animais monogástricos, esta apresenta baixa digestibilidade, podendo reduzir a digestibilidade de outros nutrientes (ANDRIGUETTO, 2002). O teor de fibra bruta e lignina da torta de girassol, bem como as frações de polissacarídeos não amiláceos solúveis e insolúveis estão expostos na tabela 2.

A lignina é um éster fenólico, e se encontra principalmente nas palhas, cascas de cereais e em gramas tropicais, não é utilizada pelo trato digestivo dos animais e possui forte capacidade de ligação iônica com elementos minerais fazendo com que as dietas ricas em fibra interfiram negativamente na absorção de minerais (ARRUDA *et al.*, 2003).

O aumento nos teores de fibra insolúvel na dieta pode provocar diminuição no tempo de passagem da digesta pelo trato gastrintestinal, podendo ser decorrente da estimulação física da fibra insolúvel sobre as paredes do trato gastrintestinal (TGI), que tende a aumentar a

motilidade, diminuindo a ação das enzimas digestivas sob a digesta devido menor tempo que o bolo alimentar fica no trato gastrointestinal. O aumento dos teores desta fração provoca também diluição da energia da dieta, levando a um aumento compensatório no consumo para que atinja os níveis energéticos exigidos para o crescimento, desenvolvimento e produção (WARPECHOWSKI, 1996). De acordo com Larbier e Leclerq (1994), o aumento da fibra insolúvel na dieta aumenta linearmente a excreção endógena de nitrogênio, o que afeta diretamente a energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio.

Tabela 2 - Conteúdo fibroso da torta de girassol (g/kg de matéria seca)

Fração	Torta de Girassol	
Lignina	161,4	
Fibra Bruta	379,3	
	PNA	
	Solúveis	Insolúveis
Ramnose	1,21	2,41
Frutose	0,14	0,81
Arabinose	8,25	16,94
Xilose	5,13	90,51
Manose	1,41	9,11
Galactose	3,4	6,31
Glicose	4,41	164,3
Ácido urônico	18,7	26,8
Total	42,65	317,17

Fonte: Kalmendal *et al* (2011).

A capacidade de troca catiônica (CTC) é definida como a propriedade que a fibra apresenta de se ligar a íons metálicos através de sítios ativos disponíveis na sua superfície como carboxilas, aminas, hidroxilas alifáticas e aromáticas livres, entre outros grupos químicos reativos. Estes se encontram principalmente na lignina, na pectina e em taninos (WARPECHOWSKI; CIOCCA, 2002; WARPECHOWSKI, 2005). Devido a CTC, a fibra atua como um agente tamponante, que em condições de pH elevado (meio alcalino) carrega-se com cátions (K^{+1} , Ca^{+2} , Na^{+1} e Mg^{+2}) que são liberados quando o pH diminui (meio ácido). Assim, quando o pH é próximo de neutro, a absorção de alguns elementos no trato gastrointestinal é reduzida (ANNISON e CHOCT, 1991; WARPECHOWSKI, 2005).

2.3.2.2 Ácido fítico

Nos ingredientes vegetais utilizados na ração de poedeiras, a maior parte do fósforo é encontrado como fósforo fítico. Esse fósforo na forma de fitato, em geral, não é biodisponível para aves, devido à quantidade limitada da enzima digestiva fitase, que é requerida para separar o fósforo da molécula de fitato, o que se torna um problema, já que o nível dietético de fósforo para poedeiras pode afetar a produção e a qualidade da casca dos ovos.

Segundo as tabelas de FEDNA (2017), cerca de 80% do fósforo total presente na torta de girassol está na forma de fósforo fítico. Esse fato pode interferir na absorção de minerais, aminoácidos, e inibir a atividade de algumas enzimas (CAMPESTRINI *et al.*, 2005). Por apresentar carga negativa, o ácido fítico pode se ligar com os nutrientes de carga positiva, formando complexos insolúveis com proteína, amido, aminoácidos e minerais, acarretando diminuição da utilização dos mesmos.

O ácido fítico forma compostos estáveis ao se ligar com os íons metálicos, tais como Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn, dificultando a digestão e utilização desses íons. O fósforo na forma de fitato não pode ser utilizado pelo animal até que ele seja hidrolisado em fosfato inorgânico no trato gastrointestinal.

Esse composto também pode se combinar com as enzimas digestivas do animal, tais como amilase, pepsina, tripsina, fosfatase ácida e assim por diante, diminuindo a atividade destas enzimas e a disponibilidade de nutrientes. Além disso, reduz a digestibilidade de outros nutrientes, gera complexos com menor grau de solubilidade e obtém mais resistência à proteólise (LIMA, 2008).

2.3.2.3 Ácido clorogênico

O girassol contém um composto polifenólico conhecido como ácido clorogênico (ROSA, *et al.*, 2011). Embora não se tenha observado efeitos prejudiciais *in vivo* destes compostos em testes alimentares tanto com grão como farelo de girassol, sabe-se que o ácido clorogênico inibe enzimas tais como tripsina e lipase (TREVINO *et al.*, 1998).

Atualmente, o termo ácido clorogênico (ACG) é usado para designar uma família de ésteres formados pela esterificação de um ou mais derivados do ácido trans-cinâmico com o ácido quínico (DE MARIA; MOREIRA, 2004). O grão de girassol apresenta quantidades variáveis de ACG (1,1 a 4,5%), ácido caféico e isômeros do ácido di-cafeoil-quínico que estão concentrados na amêndoa (PEDROSA *et al.*, 2000).

A presença de polifenóis pode afetar a qualidade da proteína de várias maneiras, reduzindo a digestibilidade, alterando as propriedades organolépticas, vida útil, estabilidade e propriedades funcionais da proteína do girassol na alimentação (PRIGENT, 2003)

A presença de ACG no girassol vem sendo estudada devido à sua associação com as cores verde-escuras e marrons desenvolvidas sob condições alcalinas ou durante o processamento aquoso. Este desenvolvimento da cor é o principal fator que dificulta o uso do girassol em produtos alimentícios (DABROWSKI; SOSULSKI, 1984). Tem sido relatado que ACG está envolvido em reações de escurecimento através da ação da polifenol oxidase (FERRERES *et al.*, 1997). O ACG é oxidado por esta enzima em um intermediário α -quinona altamente reativo que pode interagir com o grupo NH₂ da lisina, o grupo SH da cisteína, o grupo SCH₃ da metionina e o anel indol do triptofano em adições nucleofílicas e reações de polimerização, o chamado escurecimento de reações.

Essas transformações destroem aminoácidos, prejudicam a digestibilidade e qualidade destes, além de possibilitar a formação de compostos indesejáveis. Também foi relatado que o ACG reage com tiamina para oxidar o anel tiazol e produz uma forma não absorvível de dissulfureto de tiamina (COMBS 1992). Esse composto também está associado ao aparecimento de manchas na casca dos ovos (ROSE *et al.*, 1972).

Muitos métodos têm sido propostos para remoção dos compostos fenólicos de farelo desengordurado de girassol, como a extração com solventes orgânicos e água, soluções ácidas, salinas, filtração com membranas ou combinação desses processos. Apesar dos processos de extração com solventes orgânicos e água serem eficientes na remoção de ACG, ocorrem alterações na qualidade protéica devido à desnaturação, redução de solubilidade e perdas na recuperação das proteínas (GONZALEZ-PEREZ *et al.*, 2002). Outros processos para remoção de ACG incluem radiação gama associada a tratamentos com calor seco e úmido (FARAG, 1999) e o uso de enzimas (DE LEONARDIS *et al.*, 2006; MARTINEZ e DUVNJAK, 2006).

Segundo Rosa *et al.* (2011), a extração de ACG do farelo desengordurado de girassol é significativamente mais eficiente com metanol que com etanol anidro e o aumento do tempo de contato e da temperatura de extração promovem aumento no rendimento de ACG, entretanto, afirmam que após a extração do ACG com etanol, há possibilidade do uso de farelo de girassol para a alimentação, já os extratos metanólicos teriam vasta aplicação na oleoquímica como antioxidante natural.

Por outro lado, atividade antioxidante de vários polifenóis, como cafeína, ácido clorogênico e cinarina tem sido relatado e estes compostos são eficientes em proteger as

membranas contra danos oxidativos (SATO *et al.*, 1993). Extratos de ACG obtidos com metanol a partir do farelo de girassol foram avaliados quanto à capacidade antioxidante com bons resultados (ALLAM; BASSIUNY, 2002).

2.3.3 Utilização de coprodutos do girassol na alimentação de aves

Experimentos que testam a inclusão de torta de girassol na ração de poedeiras são escassos. Utilizando poedeiras semipesadas, Pinheiro *et al.* (2013) avaliaram os efeitos de níveis de inclusão (0, 7, 14 e 21%) da torta de girassol na alimentação das aves na fase de crescimento (10 a 16 semanas de idade) e produção (18 a 46 semanas de idade) sobre o desempenho, comprimento do metatarso, triglicérido e colesterol sérico na fase de crescimento e sobre o desempenho e características internas e externas dos ovos no período de produção e encontraram efeito significativo dos tratamentos aplicados apenas para unidades Haugh, que piorou com a inclusão de 21% de torta de girassol na ração. Segundos os autores, apesar de proporcionar redução nessa variável, importante atributo indicativo da qualidade interna do ovo, a torta de girassol é um alimento passível de compor até 21% da ração das galinhas poedeiras semipesadas nas fases de crescimento e produção.

Para Kargopoulos *et al.* (2017), testando os níveis de 0, 6,25 e 12,5%, a torta de girassol embora tenha um alto teor de fibra bruta, é uma valiosa fonte de proteína para frangas semipesadas de 0 a 20 semanas e pode ser incluído em suas dietas até um nível de 12,5%, sem efeitos adversos no seu desempenho.

Souza (2018) testando níveis de 0, 5, 10, 15, 20 e 25% de torta de girassol (TG) para poedeiras leves e semipesadas concluiu que a inclusão desse ingrediente na fase de crescimento não influencia a maturidade sexual, o desempenho ou as características e qualidade dos ovos das poedeiras na fase de 18 a 35 semanas de idade.

A extração de óleo através da utilização de solventes químicos e alta temperatura, apesar de ser mais caro e laborioso, é mais eficiente. Por esse motivo o farelo de girassol, em comparação a torta de girassol, é mais comumente encontrado no mercado e conseqüentemente em pesquisas para aproveitamento desse coproduto para poedeiras.

Senkoylu, Akyurek e Samli (2004), testando os níveis de 0, 15 e 20% de substituição do farelo de soja pelo farelo de girassol observaram piora na conversão alimentar das poedeiras alimentadas com rações contendo níveis mais elevados do farelo de girassol. Resultado semelhante foi encontrado por Rezaei e Hafezian (2007) testando um farelo de girassol de alta fibra nos níveis de 0, 5, 10 e 15%.

Em estudo realizado por Shi *et al.* (2012), não houve efeito da inclusão de níveis crescentes (0, 8,26, 16,52 e 24,84%) do farelo de girassol na ração sob o desempenho e a qualidade dos ovos das poedeiras. Assim, poderia ser viável usar o farelo de girassol em rações para poedeiras como um ingrediente disponível que substitui o farelo de soja, sem afetar o desempenho ou os ácidos graxos dos ovos, reduzindo o nível de colesterol na gema e o custo de produção.

Substituindo totalmente o farelo de soja por farelo de girassol de alta proteína e baixa fibra Laudadio *et al.* (2014a) afirmam que o consumo de ração e a produção de ovos foram influenciados positivamente pelo tratamento com farelo de girassol. Os níveis de hormônios esteroides foram afetados pelo tratamento dietético. Concluindo que, poderia ser eficaz incluir farelo de girassol com alto teor de proteína e baixa fibra bruta em dietas de poedeiras em fase inicial (20 a 30 semanas) como uma fonte alternativa de proteína substituindo o farelo de soja, sem influenciar negativamente a produtividade e características do ovo, reduzindo também os custos de produção.

Outro estudo realizado por Laudadio *et al.* (2014b) afirmam que essa substituição do farelo de soja por farelo de girassol nas rações de poedeiras diminui as concentrações de colesterol total e colesterol LDL e aumenta o nível de colesterol HDL no soro e na gema do ovo. Sugerindo que a substituição do farelo de soja convencional por farelo de girassol de baixa fibra pode ser uma alternativa válida em dietas para poedeiras, já que melhora a qualidade dos ovos diminuindo o colesterol da gema.

A suplementação dietética com farelo de girassol na dieta de poedeiras não parece causar nenhum efeito adverso na produção e qualidade de ovos, bem como no status antioxidante de poedeiras. Além disso, a suplementação com farelo de girassol pode levar ao desenvolvimento de ovos com baixo teor de colesterol, conforme exigido pelos consumidores preocupados com a saúde (BAGHBAN-KANANI *et al.*, 2018).

De acordo com Sara *et al.* (2015), a inclusão de 10% de sementes de girassol na alimentação de poedeiras por 8 semanas, melhora o estado oxidativo, sem qualquer elevação do malonaldeído plasmático, apesar do elevado teor de ácidos graxos poli-insaturados na dieta experimental. A melhoria no estado oxidativo reflete na melhoria da saúde e produção da galinha poedeira e possivelmente do consumidor final.

Pereira (2009), testando a inclusão de óleo de soja, farinha de carne e ossos com óleo de soja, farinha de carne e ossos com sebo bovino ou semente de girassol nas rações de poedeiras, concluíram que a ração contendo semente de girassol afeta favoravelmente a composição lipídica do ovo, aumentando o conteúdo dos ácidos oléico e araquidônico, bem

como reduzindo os níveis de colesterol da gema. A maior concentração de ácido oléico (C18:1) nas gemas das aves alimentadas com ração adicionada de semente de girassol reflete a sua presença na ração, uma vez que esta ração apresenta níveis elevados deste ácido graxo. O ácido oleico apresenta grande importância na saúde humana, pois está relacionado a propriedades benéficas, como a redução da oxidação do LDL – colesterol, por exemplo (ANGELIS, 2001).

2.4 Glicerina bruta

2.4.1 Processo de obtenção e caracterização

O biodiesel é obtido através do processo de esterificação dos ácidos graxos dos óleos ou gorduras vegetais e animais, através do uso de um álcool de cadeia curta, na presença de catalisador, gerando como coproduto a glicerina bruta, que representa cerca de 10% do volume total produzido. O processo de produção do biodiesel, consiste na utilização de álcool, metanol ou etanol, e catalisadores, como hidróxido de sódio ou potássio, para que ocorra a separação entre a fase dos ésteres de ácidos graxos, que constitui o biodiesel, e a fase aquosa, que consiste da glicerina bruta.

Este processo químico é chamado de transesterificação ou alcoólise, e consiste na separação da glicerina, através da substituição do glicerol das moléculas de triglicerídeos pelo álcool (RIVALDI *et al.*, 2008).

A transesterificação com álcool consiste em reações consecutivas e reversíveis, que se inicia com a conversão dos triglicerídeos em diglicerídeos. Em seguida, ocorre a conversão dos diglicerídeos em monoglicerídeos, que por sua vez, são convertidos em glicerol, liberando uma molécula de éster metílico ou etílico (dependendo do álcool utilizado) para cada etapa da reação (RIVALDI *et al.*, 2008). A utilização dos catalisadores básicos, hidróxido de sódio (NaOH) e hidróxido de potássio (KOH) tem por finalidade hidrolisar as moléculas de triglicerídeos de forma mais rápida. O catalisador mais utilizado atualmente é o hidróxido de sódio, devido a sua facilidade de obtenção no mercado e por possuir menor valor comercial. Ressaltando que, dependendo do catalisador utilizado, a glicerina bruta gerada possuirá diferentes níveis de sódio ou potássio. Logo, a utilização desta nas formulações de rações para os animais deve levar em conta a mensuração destes minerais (PENZ JUNIOR; GIANFELICI, 2008). Ao final da etapa de transesterificação, a glicerina e os ésteres formam uma massa líquida de duas fases, que são facilmente separadas por decantação ou centrifugação. A fase

menos densa (ou mais leve) é constituída pelos ésteres (biodiesel) e a fase mais densa (ou pesada) é formada da glicerina e impurezas (RIVALDI *et al.*, 2008).

O álcool mais eficiente para o processo é o metanol devido a suas características (cadeia curta e polaridade), porém a utilização do etanol, apesar de ser mais complexa, apresenta fatores positivos, como ser renovável e menos tóxico que o metanol. Quanto aos catalisadores, os básicos promovem uma catálise mais rápida e rendimento alto quando comparado aos ácidos e menor custo quando comparado ao processo enzimático. Uma reação de transesterificação eficiente é determinada pelo menor tempo de reação, maior obtenção de ésteres e maior facilidade de separá-los do glicerol, dessa forma, normalmente excesso de álcool é utilizado na reação para forçar a formação do produto. Esse álcool deve ser recuperado da fase leve, mas também é encontrado na fase pesada (glicerina), que pode ser purificada ou não, dependendo da finalidade e destinação do coproduto (KNOTHE *et al.*, 2006; KRAUSE, 2008).

A glicerina bruta é viscosa, de cor parda escura e contém quantidades variáveis de álcool não reagido, resíduos do catalisador utilizado, água e sabões formados pela reação entre os ácidos graxos livres e o hidróxido de sódio. Nesta fase pode alcançar a concentração de 50 a 70% de glicerol (AIMARETTI *et al.*, 2008). A etapa seguinte consiste na eliminação dos sabões através do processo de acidulação com ácido concentrado, com conseqüente formação de sais. Após essa etapa a glicerina bruta terá aproximadamente 80 a 85% de glicerol na sua composição e quantidades variáveis de água e álcool (RIVALDI *et al.*, 2008; AIMARETTI *et al.*, 2008).

Além disso, esse coproduto pode ainda passar por um processo de purificação feito nas indústrias, através do processo de destilação por alto vácuo ou trocas iônicas, gerando uma glicerina com concentrações superiores a 95% de glicerol e, portanto, sendo chamada de glicerina purificada ou glicerol.

Quando purificada, várias são as aplicações da glicerina para uso pelos humanos, entre as quais se destacam os usos em tabaco, alimentos, bebidas e cosméticos (PERES *et al.*, 2005). 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.

2.4.2 Composição e nível energético

A composição da glicerina bruta pode variar, em virtude do biodiesel ser produzido a partir de uma ampla variedade de matérias-primas (grãos oleaginosos e gordura animal) e processamentos diferenciados. De acordo com Paule (2010), o Departamento de Fiscalização de Insumos Agrícolas do Ministério de Agricultura e Pecuária (SDA/MAPA) definiu que a glicerina para uso na alimentação animal deve apresentar no mínimo 80% de glicerol e no máximo 12% de água e 150 mg de metanol/kg.

O nível energético da glicerina bruta é o que gera grande interesse na utilização deste coproduto na alimentação animal (MENTEN; MIYADA; BERENCHTEIN, 2008). Com isso, esse coproduto tem surgido como uma fonte alimentar energética alternativa e promissora na alimentação animal, podendo substituir em parte, o milho e o óleo de soja utilizados nas rações (FÁVARO, 2010).

Em virtude do seu baixo peso molecular, a glicerina possui alta taxa de absorção intestinal, e no fígado poderá ser convertida, via gliconeogênese, em glicose ou ser oxidada, através da glicólise e ciclo de Krebs, para a produção de energia (ROBERGS; GRIFFIN, 1998).

O valor energético da glicerina bruta proveniente da produção do biodiesel depende da concentração de glicerol presente no produto, uma vez que diversas impurezas podem ser encontradas. A diferença de valores de energia bruta das amostras é uma maneira indireta de estabelecer a eficiência do processo de transesterificação. Quanto menor o valor de energia, mais eficiente foi o processo (MENTEN; ZAVARIZE; SILVA, 2010).

A utilização da glicerina na alimentação de monogástricos desperta interesse por se constituir em uma fonte energética potencial, apresentando valores de energia metabolizável aparente (3.510 kcal/kg) próxima a do milho (3.381 kcal/kg) para aves, sendo esses valores expressos na matéria natural (ROSTAGNO *et al.*, 2011).

Dozier *et al.* (2008) determinaram a energia metabolizável aparente corrigida (EMAn) da glicerina bruta (86,95% de glicerol e 9,63% de água) em frangos com diferentes idades. Os valores obtidos expressos na matéria seca (MS) foram 3.621 kcal EMAn/kg, para frangos de 7 a 10 dias de idade, 3.331 kcal EMAn/kg, para frangos de 21 a 24 dias de idade e 3.349 kcal EMAn/kg para frangos de 42 a 45 dias de idade. A média da EMAn foi estimada em 3.434 kcal/kg. Estes valores se aproximaram dos valores de energia bruta da glicerina (3.625 kcal/kg), o que permite inferir que este ingrediente tem alta metabolização de energia.

Em estudo realizado por Gianfelici (2009) avaliando a EMAn da glicerina bruta em frangos de corte, verificou que a mesma varia em função do nível de inclusão, sendo encontrada a máxima energia (4.890 kcal EMAn/kg na MS) com 15% de inclusão. O valor estimado para 10% de glicerina na ração foi cerca de 3.490 kcal/kg MS.

Guerra (2010), utilizando níveis crescente até 10% de glicerina bruta (87,5% glicerol, 2,3% Na e 0,1% metanol e 3.930 kcal EB/kg MS) para frangos de corte, determinou a energia metabolizável aparente corrigida como sendo de 2.823 kcal/kg MS. O autor atribuiu a baixa metabolização de energia ao nível elevado de sódio presente na glicerina, que provocou aumento na excreção de água nas excretas.

De acordo com Farrapo (2015), utilizando codornas de corte, a glicerina vegetal bruta proveniente do algodão apresenta valores energéticos maiores em comparação com a mista semipurificada proveniente de 60% de sebo animal + 40% de óleo de soja, sendo respectivamente, 5.195 kcal/kg MS e 3.884 kcal/kg MS.

Em poedeiras, Lammers *et al.* (2008) testando a inclusão de 5, 10 e 15% de glicerina bruta (87% glicerol, 9% água, 0,03% metanol, 1,26% Na e 3.625 kcalEB/kg) quantificaram a energia metabolizável da glicerina e encontraram a EMAn como sendo 3.805 kcal/kg. Observaram ainda que a energia metabolizável está diretamente relacionada com a concentração de glicerol e de contaminantes na glicerina. Além disso, observaram que como o teor de sódio das dietas não foi corrigido, aves alimentadas com 15% de glicerina apresentaram excretas mais úmidas que as aves não alimentadas com glicerina.

Já, Swiatkiewicz e Koreleski (2009) utilizando 0%, 2%, 4% e 6% na ração de poedeiras, determinaram a EMAn da glicerina bruta (proveniente da produção de biodiesel com colza) como sendo de 3.970 kcal/kg MS, afirmando que a mesma é uma fonte relativamente rica de energia para alimentação destas aves. Valores semelhantes foram relatados por Németh *et al.* (2013), que encontraram para EMAn o valor de 3.654 kcal/kg com coeficiente de metabolização de 97% para galinhas poedeiras.

Em estudo realizado por Jung e Batal (2011), avaliando sete amostras de GB de diferentes indústrias dos Estados Unidos com uma composição nutricional média de 63,7% de glicerol, 1,33% de metanol, 18,2% de umidade e 4.648 kcal/kg de energia bruta, determinaram a EMAn para galos em que os valores encontrados para EMAn variaram de 2.950 a 6.711 kcal/kg, com uma média de 4.206 kcal kg⁻¹, proporcionando um coeficiente de metabolização de aproximadamente 89%.

Um experimento de balanço energético foi conduzido por Dozier *et al.* (2011) no intuito de determinar a Energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn) de várias amostras de glicerina bruta no intuito de gerar uma equação de predição para a EMAn da glicerina bruta com base em sua composição química. Os autores concluíram que a glicerina bruta é uma boa fonte de energia para frangos de corte, mas teores de metanol, ácidos graxos e glicerina na ração podem influenciar a EMAn. A melhor equação de regressão foi

determinada como sendo: EMAn (kcal / kg) = 1.605 - (19,13 × metanol) + (39,06 × ácido graxos) + (23,47 × glicerina). Para amostras de glicerina bruta originadas do óleo de soja foi obtida uma média de 3,579 kcal / kg de EMAn.

2.4.3 Metabolismo do glicerol

No que se refere aos aspectos químicos, o glicerol é uma molécula de baixo peso molecular, e por isso, é facilmente absorvido nos enterócitos por difusão passiva. Quando já absorvido, o glicerol é transportado até os tecidos, e no meio intracelular, o glicerol pode ser então oxidado para a produção de energia por meio da glicólise e do ciclo de Krebs (ROBERGS; GRIFFIN, 1998), sendo metabolizado predominantemente no fígado e nos rins.

O transporte de glicerol entre as células é feito através das aquagliceroporinas, que são classificadas em aquaporina 3, 7 e 9 (FUJIYOSHI *et al.*, 2002; VERKMAN e MITRA, 2000). A aquaporina 3 (AQP3) atua no transporte de glicerol na epiderme (HARA-CHIKUMA; VERKMAN, 2006). A aquaporina 7 (AQP7) está presente no tecido adiposo, no túbulo proximal, coração, músculo esquelético, testículo e epidídimo. Na lipólise, quando os triglicerídeos são hidrolisados, o glicerol proveniente desta hidrólise precisa atravessar a membrana do adipócito até chegar à circulação, e este transporte ocorre através da AQP7. A aquaporina 9 (AQP9) é expressa em vários tecidos, incluindo o fígado, testículos, cérebro. Devido à importância do fígado no metabolismo do glicerol, a AQP9 destaca-se por permitir a entrada do glicerol nos hepatócitos.

As principais enzimas envolvidas no metabolismo do glicerol são a glicerol quinase, glicerol-3-fosfato desidrogenase citosólica também conhecida como glicerol-3-fosfato oxireductase, e a glicerol-3-fosfato desidrogenase mitocondrial. A glicerol quinase é a primeira enzima a metabolizar o glicerol e é responsável pela sua fosforilação. A atividade da enzima glicerol-3-fosfato desidrogenase ocorre no fígado, nos músculos, no intestino e no cérebro (LIN *et al.*, 1976), também possuindo importante papel no metabolismo do glicerol (VERNON; WALKER, 1970). A glicerol-3-fosfato oxireductase tem sua ação reversível e dependente do NAD, já a glicerol-3-fosfato desidrogenase mitocondrial é dependente de FAD (LIN *et al.*, 1976).

No período absorptivo, devido à alta disponibilidade de glicose e a ação da insulina, o glicerol proveniente da dieta não é utilizado para a síntese de glicose, pois, para que haja a gliconeogênese, é necessário que o hormônio predominante seja o glucagon, e este hormônio predomina quando ocorre diminuição na secreção de insulina, devido a redução da glicemia.

Portanto, neste período é provável que o glicerol da dieta seja metabolizado para fornecer energia pela via glicolítica e ciclo do ácido cítrico, síntese de lipídios e fosfolipídios (BERNARDINO, 2013).

Em monogástricos o glicerol consumido através da dieta é absorvido pelo intestino delgado, via paracelular, por meio de difusão passiva, havendo evidências de que este processo seja sódio dependente. Após a absorção, o glicerol é metabolizado principalmente no fígado, devido à presença da enzima glicerol quinase, que é responsável pela fosforilação deste, transformando-o em glicerol-3-fosfato. Se não houver a fosforilação do glicerol por esta enzima, ele não será utilizado pelo organismo animal, e conseqüentemente será excretado pelos rins. O glicerol-3-fosfato formado pela atividade da enzima glicerol quinase pode seguir diferentes rotas metabólicas: glicólise; biossíntese de glicerofosfolipídeos e de triglicerídeos. A diidroxiacetona fosfato é um intermediário da glicólise, e o glicerol-3-fosfato é um precursor deste intermediário que possui um importante papel de conexão entre metabolismo de lipídeos e carboidratos (PLUSKE, 2007).

O glicerol e ácidos graxos devem ser ativados pelo ATP antes de serem incorporados aos acilgliceróis. Se a atividade da glicerol-quinase estiver ausente ou baixa no tecido, como no músculo ou tecido adiposo, a maioria do glicerol-3-fosfato é formada a partir da diidroxiacetona fosfato, pela ação da enzima glicerol-3-fosfato desidrogenase (LEHNINGER; NELSON; COX, 2006).

Na glicólise, o glicerol participa indiretamente, sendo precursor de um intermediário da via glicolítica, pois o glicerol-3-fosfato através da ação da enzima glicerol-3 fosfato desidrogenase, dá origem à diidroxiacetona fosfato. Por fim, é oxidado no ciclo de Krebs para produção de energia (LEHNINGER; NELSON; COX, 2006).

O glicerofosfolipídeo é um fosfolipídeo que contém um ou mais resíduos de glicerol, sendo composto portanto, por dois ácidos graxos ligados por ligações éster nos carbonos 1 e 2 do glicerol, e no carbono 3 do glicerol está ligado o fosfato (ligação fosfodiéster) que estabelece uma ligação entre o glicerol e uma base que pode ser a colina, a etanolamina, a serina ou o poliálcool inositol. Os glicerofosfolipídeos mais comuns são fosfatidilcolina (lecitina), fosfatidiletanolamina (cefalina), fosfatidilglicerol e fosfatidilserina. A síntese de glicerofosfolipídeos é feita a partir do ácido fosfatídico (LEHNINGER; NELSON; COX, 2006).

No tecido adiposo, o glicerol-3-fosfato é formado por redução da diidroxiacetona fosfato, obtida a partir da glicose. Isto ocorre em aves devido à ausência da glicerol-quinase, não permitindo a utilização do glicerol dietético por este tecido. Porém, no fígado, existe uma

via alternativa para produção da glicerol-3-fosfato, que é a fosforilação do glicerol pela ação da enzima glicerol quinase. O glicerol-3-fosfato é acilado em duas etapas, formando o ácido fosfatídico, intermediário também da síntese de fosfolipídeos. O triglicerídeo é obtido por hidrólise do grupo fosfato do ácido fosfatídico, seguida por nova acilação (LEHNINGER; NELSON; COX, 2006).

No período pós-absortivo, por estímulo do glucagon, o fígado promove a glicogenólise e a gliconeogênese, com finalidade de fornecer glicose para o organismo. Ocorre uma intensa lipólise, quebrando os triglicerídeos em ácidos graxos e glicerol. Os ácidos graxos serão oxidados fornecendo energia, e o glicerol cai na circulação sanguínea e é levado ao fígado onde participa da gliconeogênese. Muitos trabalhos mostraram efeito benéfico do glicerol na dieta sobre a retenção de aminoácidos e nitrogênio em ratos (CHAN *et al.*, 1981) e humanos (BRENNAN *et al.*, 1975). Isto por que o glicerol pode poupar aminoácidos gliconeogênicos por inibir a atividade da enzima fosfoenolpiruvato carboxiquinase (CRYER e BARTLEY, 1973; YOUNG *et al.*, 1964) ou a atividade da glutamato desidrogenase (STEELE *et al.*, 1971).

O glicerol se caracteriza como sendo um álcool trivalente e a sua ingestão através da dieta eleva o seu nível sérico. O aumento do glicerol sérico está relacionado com o aumento da gliconeogênese do fígado, da osmolalidade sanguínea e da sua concentração na urina. Além disso, por ser a parte hidrofílica que compõe os triglicerídeos, o mesmo tem a capacidade de reter água no organismo e, conseqüentemente, promover a hiper-hidratação (ROBERGS; GRIFFIN, 1998).

2.4.4 Fatores limitantes

De acordo com Paule (2010) a glicerina é considerada atóxica no organismo animal, desde que sua utilização respeite os limites estipulados e recomendados pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (máximo de 150 ppm de metanol, 12% de umidade e, no mínimo, 80% de glicerol). A glicerina resultante do processo de produção de biodiesel não é pura, estando “contaminada” pelos catalisadores, álcool e outros resíduos, sendo assim, denominada de glicerina bruta.

Durante o processo de produção do biodiesel o metanol não reagido é recuperado por destilação ao final das reações e reutilizado, porém de forma incompleta, restando resíduo do mesmo na glicerina. Isto constitui um problema quando da utilização da glicerina nas rações, pois no metabolismo animal o metanol se transforma em ácido fórmico, que é tóxico. O conteúdo de metanol presente na glicerina bruta não deve exceder 0,5% (PLUSKE, 2007).

O metanol é solúvel em água e lipídeos e facilmente absorvido pelo organismo, se acumulando principalmente nos músculos, olhos e sangue. O metanol, após ser absorvido, é metabolizado no fígado pela ação da enzima álcool desidrogenase a formaldeído e posteriormente a ácido fórmico. O ácido fórmico pode ser oxidado a CO₂ e H₂O e excretado pelos pulmões e rins (JACOBSEN; MCMARTIN, 1986). O ácido fórmico tem ação direta sobre a atividade da enzima citocromo oxidase, um importante componente da cadeia transportadora de elétrons, comprometendo assim a produção de ATP pelas mitocôndrias (NICHOLLS, 1975).

Entretanto, não há evidências de que níveis de metanol, geralmente encontrados na glicerina bruta, provoquem efeitos colaterais adversos nos animais. Jung e Batal (2011) observaram que a glicerina bruta com até 3,1% de metanol pode ser incluída em até 10% nas dietas sem afetar o desempenho das aves. Neste trabalho, a concentração do metanol se encontra acima do estabelecido pelo MAPA (2010) como nível máximo, para que a GB possa ser utilizada nas dietas animais.

Vale salientar que a possível intoxicação com metanol quando se incorpora a glicerina bruta às rações, pode ser desconsiderada quando estas forem peletizadas, pois no processo de peletização se utiliza temperaturas elevadas que permitem a vaporização do metanol (a temperatura de evaporação deste álcool é de 65°C) (PLUSKE, 2007).

A glicerina bruta pode conter 6 a 8% de sais de sódio ou potássio, dependendo do tipo de catalisador utilizado para a reação de transesterificação. Níveis elevados destes elementos nas dietas dos animais podem provocar um desbalanço eletrolítico da ração, causando aumento significativo na ingestão e excreção de água, e conseqüentemente elevando a umidade da cama (DASARI, 2007; MIN *et al.*, 2010). No Brasil é mais comum a presença de cloreto de sódio na glicerina bruta e a indústria indica um limite de 7% para este sal, o que equivale a 2,75% de sódio neste coproduto. Assim, dependendo do nível de inclusão de glicerina bruta na ração, a exigência nutricional de sódio será excedida (MENTEN ZAVARIZE; SILVA, 2010).

Além disso, a utilização da molécula de glicerol pelas aves é limitada, devido ao fato da enzima glicerol quinase apresentar um ponto de saturação, limitando assim a transformação do glicerol em glicerol-3-fosfato (MIN *et al.*, 2010). Esse glicerol que não sofre a metabolização é eliminado pelos rins através da urina nas excretas (DASARI, 2007), por ser hidrofílico ao ser excretado carrega junto consigo água, acarretando no aumento da produção de urina nas excretas (GIANFELICI *et al.*, 2011). Em estudo realizado por Romano *et al.* (2014), as aves alimentadas com até 7,5% de GB foram capazes de metabolizar o glicerol mais facilmente do que aquelas alimentadas com 10%, que apresentaram uma concentração

sanguínea de glicerol aproximadamente 69% superior. O estado energético do animal definirá como o glicerol será utilizado. Cada mol de glicerol oxidado gera aproximadamente 22 ATPs (BEST, 2006). Cerca de 3/4 da metabolização do glicerol é realizada pelo fígado, enquanto o rim tem um papel muito importante na reabsorção do glicerol, evitando que o excesso seja eliminado através da urina nas excretas, sendo responsável por 1/5 da capacidade de fosforilação do glicerol (LIN, 1977).

Outro problema destacado na literatura está na fluidez correta das rações nos alimentadores em dietas com até 10% de inclusão, promovendo inibição no consumo de ração, podendo resultar em um crescimento mais lento e piora na conversão alimentar (CARVALHO, 2011).

2.4.5 Utilização da glicerina na alimentação de poedeiras

A importância da glicerina no metabolismo energético e sua alta disponibilidade no mercado devido a produção de biodiesel, tem atraído o interesse para uso desse coproduto na dieta animal.

Swiatkiewicz e Koreleski (2009) estudaram o efeito da glicerina (2, 4 e 6%) na dieta sobre a produção e qualidade de ovos em poedeiras com 28 a 53 semanas de idade. Verificou-se que a glicerina pode ser incluída numa dieta de poedeiras a um nível de 6%, sem qualquer efeito negativo na produção e qualidade dos ovos.

Yalçın *et al.* (2010) incluindo 2,5, 5 e 7,5% de glicerina nas dietas de poedeiras não observaram efeito sobre o desempenho de postura. Em acordo, Fontinele *et al.* (2017) concluíram que a glicerina pode ser utilizada em substituição parcial ao milho, nas dietas para poedeiras em segundo ciclo de produção, no nível de 2, 4, 6, 8 e 10% de inclusão.

Por outro lado, Nemeth *et al.* (2013) relataram que a produção e a massa de ovos não foram afetadas pelos tratamentos dietéticos (5%, 7,5% e 10% de glicerina) em poedeiras. No entanto, uma suplementação de 10% de glicerina reduziu significativamente a conversão alimentar. Eles concluíram que a energia da glicerina bruta foi eficientemente usada por poedeiras, e que foi utilizada mais eficientemente do que pelos frangos de corte.

Além de seu uso como fonte de energia, a inclusão de glicerina em dietas de aves também pode ser considerada devido aos seus altos níveis de ácidos graxos, que podem melhorar o perfil lipídico do produto final (DUARTE *et al.*, 2014).

Ovos enriquecidos com ácidos graxos n-3 podem promover a saúde humana reduzindo a incidência de doenças cardiovasculares, câncer e diabetes, entre outras condições

(WOODS; FEARON, 2009). O enriquecimento de ovos com óleo de linhaça e peixe tem sido proposto, mas esses ingredientes não são viáveis devido o alto custo da alimentação quando estes são adicionados. Por outro lado, Yalçın *et al.* (2010) mostraram que a inclusão de 7,5% de glicerol em dietas para poedeiras aumentou a concentração de ácido linolênico dos ovos.

2.5 Oxidação lipídica nos alimentos

Oxidação lipídica é descrita como uma deterioração dependente de oxigênio dos ácidos graxos saturados e insaturados. Nos alimentos, pode ocorrer durante o processamento, distribuição, armazenamento e preparo final (SOARES; SIEWERDT 2005). Envolve uma variedade de radicais livres que são formados pela ação de fontes externas de energia, como luz, temperatura e radiação (SILVA *et al.*, 2010). Esse fenômeno é espontâneo, causado principalmente pela peroxidação lipídica, ocorrendo deterioração dos corpos graxos, os quais sofrem no decurso de processos de transformação e armazenamento, alterações que tem como principal consequência a modificação do flavor original e o aparecimento de odor rançoso, sabor indesejado, perda de valor nutritivo, diminuição da vida de prateleira e acúmulo de compostos tóxicos, que podem ser prejudiciais à saúde dos consumidores (MAPIYE *et al.*, 2012; FALOWO *et al.*, 2014).

A estabilidade oxidativa dos alimentos depende da ação de diversos fatores, os quais estão relacionados com o tipo de estrutura lipídica e o meio onde se encontra (PRATT, 1992). Os triglicerídeos resultam da esterificação de uma molécula de glicerol com os ácidos graxos e são considerados os principais responsáveis pelo desenvolvimento do ranço (SILVA, *et al.*, 1999). Segundo Cosgrove *et al.* (1987), existe uma relação direta entre o grau de insaturações e a susceptibilidade à oxidação. De acordo com Hamilton *et al.* (1983), pelo fato de os óleos vegetais exibirem maior susceptibilidade à deterioração que as gorduras animais, esperava-se que a velocidade de autooxidação fosse maior, no entanto tendem a oxidar mais lentamente porque contêm quantidades significativas de tocoferóis, os quais atuam como antioxidantes naturais.

No processo de oxidação dos alimentos são formadas substâncias químicas tóxicas, destacando-se o malonaldeído (MDA) e os óxidos de colesterol. Essas substâncias, além de serem condutoras de ações deteriorativas, podem causar envelhecimento, doenças do coração e câncer em seres humanos (PEARSON *et al.*, 1983). O MDA é um dialdeído de três carbonos, com grupos carbonilas nos carbonos C-1 e C-3, produzido pela degradação oxidativa em duas etapas de ácidos graxos, com três ou mais ligações duplas, sugerindo-se que a quantidade de

MDA varia de acordo com a composição de ácidos graxos. Esse composto pode ser detectado pelo ácido tiobarbitúrico (TBA), que reage com o MDA formando um composto cromóforo de cor vermelha (TBA-MDA) sendo medido por espectrofotometria. A reação é iniciada pelo ataque nucleofílico, envolvendo os carbonos C- 5 do TBA e o C-1 do MDA, seguido de desidratação e a reação similar subsequente do composto intermediário com uma segunda molécula de TBA (NAIR; TURNER, 1984).

A oxidação é um processo autocatalítico e, uma vez iniciado, desenvolve-se em aceleração crescente, podendo acontecer tanto por via não enzimática (fotooxidação e autooxidação), quanto por via enzimática pela ação das lipoxigenases (SOARES, 2002; ARAÚJO, 2006).

As reações de fotooxidação envolvem a presença de sensores nos tecidos animais e vegetais, como riboflavina, clorofila e mioglobina, em que a luz e o oxigênio dão início ao processo de transferência de energia para a reação de formação do peróxido. O oxigênio age direto na dupla ligação sem formar radical livre, ocorrendo a formação imediata de hidroperóxidos (MELO FILHO; VASCONCELOS, 2011).

Na autooxidação, a formação de peróxidos e hidroperóxidos, considerados os primeiros produtos formados na oxidação de gorduras, ocorrem, inicialmente, devido à reação de radicais livres (RL) de ácidos graxos com o oxigênio (ARAÚJO, 1995; ROCHA, 2011). Os RL são moléculas com um número ímpar de elétrons, possuindo assim, um elétron isolado livre para se ligar a qualquer outro elétron, tornando-se extremamente reativos (SOARES, 2002). Na estrutura química de um RL pode haver um ou mais elétrons desemparelhados, cujos principais compostos, são os originados por reações do oxigênio molecular, denominados de Espécies Reativas de Oxigênio (ERO) (SANTOS, 2006).

As reações de autooxidação são as principais causadoras do ranço em alimentos (ANDREO; JORGE, 2006). Elas ocorrem em três fases distintas: iniciação, propagação e terminação. A iniciação é caracterizada pela formação de RL, resultantes da separação de um átomo de hidrogênio do carbono alfa-metileno (carbono vizinho ao carbono da dupla ligação) pela ação da luz, calor, metais ou de outros radicais livres; a propagação compreende a formação de radicais peróxidos livres, hidroperóxidos e novos RL, podendo ser repetida, em cadeia, por muitas vezes; e a terminação, que consiste na reação entre compostos radicais, dando lugar a produtos não reativos. Os peróxidos formados na fase de propagação, por serem altamente instáveis, vão se decompondo e, por cisão ou rearranjo, formando produtos secundários da oxidação como aldeídos, álcoois, ácidos, hidrocarbonetos, cetonas, dentre outros, que são

responsáveis pelas características do ranço (SILVA *et al.*, 1999; MELO FILHO e VASCONCELOS, 2011).

A rancidez oxidativa pode ser controlada, principalmente na fase inicial, pois dependendo de condições específicas ela torna-se mais lenta, podendo ser modificada mediante a presença de antioxidantes (CONEGLIAN *et al.*, 2011).

A formação de peróxido também pode ocorrer através da ação da enzima lipoxigenase, presente em vegetais, através da catálise do oxigênio, o qual vai reagir com o sistema pentadieno (C=C-C-C=C), dos ácidos graxos poli-insaturados, formando hidroperóxidos que podem ser decompostos em seus radicais, propagando a reação. Essas reações podem oxidar compostos como carotenoides e polifenóis, levando à despigmentação do produto (WANASUNDARA; SHAHIDI, 2005).

Para retardar o processo de oxidação dos alimentos, podem ser acrescentadas substâncias antioxidantes ou aplicar procedimentos físicos que tenham ação no controle dos níveis de oxigênio (MELO FILHO; VASCONCELOS, 2011).

2.5.1 Prevenção da oxidação lipídica em ovos

Os lipídeos conferem valor nutritivo aos alimentos, constituindo uma fonte de energia metabólica, de ácidos graxos essenciais (ácidos linoléico, linolênico e araquidônico) e de vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K) (SILVA *et al.*, 1999). O conteúdo lipídico pode ser influenciado pela linhagem, tamanho do ovo bem como componentes e tipo de gordura adicionada à ração (BARRETO *et al.*, 2006).

A gema é composta de 30 a 34% de gorduras, contendo colesterol (5% do total gorduroso) e, sobretudo, triglicerídeos (66%), fosfolipídios (28%) e ácidos graxos livres (1%), sendo que na porção lipídica, as maiores concentrações são de ácidos graxos insaturados (SARCINELLI *et al.*, 2007; FENNEMA, 2000).

Embora os lipídios de ovos crus não sejam facilmente oxidados (PIKE; PENG, 1985), em pesquisas com ovos comerciais observou-se que durante períodos longos de armazenamento, tanto em condições refrigeradas quanto em temperatura ambiente, os ovos *in natura* sofrem oxidação, sendo mais evidente em altas temperaturas (FRANCHINI *et al.*, 2002; PEREIRA, 2009).

Os ovos possuem grandes quantidades de ácidos graxos insaturados, os quais são menos estáveis ao processo de oxidação lipídica e isso limita a capacidade de conservação dos ovos (PITA *et al.*, 2010). No entanto, ao estudar hidrolisados proteicos de gema de ovo, foi

sugerido que eles poderiam ser utilizados como antioxidantes naturais para prevenir a oxidação de óleos poliinsaturados e em ingredientes alimentares relacionados (SAKANAKA *et al.*, 2004). Isso porque a gema de ovo é reconhecida por conter grandes quantidades de lecitina, α -tocoferol e xantofilas, além de duas proteínas, fosvitina e ovotransferrina (conalbumina), compostos de grande atividade antioxidante (CUPPETT, 2001; LEE *et al.*, 2002).

A luteína, que é um pigmento carotenóide amarelo presente em vegetais e na gema do ovo, vem sendo estudada como um dos mais importantes antioxidantes responsáveis pela saúde dos olhos humanos (COTRIM *et al.*, 2011). Porém, mesmo reconhecendo a existência de componentes internos que protegem os lipídios durante o “*shelf life*”, tem sido avaliado o efeito da utilização de plantas sobre a oxidação lipídica das gemas, observando que ovos de poedeiras suplementadas com antioxidantes naturais foram protegidos contra os processos oxidativos (BOTSOGLOU *et al.*, 1997; RADWAN *et al.*, 2008).

A composição de ácidos graxos dos ovos pode ser alterada com a dieta das aves a fim de promover o enriquecimento nutricional. No entanto, ocorre um aumento da quantidade de ácidos graxos poliinsaturados, que são mais susceptíveis a oxidação (CARVALHO, 2012). Segundo Botsoglou *et al.* (2012), ao quantificar produtos primários e secundários da oxidação lipídica em ovos enriquecidos com ácidos graxos de cadeia longa, percebeu-se que a adição de vitamina E ou folhas de oliveira na alimentação de poedeiras exerce efeito protetivo nos lipídeos, demonstrando a importância de sua suplementação com antioxidantes. Freitas *et al.*, (2013) concluíram que a adição de 400 ppm de extrato etanólico da casca da manga bem como 200 ou 400 ppm de extrato etanólico do caroço da manga na ração das poedeiras, foram efetivos na prevenção de danos oxidativos aos ovos durante o armazenamento e podem ser utilizados na alimentação das poedeiras como substituto ao antioxidante sintético.

Além disso, a suplementação com α -tocoferol na dieta das aves não só impede oxidação lipídica dos ovos, como também oferece a possibilidade de aumentar o seu conteúdo de antioxidante natural (CHERIAN *et al.*, 1996, BOTSOGLOU *et al.*, 2012).

Assim, a torta de girassol e a glicerina bruta, coprodutos advindos da indústria do biodiesel, podem ser inseridas na ração de aves destinadas a produção de ovos, desde que sejam levados em consideração na hora da formulação das rações seus fatores limitantes e seus efeitos no produto final.

3 TORTA DE GIRASSOL E GLICERINA BRUTA EM RAÇÕES PARA POEDEIRAS LEVES

RESUMO

Objetivou-se avaliar o efeito da inclusão de torta de girassol e glicerina bruta na alimentação de poedeiras leves sobre o desempenho das aves, características e a qualidade externa e interna dos ovos, estabilidade lipídica do soro e do fígado e a viabilidade econômica das rações. Foram utilizadas 320 poedeiras da linhagem *Hy Line W36* com 39 semanas distribuídas em um delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x2 com 5 repetições de 8 aves. Os tratamentos aplicados foram 4 níveis de inclusão da torta de girassol (0, 7, 14 e 21%), em rações com 0 ou 7% de glicerina bruta, totalizando 8 tratamentos. A inclusão de 21% da torta de girassol utilizada reduziu a massa de ovos e piorou a conversão alimentar. A inclusão de torta de girassol a partir do nível de 7% reduziu a coloração da gema e a densidade específica dos ovos quando as aves foram alimentadas sem ou com a adição de glicerina na ração. A adição de 7% de glicerina bruta reduziu a densidade específica dos ovos em todos os níveis de inclusão de torta de girassol. A adição de 7% de glicerina bruta na ração pode prejudicar a qualidade da casca dos ovos. A oxidação lipídica no fígado aumentou com a inclusão de torta de girassol, a partir do nível de 14% e, também, com a glicerina bruta nas rações. A inclusão de torta de girassol não influenciou os índices de viabilidade econômica, sendo estes melhorados com a inclusão da glicerina. Pode-se incluir até 14% de torta de girassol na ração de postura para poedeiras leves, contendo ou não glicerina vegetal bruta, sendo que a inclusão de 7% de glicerina nessas rações causa aumento na oxidação lipídica do fígado e piora a qualidade da casca, contudo, não afeta o desempenho das aves e melhora os índices de viabilidade econômica.

Palavras-chave: Alimentos alternativos. Fatores antinutricionais. Qualidade dos ovos. Glicerol. Viabilidade econômica.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of the inclusion the of sunflower cake and crude glycerin on the feeding of light laying hens on poultry performance, characteristics and external and internal egg quality, lipid stability of serum and liver and economic viability of rations. For this, 320 laying hens of the *Hy Line W36* lineage were used, which were distributed in a completely randomized experimental design in a 4x2 factorial scheme with 5 replicates of 8 birds. The treatments applied were 4 inclusion levels of sunflower cake (0, 7, 14 and 21%), in rations with 0 or 7% of crude glycerin, totaling 8 treatments. The inclusion of 21% of the sunflower cake used in this study reduced egg mass and worsened feed conversion. The inclusion of sunflower cake from the 7% level reduced the yolk color and specific density when the birds were fed without or with the addition of glycerin in the feed. Concomitantly, the addition of 7% crude glycerin reduced the specific density at all inclusion levels of sunflower cake. The addition of 7% crude glycerin in the feed may impair egg shell quality. Lipid oxidation in the liver increased with the inclusion of sunflower cake from 14% and also with crude glycerin in the diets. The inclusion of sunflower cake did not influence the economic viability indices, which were improved with the inclusion of glycerin. Up to 14% of sunflower cake may be included in the laying hens for light laying hens, whether or not containing crude vegetable glycerin, and the inclusion of 7% glycerin in these diets causes increased lipid oxidation of the liver and worsening shell quality. However, it does not affect bird performance and improves economic viability.

Keywords: Alternative feedstuffs. Factors Antinutritional. Glycerol. Economic viability.

3.1 Introdução

O melhoramento genético das aves de postura tem proporcionado alta produtividade às linhagens comerciais e para que esta seja alcançada, um dos fatores mais importantes é a nutrição, que associada às boas condições sanitárias, são responsáveis pelo crescimento e longevidade produtiva das aves.

Para atender às elevadas exigências nutricionais das aves, os nutricionistas geralmente recorrem aos alimentos de melhor qualidade o que pode elevar os custos com alimentação. Esse fato tem motivado a busca por alimentos alternativos que possam substituir os comumente utilizados, garantindo os elevados níveis de produção atingidos pelas linhagens comerciais modernas (WOYENGO *et al.*, 2014).

Nesse cenário, o aumento na disponibilidade de coprodutos gerados na indústria do biodiesel, a exemplo da torta de girassol e a glicerina bruta, tem estimulado as pesquisas com o uso destes na alimentação dos animais, como forma de minimizar os custos com alimentação e o impacto ambiental causado pelo descarte indevido desse material.

A torta de girassol é um dos coprodutos resultantes da extração mecânica do óleo utilizado na produção de biodiesel (OLIVEIRA *et al.*, 2003), que apresenta em média 92,81% de matéria seca (MS), 5.533 kcal/kg de energia bruta, 20,85% de proteína bruta, 47,36% de fibra em detergente neutro, 31,20% de fibra em detergente ácido, 16,72% de extrato etéreo e 2,87% de matéria mineral (SOUZA, 2018).

O óleo residual presente na torta de girassol possui excelente valor nutricional, sendo rico em ácidos graxos poli-insaturados, principalmente os ácidos linoléico e oléico (ANDRIGUETTO, 2002). Além disso, Žilić, *et al.* (2010) avaliaram a capacidade antioxidante de diversos grãos e sementes de girassol e concluíram que estes podem ser considerados uma fonte potencial de antioxidantes naturais que esta associado aos níveis de α -tocoferóis e ácido clorogênico presente nesses alimentos.

Uma das limitações ao uso da torta de girassol para aves é o alto teor de fibra, que devido à natureza de suas ligações, são resistentes à hidrólise no trato gastrointestinal (LECZNIESKI, 2006). De acordo com Antoszkiewicz *et al.* (2004), 90% da fibra bruta da torta de girassol é insolúvel. E, segundo Mourinho (2006) elevados níveis de fibra insolúvel na dieta conduzem a uma diminuição da digestibilidade dos nutrientes por reduzirem o tempo de permanência da digesta no trato digestivo. Além disso, a semente de girassol contém alguns fatores antinutricionais como o ácido clorogênico, que pode atuar inibindo enzimas como a tripsina e a lipase e reduzindo a disponibilidade de proteínas (TREVÍÑO *et al.*, 1998), e o fitato

que tem a capacidade de formar uma ampla variedade de sais insolúveis com cátions importantes nutricionalmente (LELLIS *et al.*, 2010).

Já a glicerina bruta pode ser obtida a partir de reações de transesterificação, ou seja, a partir de reações entre lipídeos (óleos e/ ou gorduras) e um álcool, na presença de um catalisador. Apesar das diferenças na composição resultantes das fontes de gordura, método de processamento e reagentes utilizados para a produção de biodiesel, vários autores mostraram que a glicerina tem alto valor energético para aves (LAMMERS *et al.*, 2008; DOZIER *et al.*, 2011; JUNG e BATAL, 2011; LIMA *et al.*, 2013).

Além de servir como fonte de energia, o glicerol pode ter efeito positivo sobre a retenção de aminoácidos, pois a ação do glicerol inibindo a atividade das enzimas fosfoenolpiruvato carboxiquinase e glutamato desidrogenase pode resultar em economia dos aminoácidos gliconeogênicos e favorecer a deposição de proteína corporal (CERRATE *et al.*, 2006). A inclusão de glicerol em dietas de aves também pode ser considerada devido aos seus altos níveis de ácidos graxos, que podem melhorar o perfil lipídico do produto final (DUARTE, 2014).

Porém, para que a glicerina seja utilizada na alimentação animal, deve-se considerar a padronização do processo de produção do biodiesel. Teores de sódio, de umidade e de contaminantes, como metanol, precisam ser monitorados para não prejudicar a saúde animal. O nível máximo de metanol não deve exceder 150 ppm (GIANFELICI, 2009).

Com isso, objetivou-se avaliar o efeito da inclusão de torta de girassol e glicerina bruta na alimentação de poedeiras leves sobre o desempenho das aves, características e qualidade externa e interna dos ovos, estabilidade lipídica do soro e do fígado e viabilidade econômica das rações.

3.2 Material e métodos

O protocolo experimental foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA-UFC) da Universidade Federal do Ceará, sob o protocolo nº 46/2017.

O experimento foi conduzido no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia (DZ) do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal do Ceará (UFC), localizado no município de Fortaleza- CE.

O experimento teve a duração de 126 dias, divididos em 6 períodos de 21 dias. Antes do período experimental, foram alojadas 500 poedeiras da linhagem *Hy Line W-36* com 35 semanas, em galpões convencionais, em gaiolas de arame galvanizado com capacidade para

2 aves por gaiola. Quando as aves atingiram 39 semanas, do total de poedeiras, 320 foram selecionadas para o experimento com base no peso ($1,44 \pm 0,12$ kg) e na produção de ovos (91% de postura), e distribuídas nas gaiolas conforme as recomendações de Sakomura e Rostagno (2007).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 2, totalizando oito tratamentos com cinco repetições de oito aves por unidade experimental. Na obtenção dos tratamentos, os fatores estudados foram quatro níveis de inclusão da torta de girassol (0, 7, 14 e 21%) com inclusão de 0 ou 7% de glicerina bruta, totalizando 8 tratamentos.

A torta de girassol foi obtida de sementes de girassol com casca, através do método de prensagem mecânica, para remoção do óleo, com a utilização de uma prensa mecânica da empresa Scott Tech, modelo ERT 40-V1. A glicerina bruta proveniente do algodão, foi fornecida pela Usina de Biodiesel do Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste, localizada no município de Caetés/PE.

Para a formulação das dietas, foram considerados os valores nutricionais dos ingredientes (milho, farelo de soja e óleo de soja) apresentados por Rostagno *et al.* (2011). Já para torta de girassol e glicerina bruta, a composição nutricional foi obtida através da análise bromatológica desses alimentos (SILVA; QUEIROZ, 2002) realizada no Laboratório de Nutrição Animal (LANA/DZ/CCA/UFC). A energia metabolizável foi determinada através de ensaio de metabolismo prévio utilizando frangas (Tabela 3).

Tabela 3 - Composição nutricional e energética dos ingredientes testados

Parâmetros	Torta de girassol	Glicerina bruta
EMA kcal/kg	2.774	3.582
Matéria seca (%)	90,04	91,60
Proteína bruta (%)	26,26	0,18
Extrato etéreo (%)	15,22	
Cálcio (%)*	0,30	
Fósforo disponível (%)*	0,10	
Sódio (%)*	0,03	0,06**
Cloro (%)*	0,09	
Potássio (%)*	1,28	
Lisina digestível (%)*	0,70	
Metionina digestível (%)*	0,49	
Metionina + Cistina digestível (%)*	0,80	
Treonina digestível (%)*	0,73	
Triptofano digestível (%)*	0,27	
Ácido clorogênico (%)	2,08	
Metanol (ppm)		601**

*Estimados pelos autores com base nas tabelas de FEDNA, 2010, expressos na matéria natural.

**Dados disponibilizados pelo fornecedor.

As rações experimentais utilizadas na alimentação das poedeiras (Tabela 4) foram formuladas para serem isonutrientes (com exceção da fibra) e isoenergéticas, de acordo com as exigências nutricionais recomendadas pelo manual da linhagem (HY-LINE INTERNATIONAL, 2016).

Tabela 4 - Composição das rações experimentais contendo torta de girassol (TG) e glicerina bruta para poedeiras leves

Ingredientes (kg)	Rações							
	Sem glicerina				Com glicerina			
	0%	7%	14%	21%	0%	7%	14%	21%
	TG	TG	TG	TG	TG	TG	TG	TG
Milho	64,37	60,73	57,10	53,48	57,50	53,67	49,83	45,99
Farelo de soja	22,05	18,52	14,99	11,45	20,69	17,51	14,33	11,16
Torta de girassol	0,00	7,00	14,00	21,00	0,00	7,00	14,00	21,00
Glúten de milho 60%	0,00	0,00	0,00	0,00	1,82	1,59	1,36	1,13
Óleo de soja	1,32	1,46	1,60	1,74	0,67	0,90	1,13	1,36
Glicerina bruta	0,00	0,00	0,00	0,00	7,00	7,00	7,00	7,00
Calcário calcítico	9,46	9,42	9,39	9,35	9,45	9,42	9,38	9,34
Fosfato bicálcico	2,02	2,03	2,05	2,06	2,05	2,06	2,08	2,09
DL – metionina	0,18	0,17	0,15	0,14	0,17	0,16	0,15	0,14
L-Lisina	0,05	0,11	0,16	0,21	0,09	0,14	0,18	0,23
L-Treonina	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,02
Suplemento vitamínico ¹	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Suplemento mineral ²	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Sal comum	0,41	0,41	0,41	0,41	0,40	0,40	0,40	0,40
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Nutrientes calculados								
Energia metabolizável (kcal/kg)	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800
Proteína bruta (%)	15,20	15,20	15,20	15,20	15,20	15,20	15,20	15,20
Matéria seca (%)	89,46	89,60	89,76	89,92	89,72	89,88	90,04	90,20
FDA (%)	3,96	5,62	7,29	8,96	3,77	5,44	7,11	8,78
FDN (%)	10,71	12,95	15,18	17,41	9,83	12,07	14,31	16,55
Extrato etéreo	4,04	5,05	6,06	7,07	4,58	5,68	6,78	7,88
Cálcio (%)	4,35	4,35	4,35	4,35	4,35	4,35	4,35	4,35
Fósforo disp. (%)	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46
Sódio (%)	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
Cloro (%)	0,29	0,30	0,30	0,30	0,29	0,29	0,29	0,29
Lisina dig. (%)	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73
Met. + cis. dig. (%)	0,61	0,60	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61
Metionina dig. (%)	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Treonina dig. (%)	0,52	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51
Triptofano dig. (%)	0,16	0,16	0,16	0,16	0,15	0,15	0,15	0,15
Ácido clorogênico (%)*	0,00	0,15	0,29	0,44	0,00	0,15	0,29	0,44
Custo da ração (R\$/kg)	1,38	1,33	1,28	1,24	1,35	1,30	1,25	1,20

¹ Composição por kg de produto: Vit. A – 9.000.000,00 UI; Vit. D3 – 2.500.000,00 UI; Vit. E – 20.000,00 mg; Vit. K3 – 2.500,00 mg; Vit. B1 – 2.000,00 mg; Vit. B2 – 6.000,00 mg; Vit. B12 – 15,00 mg; Niacina – 35.000,00 mg; Ácido pantotênico – 12.000,00 mg; Vit. B6 – 8.000,00 mg; Ácido fólico – 1.500,00 mg; Selênio – 250,00 mg; Biotina – 100,00 mg.

² Composição por Kg do produto: Ferro – 100.000,00 mg; Cobre – 20,00 g; Manganês – 130.000,00 mg; Zinco – 130.000,10 mg; Iodo – 2.000,00 mg.

*Calculado com base na quantidade de ácido clorogênico determinado na torta de girassol.

Para quantificar o ácido clorogênico na torta de girassol foi realizado o processo de extração a quente em Soxhlet, com hexano para desengordurar o material. Posteriormente, foi realizada a extração desse material com metanol e a concentração do extrato foi feita em evaporador rotativo sob pressão reduzida. Em seguida o extrato foi submetido ao processo de cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) de acordo com a IUPAC (1979).

Durante todo o período experimental os dados ambientais foram registrados por intermédio de termohigrômetro digital, e os valores de mínima e máxima temperatura foram 20,6 e 32,8 °C e umidade relativa foram 37 e 91%, respectivamente. As aves receberam ração e água à vontade, sendo os comedouros abastecidos no início da manhã e final da tarde, com iluminação de 16 horas diárias. A coleta de ovos foi realizada diariamente, ao final da tarde.

Para avaliar o desempenho das aves foram mensuradas as variáveis consumo de ração (g/ave/dia), onde a ração fornecida foi pesada no início e no final de cada período e por diferença foi calculado o consumo de ração. A porcentagem de postura também foi considerada (%/ave/dia) sendo registrada a produção de ovos diária por gaiola e no final de cada período, foram calculadas as porcentagens de postura por unidade experimental. O peso médio dos ovos foi obtido no dia em que era realizada a análise das características qualitativas dos ovos. A partir dessas informações foi possível obter a massa de ovo (g/ave/dia), determinada pelo número de ovos multiplicado pelo peso médio do ovo, de cada unidade experimental. A conversão alimentar (g de ração/g de ovo) foi calculada a partir dos dados de consumo de ração dividido pela massa de ovo produzida.

Para a avaliação da qualidade interna e externa dos ovos, uma vez por semana todos os ovos de cada parcela foram coletados, identificados e levados para o Laboratório de Avaliação da Qualidade de Ovos, localizado nas dependências do Setor de Avicultura (DZ/UFC), onde foram armazenados à temperatura de 22°C até o dia seguinte, quando foram submetidas as análises qualitativas.

Para avaliação da qualidade, inicialmente foram pesados os ovos (g), individualmente, de todas as unidades experimentais, em balança semianalítica, com sensibilidade de 0,01g. Depois desta pesagem, foi calculado o peso médio dos ovos. A partir

dessa informação, foram selecionados três ovos por parcela para serem submetidos, em sequência às demais análises.

A densidade específica (g/cm^3) foi determinada pesando o ovo no ar e na água, conforme procedimentos descritos por Freitas *et al.* (2004). A qualidade do albúmen foi avaliada por meio da determinação da unidade Haugh (HAUGH, 1937). Para isso, após a determinação da densidade específica, os ovos foram quebrados sobre uma superfície plana de vidro e com a utilização de um micrômetro de profundidade foi medida a altura (mm) do albúmen denso. Com as medidas de peso do ovo no ar e altura do albúmen foram realizados os cálculos utilizando-se a equação: $UH = 100 \times \log (H - 1,7 \times P^{0,37} + 7,6)$, onde: UH = unidades Haugh; H = altura do albúmen em mm e P = peso do ovo em g.

Após a mensuração da altura do albúmen foi separado o albúmen da gema, sendo esta retirada e pesada. E para obter-se o seu percentual em relação ao ovo, foi dividido o peso da gema pelo peso do ovo, multiplicando-se o valor obtido por 100.

As cascas foram separadas, lavadas e postas para secar ao ar livre por 72 horas. Depois de secas foram pesadas em balança semianalítica, com sensibilidade de 0,01g e para se obter o percentual de casca, o peso da casca foi dividido pelo peso do ovo, multiplicando-se o valor obtido por 100. O percentual de albúmen foi obtido por diferença, onde: % albúmen = $100 - (\% \text{ gema} + \% \text{ casca})$.

Para a espessura da casca (mm) foram retirados fragmentos de casca dos polos (maior e menor) e da região equatorial dos ovos. Esses fragmentos foram mensurados com o uso de paquímetro digital com divisões de 0,01mm. A espessura da casca foi considerada como a média da espessura obtida nas três regiões do ovo.

Para avaliação da cor da gema foi utilizado o equipamento Digital YolkFan™ (ROYAL DSM, 2017), a partir dos mesmos tons de cores do leque colorimétrico.

Para avaliação da oxidação lipídica (TBARS), foram selecionadas duas aves de cada repetição no final do sétimo período, para a coleta de sangue mediante punção da veia braquial, localizada na asa com seringa descartável de 5 mL. O sangue foi colocado em tubos Falcon e deixados em temperatura ambiente para coagulação e posterior centrifugação a 3.000 rpm por 15 minutos. Após a centrifugação, foi retirado o sobrenadante (soro), sendo acondicionados em freezer até o momento da análise.

Para determinação do teor de TBARS no soro, foram adicionados 400 μL de ácido perclórico 35% a 250 μL de soro que foram aquecidos em banho-maria a 37°C por 1 hora e posteriormente centrifugados a 1.400rpm por 10 minutos. Uma amostra de 600 μL de sobrenadante foi misturada a 200 μL de ácido tiobarbitúrico (TBA) 1,2% que foram incubadas

em banho maria a 95 °C por 1 hora. Após incubação, foram realizadas as leituras das absorvâncias das amostras em espectrofotômetro a 535nm (DRAPER; HADLEY, 1990).

O fígado foi obtido após a eutanásia e duas aves por repetição, conforme a resolução normativa 13 de 2013 do conselho nacional de controle de experimentação animal, o qual foi acondicionado em saco plástico e armazenado em freezer até o momento da análise.

Para determinação do TBARS no fígado duas aves por repetição foram eutanasiadas conforme resolução normativa nº 13 de 2013, do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal - CONCEA. Utilizou-se o método de extração ácido aquosa com adaptações (CHERIAN *et al.*, 2002). Assim, em um tubo de 15ml, foram pesados aproximadamente 2g de fígado triturado. Em seguida, foram adicionados 6,75 mL de ácido perclórico (3,86%) e 18,75µL de BHT (4,5%) sendo o conteúdo homogeneizado em Vórtex por 30 segundos. Posteriormente os tubos foram centrifugados a 8500 rpm por 10 minutos. O sobrenadante foi filtrado em papel de filtro Whatman nº 1. Depois, 1 mL do filtrado foi colocado em tubo eppendorf adicionando-se em seguida 1 mL de solução aquosa 20 mM de TBA. Os tubos foram aquecidos em aquecedor (Eppendorf Thermo Mixer) por 30 minutos a 95°C sem agitação. A leitura da densidade óptica foi realizada em espectrofotômetro a 531 nm. A concentração de TBARS foi calculada através de uma curva padrão de malonaldeído (MDA) e os resultados expressos em µg de MDA por g da amostra.

Para verificar a viabilidade econômica, foi determinado inicialmente o custo das rações, considerando as suas composições e os preços dos ingredientes no município de Fortaleza - CE. O custo da ração por quilograma de ovo (CR) foi calculado adaptando-se a equação proposta por Bellaver *et al.* (1985), sendo: Assim: $CR = (Q_i \times P_i) / M_i$, em que CR = custo da ração por quilograma de ovo no i-ésimo tratamento; Q_i = quantidade de ração consumida no i-ésimo tratamento; P_i = preço do quilograma da ração utilizada no i-ésimo tratamento e M_i = massa de ovo do i-ésimo tratamento.

Em seguida, foram calculados o índice de eficiência econômica (IEE) e o índice de custo (IC) propostos por Fialho *et al.* (1992): $IEE = (M_{Cei} / C_{Tei}) \times 100$ e $IC = (C_{Tei} / M_{Cei}) \times 100$, em que M_{Cei} = menor custo da ração por quilograma de ovo, observado entre tratamentos e C_{Tei} = custo do tratamento i considerado.

Para a análise estatística dos dados foi utilizado o programa estatístico SAS (2000), sendo os dados submetidos a análise de variância seguindo um esquema fatorial 4x2, sendo 4 níveis de torta de girassol e 2 níveis de glicerina bruta. Para determinar o melhor nível de inclusão da torta de girassol, os dados foram submetidos à análise de regressão. Também foi realizada a comparação das médias pelo teste de Student-Newman-Keuls (SNK) à 5% de

significância. Quando houve interação dos fatores analisados, a comparação das médias no desdobramento foi realizada pelo teste de Tukey à 5% de significância.

3.3 Resultados e discussão

Conforme os resultados (Tabela 5), não houve interação significativa ($P > 0,05$) entre os fatores analisados (torta de girassol e glicerina bruta) para as variáveis consumo de ração, percentagem de postura, peso do ovo, massa de ovos e conversão alimentar. Foi observado efeito significativo do nível de torta de girassol sobre a massa de ovos e a conversão alimentar e da inclusão da glicerina sobre o peso do ovo.

Tabela 5 - Desempenho de poedeiras leves alimentadas com torta de girassol e glicerina bruta

	Consumo (g/ave/dia)	Postura (%)	Peso do ovo (g)	Massa de ovos (g/ave)	Conversão alimentar (g/g)
Torta de girassol (%)					
0	89,44	83,87	60,45	51,09 A	1,76 B
7	89,70	82,63	59,91	49,64 AB	1,82 B
14	90,85	82,89	60,47	50,14 AB	1,82 B
21	90,66	80,48	59,14	47,61 B	1,93 A
Glicerina bruta (%)					
0	90,68	82,01	60,55 A	49,81	1,84
7	89,63	82,89	59,44 B	49,41	1,83
Média	90,14	82,46	59,98	49,61	1,84
CV (%) ¹	4,00	5,42	2,51	4,97	5,04
ANOVA ²			<i>p-valor</i>		
Torta de girassol	0,7826	0,3959	0,1912	0,0257	0,0025
Glicerina Bruta	0,3692	0,5432	0,0295	0,6168	0,6742
Torta x Glicerina	0,3906	0,4159	0,3861	0,6686	0,8271
Regressão			<i>p-valor</i>		
Linear	0,3470	0,1115	0,1393	0,0055	0,0003
Quadrática	0,8566	0,6960	0,4734	0,5202	0,3516

¹ Coeficiente de variação; ² Análise de variância; Médias com letras distintas na coluna diferem estatisticamente pelo teste SNK ($P < 0,05$).

Quanto ao efeito da torta de girassol, observou-se que houve redução linear na massa de ovo ($Y = 51,111 - 0,142x$; $R^2 = 0,76$) e piora na conversão alimentar ($Y = 1,756 + 0,0073x$; $R^2 = 0,86$). De acordo com o teste de médias, a massa de ovos e a conversão alimentar foram influenciadas apenas pela inclusão de 21% de torta de girassol na ração, obtendo-se menor massa de ovos e pior conversão alimentar.

A adição de 7% de glicerina bruta não afetou ($P>0,05$) o consumo de ração, a porcentagem de postura, a massa de ovos e a conversão alimentar, porém, resultou em menor peso do ovo.

Quanto ao efeito da torta de girassol, pode-se inferir que a menor massa de ovos das aves alimentadas com 21% de torta de girassol é resultante da menor produção de ovos e menor peso dos ovos dessas aves, embora essas variáveis não tenham diferido significativamente entre os tratamentos. Por outro lado, devido o consumo das aves ter sido semelhante entre os tratamentos, a redução na massa de ovos resultou em pior conversão alimentar para as aves alimentadas com a ração contendo 21% de TG. A piora na massa de ovos e conversão alimentar pode ser atribuída ao aumento dos teores de fibra insolúvel e fatores antinutricionais como fitatos e ácido clorogênico nas rações, com a inclusão da torta de girassol. A maior presença de fibra insolúvel pode aumentar a taxa de passagem do alimento pelo trato gastrointestinal, minimizando o acesso das enzimas ao alimento, afetando assim a eficiência de utilização dos nutrientes (KHAJALI; SLOMINSKI, 2012; SAKOMURA *et al.*, 2014). Além disso, o ácido clorogênico, presente no girassol, quando sofre oxidação pela polifenoloxidase resulta em substâncias que reagem com a proteína, alterando a sua disponibilidade e reduzindo a digestibilidade dos aminoácidos (PEDROSA *et al.*, 2000, GONZÁLEZ-PÉREZ *et al.*, 2002).

Os resultados relacionados a inclusão da torta de girassol obtidos na presente pesquisa estão de acordo com alguns relatos da literatura para o uso de subprodutos do girassol na alimentação de poedeiras. Senkoylu, Akyurek e Samli (2004) e Rezaei e Hafezian (2007) observaram piora na conversão alimentar das poedeiras alimentadas com rações contendo níveis mais elevados do farelo de girassol (20 e 21%, respectivamente). Contudo, Pinheiro *et al.* (2013) avaliando a inclusão de torta de girassol (0, 7, 14 e 21%) para poedeiras semipesadas concluíram que a torta de girassol pode ser incluída em até 21% nas rações, o que diverge do observado neste estudo para as aves leves, visto que estas apresentaram pior conversão alimentar quando receberam 21% de torta na ração.

Quanto ao efeito da inclusão de glicerina bruta nas rações no peso do ovo, não foram encontrados relatos na literatura que mostrem influencia significativa desse alimento sobre esta variável. De acordo com Swiatkiewi e Koreleskicz (2009) os parâmetros de desempenho não foram influenciados pelos níveis de inclusão de glicerina (0, 2, 4 e 6%), nas rações de poedeiras comerciais leves no período de 28 a 53 semanas de idade.

Na avaliação da qualidade dos ovos observou-se que houve interação significativa ($P>0,05$) entre os fatores somente para a variável densidade específica dos ovos (Tabela 6). Com relação ao efeito da torta de girassol, observou-se que a unidade Haugh, espessura das

cascas, porcentagem de componentes e sólidos totais não foram influenciadas pela inclusão desse ingrediente nas rações. Porém, houve redução linear na coloração da gema ($Y = 7,467 - 0,022X$; $R^2 = 0,84$). De acordo com o teste de médias, a redução na coloração da gema se deu a partir da inclusão de 7% de torta de girassol nas rações.

Para o efeito da adição da glicerina bruta na ração, observou-se que a inclusão de 7% de glicerina melhorou significativamente a cor da gema dos ovos, aumentou a porcentagem de gema e resultou em piora na qualidade da casca, reduzindo a espessura e a porcentagem da casca.

Tabela 6 - Qualidade de ovos frescos de poedeiras leves alimentadas com rações contendo torta de girassol(TG) e glicerina bruta (GB)

	DE (g/cm ³)	EC (mm)	Unidade haugh	Cor da gema	Albúmen (%)	Gema (%)	Casca (%)	Sólidos totais (%)
TG (%)								
0	1,088	0,412	91,91	7,52 A	65,13	25,76	9,12	24,00
7	1,084	0,410	91,06	7,30 B	64,69	26,14	9,17	26,36
14	1,080	0,410	91,54	7,05 C	65,00	25,82	9,18	24,68
21	1,076	0,408	92,44	7,09 C	64,91	26,00	9,14	25,51
GB (%)								
0	1,086	0,414 A	91,19	7,18 B	65,05	25,74 B	9,23 A	24,95
7	1,077	0,406 B	92,29	7,30 A	64,81	26,12 A	9,07 B	25,33
Média	1,082	0,410	91,74	7,24	64,93	25,93	9,15	25,14
CV(%) ¹	0,24	1,75	2,44	1,81	0,78	2,08	2,04	11,35
ANOVA ² <i>p- valor</i>								
TG	<,0001	0,6713	0,5705	<,0001	0,2725	0,3888	0,8727	0,2958
GB	<,0001	0,0013	0,1299	0,0085	0,1335	0,0356	0,0141	0,6808
TGxGB	0,0002	0,2180	0,1526	0,3947	0,8698	0,5787	0,6151	0,1078
Regressão <i>p- valor</i>								
Linear	-	0,7709	0,3440	<,0001	0,2520	0,4934	0,4305	0,5070
Quadrática	-	1,0000	0,2427	0,0060	0,2899	0,5718	0,4574	0,4294

DE- Densidade específica; EC- Espessura de casca; ¹ Coeficiente de variação; ²Análise de variância; Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem estatisticamente pelo teste SNK ($p < 0,05$).

O efeito da torta de girassol na coloração da gema está associado à diminuição da quantidade de milho na ração quando se adiciona o ingrediente testado, posto que o milho é rico em carotenóides o que atribui a pigmentação da gema, diferentemente da torta de girassol, sendo esse efeito também reportado por Pinheiro *et al.* (2013).

Já a melhora na coloração e proporção de gema nos ovos, com adição da glicerina nas rações, não está associada à sua adição e sim ao fato de que para formular rações

isonutrientes foi necessário a inclusão de glúten de milho que além do elevado teor proteico (60%) é uma excelente fonte de pigmento carotenóide, pois concentra pigmentos contidos no milho.

Contudo, vale destacar que a redução na coloração da gema promovida pela adição da torta de girassol e o aumento nas rações contendo glicerina é pequena, pois não chegou a uma unidade na escala do leque colorimétrico. Esse resultado, provavelmente seria imperceptível pelo consumidor, pois a diferença foi significativa devido ao uso de um equipamento de alta sensibilidade.

Quanto ao efeito da glicerina bruta sobre a proporção de gema dos ovos alguns fatores devem ser considerados. Um é que a produção de ovos menores pelas poedeiras pode resultar em maior proporção de gema, uma vez que com a idade as aves tendem a produzir gemas maiores. Outro é que o aumento na quantidade de lipídeos nas rações com glicerina bruta pode ter contribuído para o aumento no peso da gema, pois tem sido relatado (Silva *et al.*, 2007) que o aumento de 1,5g no consumo de óleo por ave aumentou significativamente a porcentagem de gema dos ovos. Por fim, a redução na proporção de casca pode ter contribuído, uma vez que geralmente em ovos menores tem sido relatado uma maior proporção de casca, o que não aconteceu na presente pesquisa.

Com o desdobramento da interação para a variável densidade específica (Tabela 7), observou-se que a adição de 7% de glicerina bruta reduziu a densidade específica em todos os níveis de inclusão de torta de girassol. Por sua vez, a inclusão de torta de girassol reduziu a densidade específica a partir do nível de 7% e 14%, quando as aves foram alimentadas sem glicerina e com glicerina na ração, respectivamente.

Tabela 7 - Desdobramento da interação entre os fatores torta de girassol e glicerina bruta na densidade específica (g/cm^3) dos ovos de poedeiras leves

Torta de Girassol	Glicerina Bruta		Média
	0%	7%	
0%	1,092 Aa	1,084 Ab	1,088
7%	1,086 Ba	1,081 Ab	1,084
14%	1,084 Ba	1,075 Bb	1,079
21%	1,084 Ba	1,067 Cb	1,076
Média	1,086	1,077	
Regressão	<i>p-valor</i>		
Linear	0,0003	<0,001	
Quadrática	0,0095	0,0942	

Médias seguidas de letras minúsculas na linha diferem estatisticamente pelo teste Tukey ($P < 0,05$); Médias seguidas de letras maiúsculas na coluna diferem estatisticamente pelo teste Tukey ($P < 0,05$).

Conforme as equações obtidas na análise de regressão, a intensidade do efeito da torta em reduzir a densidade específica foi mais intensa para as aves alimentadas com ração contendo glicerina ($Y = 1,0849 - 0,0008X$; $R^2 = 0,9739$) em comparação as alimentadas com ração sem glicerina ($Y = 1,0904 - 0,0004X$; $R^2 = 0,7860$).

A piora na qualidade da casca dos ovos, indicada pela densidade específica, percentagem de casca e espessura da casca, com o aumento do nível de inclusão da torta de girassol pode ser atribuída aos efeitos adversos da fração fibrosa e fatores antinutricionais como fitatos e ácido clorogênico nas rações que aumentam com a maior inclusão. Sabe-se que a lignificação dos componentes da parede celular do grão desta oleaginosa e a ação quelante propiciada pelo ácido fítico podem reduzir a disponibilidade dos elementos minerais, que são essenciais á boa qualidade da casca (DAMODARAN *et al.*, 2010; TORREZAN, 2010). No entanto, o efeito encontrado no presente trabalho sobre a densidade específica dos ovos não tem sido relatado por outros pesquisadores. Sayda; Hyder; Aabasaid (2011) substituindo até 100% da proteína do farelo de soja pela do farelo de girassol e Pinheiro *et al.* (2013) testando a torta de girassol até o nível de 21% de inclusão não reportaram efeito significativo da inclusão desses ingredientes na ração sobre essa variável.

Quanto ao efeito da glicerina bruta, a literatura não tem relatado efeito significativo da inclusão deste ingrediente nas rações, até o nível de 10%, sobre a densidade específica dos ovos (YALÇIN *et al.*, 2010; DUARTE *et al.*, 2014; FONTINELE *et al.*, 2017). Contudo, os efeitos negativos da adição de 7% de glicerina sobre as variáveis de qualidade de casca podem ser associados à presença de fatores que podem limitar o seu uso na alimentação das aves que se somaram aos efeitos da fibra e fatores antinutricionais da torta de girassol.

Os principais fatores limitantes da utilização de glicerina bruta na alimentação de aves são o sódio e o metanol residual. No presente estudo, embora baixo (Tabela 3), o teor de sódio foi considerado na formulação da ração e as rações apresentavam quantidades iguais desse mineral. Assim, o conteúdo de metanol (601ppm) na glicerina, que se apresentou acima do estipulado pelo MAPA (2010), pode ter contribuído para os efeitos negativos na qualidade da casca.

Para mais, a utilização da molécula de glicerol pelas aves é limitada, isso porque a enzima glicerol quinase apresenta um ponto de saturação, limitando assim a transformação do glicerol em glicerol-3-fosfato (MIN *et al.*, 2010). Esse glicerol que não sofre a metabolização é eliminado pelos rins na urina (DASARI, 2007) e por ser hidrofílico ao ser excretado carrega junto consigo água, acarretando no aumento na produção de urina (GIANFELICI *et al.*, 2011).

Esse fato pode causar desbalanço eletrolítico, afetando a absorção dos minerais, o que pode ter causado uma piora da casca dos ovos das poedeiras no presente estudo.

Além disso, o excesso de ácidos graxos (8 a 12%) na ração de poedeiras possibilita a formação de sais insolúveis com o cálcio no intestino delgado das aves, dificultando, assim, a mobilização desse mineral pelas poedeiras (MURAMATSU *et al.*, 2005).

Na avaliação da oxidação lipídica (Tabela 8), não houve interação significativa ($P > 0,05$) entre os fatores (nível de torta de girassol e inclusão de glicerina na ração) sobre os valores de TBARS do soro e do fígado. Contudo, no fígado houve efeito linear ($Y = 1,515 + 0,236x$; $R^2 = 0,9999$) da torta de girassol, com aumento dos valores de TBARS à medida que se aumentou o nível de inclusão deste ingrediente na ração. Além disso, a adição de glicerina bruta na ração também aumentou ($P < 0,05$) os valores de TBARS no fígado.

Tabela 8 - Oxidação lipídica do soro, fígado de poedeiras leves alimentadas com rações contendo torta de girassol e glicerina bruta

	TBARS	
	Soro ($\mu\text{g MDA/ml}$)	Fígado ($\mu\text{g MDA/g}$)
Torta de girassol (%)		
0	19,15	1,75 C
7	19,36	1,99 BC
14	15,87	2,22 AB
21	15,35	2,46 A
Glicerina bruta (%)		
0	16,78	1,83 B
7	18,09	2,37 A
Média	17,43	2,10
CV(%)	23,99	16,18
ANOVA		<i>p</i> -valor
Torta de girassol	0,1334	0,0022
Glicerina Bruta	0,3870	0,0002
Torta x Glicerina	0,0805	0,7711
Regressão		<i>p</i> -valor
Linear	0,7074	0,3275
Quadrática	0,8194	0,9848

¹Coefficiente de variação; ²Análise de variância; Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem estatisticamente pelo teste SNK ($P < 0,05$).

A concentração de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) no fígado pode ser decorrente da ingestão de alimentos como a torta de girassol que apresenta um óleo ricos em ácidos graxos insaturados que são mais susceptíveis à oxidação (FERREIRA, 2013), ou ainda, da produção endógena dessas substâncias pelas poedeiras, com o metabolismo dos lipídeos (RADWAN *et al.*, 2008). Assim, a quantidade de compostos fenólicos e α -tocoferóis

presentes na torta de girassol não foi suficiente para evitar o aumento na oxidação lipídica no fígado.

Em concordância com os resultados desta pesquisa na avaliação do TBARS no soro, Baghban-Kanani *et al* (2018) avaliando a inclusão de farelo de girassol nos níveis de 10 e 20% nas rações das poedeiras sobre a quantidade da enzima glutathione peroxidase e de malonaldeído (TBARS) plasmáticos, concluíram que a inclusão desse ingrediente na alimentação não influencia o status antioxidante no sangue das poedeiras.

Referente ao efeito da glicerina bruta nas rações, possivelmente o aumento na oxidação lipídica do fígado é um indicativo de maior geração de radicais livres durante o metabolismo do glicerol ou pode ter ocorrido devido à presença de substâncias como metais pesados e o metanol, que é tóxico (KRAUSE, 2008).

Na avaliação da viabilidade econômica considerando os custos com alimentação, observou-se que não houve interação significativa entre os fatores estudados (torta de girassol e glicerina bruta) para as variáveis de viabilidade econômica (Tabela 9). De acordo com o teste de médias não houve diferença ($P > 0,05$) entre a ração controle e as rações com níveis crescentes de torta de girassol. Embora a inclusão de torta de girassol tenha reduzido o preço das rações, o prejuízo causado no desempenho das aves alimentadas com esse ingrediente não permitiu uma melhora na viabilidade econômica, entretanto, não trouxe prejuízos em relação ao controle, possibilitando sua inclusão nas rações.

Por sua vez, a inclusão da glicerina bruta nas rações melhorou significativamente ($P < 0,05$) os índices de viabilidade econômica, reduzindo o custo por kg de massa de ovos em 0,08 R\$/kg, já o índice de eficiência econômica aumentou 4%, com consequente redução de 4% no índice de custo.

A piora nos parâmetros de desempenho apresentado pelas aves alimentadas com a ração contendo 21% de torta de girassol, fez com que o menor custo por kg de massa de ovo tenha sido obtido com a ração contendo 14% de torta de girassol, sendo reduzido 0,10 R\$/kg, já o índice de eficiência econômica foi 4% superior e, conseqüentemente, o índice de custo foi 4% inferior ao da ração sem torta de girassol.

Estudos de viabilidade econômica da torta de girassol para poedeiras são escassos. Araújo (2015) utilizando farelo de girassol em rações para poedeiras da linhagem *Hy Line Brown* com 70 a 81 semanas de idade, concluíram que o nível de 24,0% de inclusão desse ingrediente, sem utilização de complexo enzimático na ração, melhorou em 7% o índice de eficiência econômica em relação a ração sem farelo de girassol.

Tabela 9 - Viabilidade econômica de rações com torta de girassol e glicerina bruta para poedeiras leves

	Custo/kg de ovo ganho (R\$/kg ganho)	Índice de eficiência econômica (%)	Índice de custo (%)
Torta de girassol (%)			
0	2,39	94,76	105,74
7	2,34	96,65	103,68
14	2,29	98,60	101,47
21	2,33	97,37	102,92
Glicerina bruta (%)			
0	2,38 A	95,02 B	105,38 A
7	2,30 B	98,50 A	101,72 B
Média	2,34	96,80	103,50
CV(%) ¹	4,16	4,13	4,16
ANOVA²		<i>p-valor</i>	
Torta de girassol	0,2309	0,2516	0,2309
Glicerina Bruta	0,0153	0,0130	0,0153
Torta x Glicerina	0,8448	0,8817	0,8448
Regressão			
Linear	0,1081	0,1117	0,1081
Quadrática	0,2380	0,2574	0,2380

¹ Coeficiente de variação; ² Análise de variância; Médias acompanhadas de letras diferentes na coluna diferem pelo teste de SNK ($p < 0,05$).

Em relação a viabilidade da inclusão de glicerina bruta na ração das poedeiras, os resultados encontrados neste estudo corroboram com o de Fontinele *et al.*, (2015) o qual concluíram que o nível de 4% de inclusão da glicerina bruta na ração das poedeiras propiciou maior retorno econômico sendo uma alternativa para gerar maior margem bruta ao produtor.

Essa melhora na viabilidade econômica demonstra que embora tenha afetado o desempenho das aves, a inclusão da torta de girassol junto com a glicerina bruta nas rações por apresentarem menor custo, proporcionou uma redução de 13% no preço das rações tornando-as viáveis economicamente.

3.4 Conclusão

Pode-se incluir até 14% de torta de girassol na ração de postura para poedeiras leves, contendo ou não glicerina bruta.

A inclusão de 7% de glicerina vegetal bruta na ração de postura para poedeiras leves causa aumento na oxidação lipídica do fígado e piora a qualidade da casca, contudo, não afeta o desempenho das aves e melhora os índices de viabilidade econômica.

4 TORTA DE GIRASSOL E GLICERINA BRUTA EM RAÇÕES PARA POEDEIRAS SEMIPESADAS

RESUMO

Objetivou-se avaliar o efeito da inclusão de torta de girassol e glicerina bruta na alimentação de poedeiras semipesadas sobre, o desempenho das aves, as características e a qualidade externa e interna dos ovos e a viabilidade econômica das rações. Para isso, foram utilizadas 320 poedeiras da linhagem *Hy Line Brown* com 40 semanas, que foram distribuídas em um delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4x2 com 5 repetições de 8 aves. Os tratamentos utilizados foram 4 níveis de inclusão da torta de girassol (0, 9, 18 e 27%) em rações com 0 ou 7% de glicerina vegetal bruta, totalizando 8 tratamentos. A inclusão da torta de girassol utilizada nesse estudo reduziu a produção e massa de ovos, piorando a conversão alimentar a partir do nível de 18%. Além disso, piorou a densidade específica dos ovos e a coloração da gema. A adição de 7% de glicerina vegetal bruta na ração pode prejudicar a qualidade da casca dos ovos. Avaliando o fator isolado torta de girassol dentro do nível de 0% de inclusão da glicerina bruta podemos observar uma redução significativa na coloração da gema dos ovos apenas no nível de 27%. Quando se avalia a torta de girassol dentro do nível de 7% de glicerina bruta podemos observar que o tratamento com 18% de torta de girassol foi suficiente para reduzir a intensidade de cor da gema. A inclusão de torta de girassol e glicerina bruta na ração das poedeiras melhorou os índices de viabilidade econômica.

Palavras-chave: Alimentos alternativos. Glicerol. Fatores. Antinutricionais. Viabilidade econômica.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of the inclusion of sunflower cake and crude glycerin on semi-heavy hens on the performance of the birds, the characteristics and the external and internal quality of the eggs and the economic viability of the rations. For this, 320 laying hens of the *Hy Line Brown* lineage with 40 weeks were used, which were distributed in a completely randomized experimental design, in a 4x2 factorial scheme with 5 replicates of 8 birds. The treatments used were 4 levels of inclusion of sunflower cake (0, 9, 18 and 27%) in rations with 0 or 7% of crude vegetable glycerin, totaling 8 treatments. The inclusion of the sunflower cake used in this study reduced egg production and egg mass, worsening feed conversion from the 18% level. In addition, the specific gravity of the eggs and the color of the yolk were worsened, and the 27% level was not recommended for inclusion in the diet. The addition of 7% crude vegetable glycerin in the feed may impair egg shell quality. Evaluating the isolated sunflower cake factor within the 0% inclusion level of crude glycerin we can observe a significant reduction in egg yolk color only at the 27% level. When evaluating the sunflower cake within the level of 7% crude glycerin we can observe that the treatment with 18% of sunflower cake was sufficient to reduce the color intensity of the yolk. The inclusion of sunflower cake and crude glycerin in laying rations improved economic viability indices.

Keywords: Alternative feedstuffs. Glycerol. Factors Antinutritional. Economic viability.

4.1 Introdução

Os altos níveis de produção proporcionados pelo melhoramento genético das aves de postura, tem gerado linhagens muito exigentes principalmente quanto à nutrição e para atender essa demanda os nutricionistas geralmente recorrem aos alimentos de melhor qualidade o que pode elevar os custos com alimentação. Esse fato tem motivado a busca por alimentos alternativos que possam substituir os comumente utilizados, garantindo os elevados níveis de produção atingidos pelas linhagens comerciais modernas (WOYENGO *et al.*, 2014).

Nesse cenário, o aumento na disponibilidade de coprodutos gerados na indústria do biodiesel, a exemplo da torta de girassol e a glicerina bruta, tem estimulado as pesquisas utilizando-os na alimentação dos animais, como forma de minimizar os custos com alimentação.

A torta de girassol é um dos coprodutos resultantes da extração mecânica do óleo utilizado na produção de biodiesel (OLIVEIRA *et al.*, 2003). Seus níveis de proteína bruta (PB) variam de 20,85 a 27,79%, dependendo da regulagem da prensa, o extrato etéreo pode variar de 16,72 a 26,55%, em relação aos níveis de energia metabolizável aparente para aves há uma variação de 1.711 a 3.217 kcal/kg. Já os níveis de fibra, que dependem da decorticação das sementes variam entre 31,49 a 47,36% de fibra em detergente neutro e 24,19 a 37,49% de fibra em detergente ácido (OLIVEIRA *et al.*, 2012; PINHEIRO *et al.*, 2013; BERWANGER *et al.*, 2014; KARGOPOULOS *et al.*, 2017; SOUZA, 2018).

O óleo residual presente na torta de girassol possui excelente valor nutricional, sendo rico em ácidos graxos poli-insaturados, principalmente os ácidos linoléico e oléico (ANDRIGUETTO, 2002). Além disso, Žilić, *et al.* (2010) avaliaram a capacidade antioxidante de diversos grãos e sementes de girassol e concluíram que estes podem ser considerados uma fonte potencial de antioxidantes naturais que esta associado aos níveis de α -tocoferóis e ácido clorogênico presente nesses alimentos.

Uma das limitações ao uso da torta de girassol para aves é o alto teor de fibra, que devido à natureza de suas ligações, é resistente à hidrólise no trato gastrointestinal (LECZNIESKI, 2006). De acordo com Antoszkiewicz *et al.* (2004), 90% da fibra bruta da torta de girassol é insolúvel. E, segundo Mourinho (2006) elevados níveis de fibra insolúvel na dieta conduzem a uma diminuição da digestibilidade dos nutrientes por reduzirem o tempo de permanência da digesta no trato digestivo. Além disso, a semente de girassol contém alguns fatores antinutricionais como o ácido clorogênico, que pode atuar inibindo enzimas como a tripsina e a lipase e reduzindo a disponibilidade de proteínas (TREVIÑO *et al.*, 1998), eo fitato

que tem a capacidade de formar uma ampla variedade de sais insolúveis com cátions importantes nutricionalmente (LELLIS *et al.*, 2010).

Já a glicerina bruta pode ser obtida a partir de reações de transesterificação, ou seja, a partir de reações entre lipídeos (óleos e/ ou gorduras) e um álcool, na presença de um catalisador. Apesar das diferenças na composição resultantes de fontes de gordura, método de processamento e reagentes utilizados para a produção de biodiesel, vários autores mostraram que a glicerina tem alto valor de energia para aves (LAMMERS *et al.*, 2008; DOZIER *et al.*, 2011; JUNG e BATAL, 2011; LIMA *et al.*, 2013).

Além de servir como fonte de energia, o glicerol também pode ter efeito positivo sobre a retenção de aminoácidos, pois a ação do glicerol inibindo a atividade das enzimas fosfoenolpiruvato carboxiquinase e glutamato desidrogenase pode resultar em economia dos aminoácidos gluconeogênicos (metionina, treonina, valina, dentre outros) e favorecer a deposição de proteína corporal (CERRATE *et al.*, 2006). Além de seu uso como fonte de energia, a inclusão de glicerol em dietas de aves também pode ser considerada devido ao seu alto nível de ácidos graxos, que podem melhorar o perfil lipídico do produto final. (DUARTE *et al.*, 2014).

Porém, para que a glicerina seja utilizada na alimentação animal, deve ser considerada a padronização do processo de produção do biodiesel. Teores de sódio, de umidade e de contaminantes, como metanol, precisam ser monitorados para não prejudicar a saúde do animal. O nível máximo de metanol não deve exceder 150 ppm (MAPA 2010).

Com isso, objetivou-se avaliar o efeito da inclusão de torta de girassol e glicerina bruta na alimentação de poedeiras semipesadas sobre, o desempenho das aves, as características e a qualidade externa e interna dos ovos e a viabilidade econômica das rações.

4.2 Material e métodos

O protocolo experimental foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA-UFC) da Universidade Federal do Ceará, sob o protocolo nº 46/2017. O experimento foi conduzido no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia (DZ) do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal do Ceará (UFC), no município de Fortaleza-CE.

O experimento teve a duração de 126 dias divididos em 6 períodos de 21 dias. Antes do período experimental, foram alojadas 500 poedeiras da linhagem *Hy Line Brown* com 35 semanas, em galpões convencionais, em gaiolas de arame galvanizado com capacidade para 2

aves por gaiola. Quando as aves atingiram 40 semanas, do total de poedeiras, 320 foram selecionadas para o experimento com base no peso ($1,68 \pm 0,017\text{kg}$) e na produção de ovos (74,48% de postura), e distribuídas nas gaiolas conforme as recomendações de Sakomura e Rostagno (2007).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 2, totalizando oito tratamentos com cinco repetições de oito aves por unidade experimental. Na obtenção dos tratamentos, os fatores estudados foram quatro níveis de inclusão da torta de girassol (0, 9, 18, e 27%) com inclusão de 0 ou 7% de glicerina bruta, totalizando 8 tratamentos.

A torta de girassol foi obtida de sementes com casca, pelo método de prensagem mecânica, para remoção do óleo, com a utilização de uma prensa mecânica da empresa Scott Tech, modelo ERT 40-V1. A glicerina bruta proveniente do algodão, foi fornecida pela Usina de Biodiesel do Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste, em Caetés/PE.

Para a formulação das dietas, foram considerados os valores nutricionais dos ingredientes (milho, farelo de soja e óleo de soja) apresentados por Rostagno *et al.* (2011). Já para torta de girassol e glicerina bruta, a composição nutricional foi obtida através da análise bromatológica desses alimentos (SILVA; QUEIROZ, 2002) realizada no laboratório de nutrição animal (LANA/DZ/CCA/UFC). A energia metabolizável foi determinada através de ensaio de metabolismo prévio utilizando frangas (Tabela 10).

Tabela 10 - Composição nutricional e energética dos ingredientes testados

Parâmetros	Torta de girassol	Glicerina bruta
EMA kcal/kg	2.774	3.582
Matéria seca (%)	90,04	91,60
Proteína bruta (%)	26,26	0,18
Extrato etéreo (%)	15,22	
Cálcio (%)*	0,30	
Fósforo disponível (%)*	0,10	
Sódio (%)*	0,03	0,06**
Cloro (%)*	0,09	
Potássio (%)*	1,28	
Lisina digestível (%)*	0,70	
Metionina digestível (%)*	0,49	
Metionina + Cistina digestível (%)*	0,80	
Treonina digestível (%)*	0,73	
Triptofano digestível (%)*	0,27	
Ácido clorogênico (%)	2,08	
Metanol (ppm)		601**

*Estimados pelos autores com base nas tabelas de FEDNA, 2010, expressos na matéria natural;

**Dados disponibilizados pelo fornecedor.

As rações experimentais utilizadas na alimentação das poedeiras (Tabela 11) foram formuladas para serem isonutrientes (com exceção da fibra) e isoenergéticas, de acordo com as exigências nutricionais recomendadas pelo manual da linhagem.

Tabela 11 - Composição das rações experimentais contendo torta de girassol (TG) e glicerina bruta para poedeiras semipesadas

Ingredientes (kg)	Rações							
	Sem glicerina				Com glicerina			
	0%	9%	18%	27%	0%	9%	18%	27%
	TG	TG	TG	TG	TG	TG	TG	TG
Milho	64,70	60,03	55,37	50,71	57,64	52,70	47,77	42,83
Farelo de soja	22,84	18,30	13,74	9,19	21,82	17,73	13,65	9,57
Torta de girassol	0,00	9,00	18,00	27,00	0,00	9,00	18,00	27,00
Gluten de milho60%	0,00	0,00	0,00	0,00	1,60	1,31	1,01	0,71
Óleo de soja	0,74	0,92	1,10	1,28	0,18	0,47	0,77	1,06
Glicerina bruta	0,00	0,00	0,00	0,00	7,00	7,00	7,00	7,00
Calcário calcítico	9,35	9,30	9,26	9,21	9,34	9,30	9,25	9,20
Fosfato bicálcico	1,57	1,59	1,61	1,64	1,60	1,62	1,64	1,65
DL – metionina	0,21	0,19	0,17	0,15	0,20	0,19	0,17	0,16
L-Lisina	0,05	0,11	0,19	0,26	0,08	0,14	0,20	0,26
L-Treonina	0,00	0,01	0,02	0,03	0,00	0,01	0,02	0,03
Suplemento vitamínico ¹	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Suplemento mineral ²	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Sal comum	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,37	0,37
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100
Nutrientes calculados								
Energia metabolizável (kcal/kg)	2.780	2.780	2.780	2.780	2.780	2.780	2.780	2.780
Proteína bruta (%)	15,60	15,60	15,60	15,60	15,60	15,60	15,60	15,60
Matéria seca (%)	89,33	89,53	89,72	89,92	89,60	89,80	90,01	90,22
FDA (%)	4,03	6,18	8,32	10,46	3,85	5,99	8,14	10,29
FDN (%)	10,87	13,74	16,60	19,47	9,99	12,67	15,75	18,63
Extrato etéreo	3,48	4,79	6,09	7,39	4,12	5,52	6,94	8,35
Cálcio (%)	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20
Fósforo disp. (%)	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
Sódio (%)	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
Cloro (%)	0,28	0,28	0,28	0,29	0,27	0,27	0,28	0,28
Lisina dig. (%)	0,83	0,74	0,66	0,58	0,82	0,74	0,66	0,58
Met. + cis. dig. (%)	0,71	0,62	0,53	0,44	0,71	0,62	0,53	0,44
Metionina dig. (%)	0,44	0,39	0,34	0,29	0,44	0,39	0,34	0,29
Treonina dig. (%)	0,83	0,52	0,44	0,35	0,61	0,52	0,43	0,35
Triptofano dig. (%)	0,18	0,15	0,12	0,09	0,18	0,15	0,12	0,09
Ácido clorogênico (%)*	0	0,19	0,37	0,56	0	0,19	0,37	0,56
Custo da ração (R\$/kg)	1,37	1,31	1,25	1,19	1,34	1,28	1,21	1,15

¹ Composição por kg de produto: Vit. A – 9.000.000,00 UI; Vit. D3 – 2.500.000,00 UI; Vit. E – 20.000,00 mg; Vit. K3 – 2.500,00 mg; Vit. B1 – 2.000,00 mg; Vit. B2 – 6.000,00 mg; Vit.

B12 – 15,00 mg; Niacina – 35.000,00 mg; Ácido pantotênico – 12.000,00 mg; Vit. B6 – 8.000,00 mg; Ácido fólico – 1.500,00 mg; Selênio – 250,00 mg; Biotina – 100,00 mg.

²Composição por Kg do produto: Ferro – 100.000,00 mg; Cobre – 20,00 g; Manganês – 130.000,00 mg; Zinco – 130.000,10 mg; Iodo – 2.000,00 mg.

*Calculado com base na quantidade de ácido clorogênico encontrado na torta de girassol.

Para quantificar o ácido clorogênico, a torta de girassol foi submetida ao processo de extração a quente em Soxhlet sendo preparados extratos (com hexano e metanol) que foram submetidos ao processo de cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) (IUPAC, 1979).

Durante todo o período experimental os dados ambientais foram registrados por intermédio de datalogger, cujo os valores de mínima e máxima temperatura foram 27,17 e 35,76°C; e de umidade relativa foram 30 e 89%, respectivamente. As aves receberam ração e água à vontade, sendo os comedouros abastecidos no início da manhã e final da tarde, com iluminação de 16 horas diárias. A coleta de ovos foi realizada diariamente, ao final da tarde.

Para avaliar o desempenho das aves foram mensuradas as variáveis de consumo de ração (g/ave/dia), onde a ração fornecida foi pesada no início e no final de cada período e por diferença foi calculado o consumo de ração. A porcentagem de postura também foi considerada (%/ave/dia) sendo registrada a produção de ovos diária por gaiola e no final de cada período, foram calculadas as porcentagens de postura por unidade experimental. O peso médio dos ovos foi obtido no dia em que era realizada a análise das características qualitativas dos ovos. E a partir dessas duas informações foi possível obter a massa de ovo (g/ave/dia), que é determinada pelo número de ovos multiplicado pelo peso médio do ovo, de cada unidade experimental. A conversão alimentar (g de ração/g de ovo) foi calculada a partir dos dados de consumo de ração dividido pela massa de ovo produzida.

Para a avaliação da qualidade interna e externa dos ovos, uma vez por semana todos os ovos de cada parcela eram coletados, identificados e levados para o Laboratório de Avaliação da Qualidade de Ovos, localizado nas dependências do Setor de Avicultura (DZ/UFC), onde foram armazenados à temperatura de 22°C até o dia seguinte, quando eram submetidas as análises qualitativas.

Inicialmente foram pesados os ovos (g) individualmente de todas as unidades experimentais, em balança semianalítica, com sensibilidade de 0,01g. Depois desta pesagem, foi calculado o peso médio dos ovos. A partir dessa informação, foram selecionados três ovos por parcela para serem submetidos, em sequência às demais análises.

A densidade específica dos ovos (g/cm³) foi determinada pesando o ovo no ar e na água, conforme procedimentos descritos por Freitas *et al.* (2004). A qualidade do albúmen foi

avaliada por meio da determinação da unidade Haugh (HAUGH, 1937). Para isso, após a determinação da densidade específica, os ovos foram quebrados sobre uma superfície plana de vidro e com a utilização de um micrômetro de profundidade foi medida a altura (mm) do albúmen denso. Com as medidas de peso do ovo no ar e altura do albúmen foram realizados os cálculos utilizando-se a equação: $UH = 100 \times \log (H - 1,7 \times P^{0,37} + 7,6)$, onde: UH = unidades Haugh; H = altura do albúmen em mm e P = peso do ovo em g. Após a mensuração da altura do albúmen foi separado o albúmen da gema, sendo esta retirada e pesada.

Para se obter o seu percentual em relação ao ovo, foi dividido o peso da gema pelo peso do ovo, multiplicando-se o valor obtido por 100. As cascas foram separadas, lavadas e postas para secar ao ar livre por 72 horas. Depois de secas foram pesadas em balança semianalítica, com sensibilidade de 0,01g e para obter-se o percentual de casca, o peso da casca foi dividido pelo peso do ovo, multiplicando-se o valor obtido por 100. O percentual de albúmen foi obtido por diferença, onde: % albúmen = 100 – (% gema + % casca).

Para avaliação dos sólidos totais, foram utilizados 3 ovos por parcela, dos quais foram misturados a gema e o albúmen, e levados para estufa de ventilação forçada de ar com temperatura de 55°C por 72 horas. Posteriormente foi analisada a matéria seca desse material em estufa a 105°C por 24 horas (SILVA; QUEIROZ, 2002).

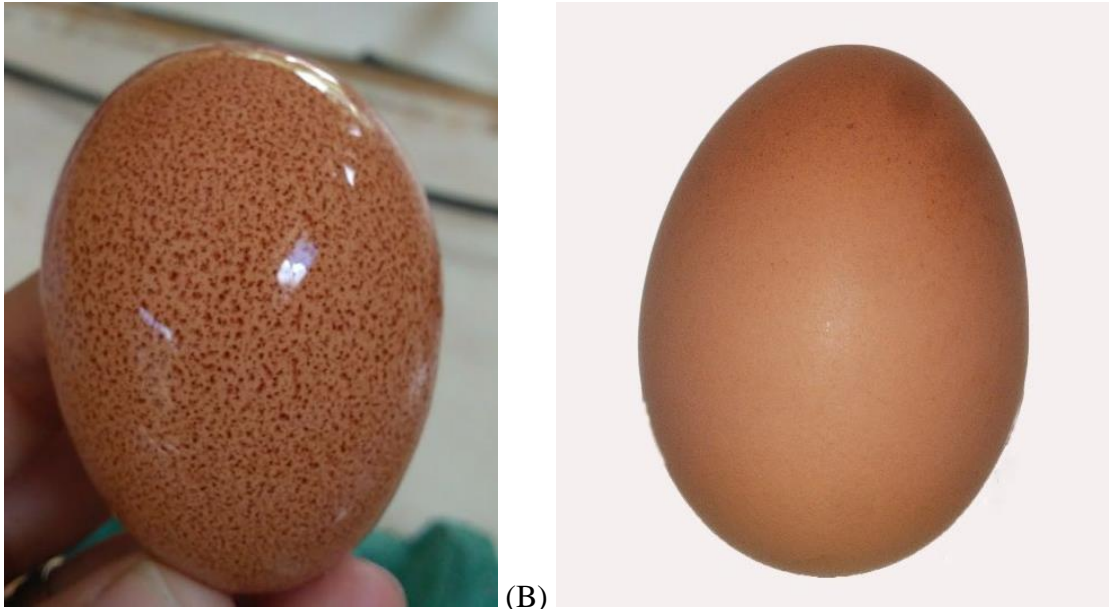
Para a espessura da casca (mm) foram retirados fragmentos de casca dos polos (maior e menor) e da região equatorial dos ovos. Esses fragmentos foram medidos com o uso de um paquímetro com divisões de 0,01mm. A espessura da casca foi considerada como a média da espessura obtida nas três regiões do ovo. Para avaliação da cor da gema foi utilizado o equipamento Digital YolkFan™ (ROYAL DSM, 2017), a partir dos mesmos tons de cores do leque colorimétrico.

A porcentagem de mancha na casca foi observada durante a pesagem dos ovos, sendo quantificado o número de ovos com manchas na parcela e dividido pelo total de ovos da parcela. Foi considerado com mancha o ovo que apresentava muitos pontos de pigmentação (Figura 1). A cor da casca foi avaliada durante a pesagem dos ovos, sendo aferida por gradiente visual de intensidade da cor em uma escala de 8 cores (Figura 2).

Para verificar a viabilidade econômica, foi determinado inicialmente os custos das rações que foram determinados considerando-se as suas composições e os preços dos ingredientes no município de Fortaleza no Estado do Ceará. O custo da ração por quilograma de ovo (CR) foi calculado adaptando-se a equação proposta por Bellaver *et al.* (1985). Assim: $CRI = (Q_i \times P_i) / M_i$, em que Y_i = custo da ração por quilograma de ovo no i-ésimo tratamento;

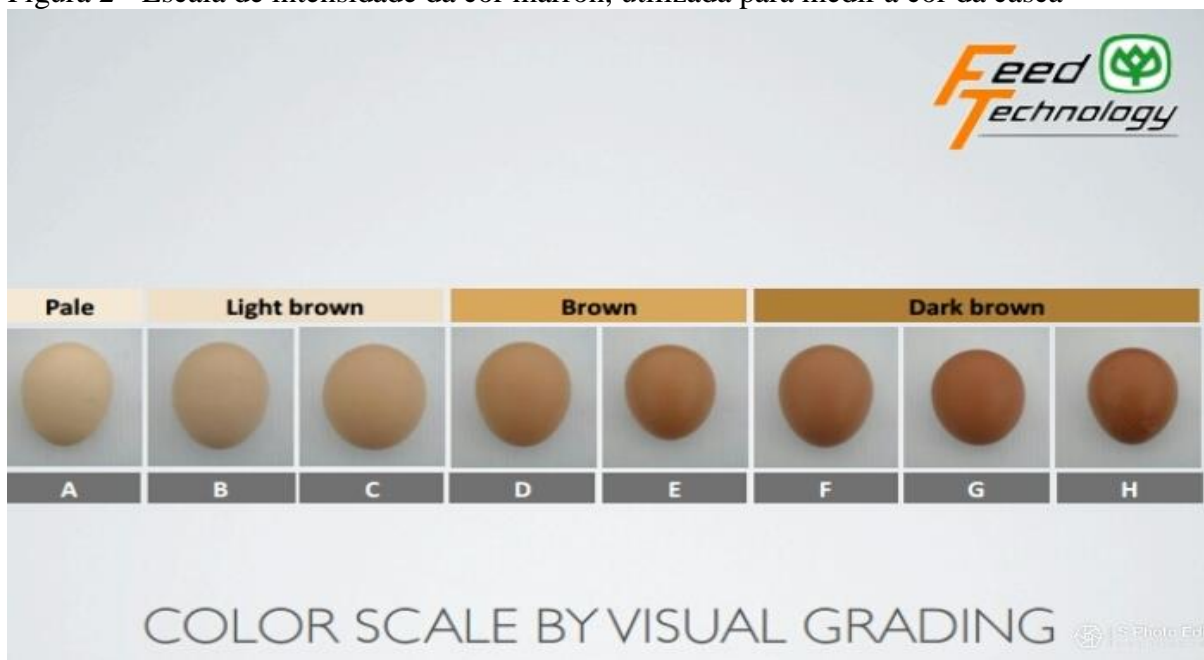
P_i = preço do quilograma da ração utilizada no i -ésimo tratamento; Q_i = quantidade de ração consumida no i -ésimo tratamento e M_i = massa de ovo do i -ésimo tratamento.

Figura 1 – Pigmentação caracterizando mancha na casca. (A) Ovo com vários pontos de pigmentação espalhados. (B) Ovo com vários pontos de pigmentação no polo menor e com faixa de despigmentação.



(A) (B)
Fonte: Autor.

Figura 2 - Escala de intensidade da cor marron, utilizada para medir a cor da casca



Fonte: Trong Wisedchanwet, Feed Technology office, Group Thailand.

Em seguida, foram calculados o índice de eficiência econômica (IEE) e o índice de custo (IC) propostos por Fialho *et al.* (1992): $IEE = (MCE_i / CTE_i) \times 100$ e $IC = (CTE_i / MCE_i) \times 100$, em que MCE_i = menor custo da ração por quilograma de ovo, observado entre tratamentos e CTE_i = custo do tratamento i considerado.

Para a análise estatística dos dados foi utilizado o programa estatístico SAS (2000), sendo os dados submetidos a análise de variância seguindo um esquema fatorial 4x2, sendo 4 níveis de torta de girassol e 2 níveis de glicerina bruta. Para determinar o melhor nível de inclusão da torta de girassol, os dados foram submetidos à análise de regressão. Também foi realizada a comparação de médias pelo teste de Student-Newman-Keuls (SNK) à 5% de significância. Quando houve interação dos fatores analisados, a comparação das médias no desdobramento foi realizada pelo teste de Tukey à 5% de significância.

4.3 Resultados e discussão

Avaliando o desempenho das aves, observou-se que não houve interação significativa ($P > 0,05$) dos fatores analisados (torta de girassol e glicerina bruta) para as variáveis analisadas (Tabela 12). Contudo, o aumento na quantidade de torta de girassol nas rações promoveu redução linear ($P < 0,05$) para as variáveis de percentual de postura ($Y = 89,571 - 0,1588x$; $R^2 = 0,9823$) e massa de ovos ($Y = 54,905 - 0,1361x$; $R^2 = 0,9955$), com consequente piora na conversão alimentar ($Y = 1,992 + 0,0074x$; $R^2 = 0,948$).

A produção e a massa de ovos reduziram ($P < 0,05$) quando a inclusão de torta de girassol nas rações foi de 27%. Isso resultou em uma piora na conversão alimentar, que ocorreu a partir do nível de 18% de torta.

Quanto ao efeito da glicerina bruta, observou-se que a inclusão desse ingrediente em nível de 7% nas rações não afetou significativamente ($P > 0,05$) as variáveis de desempenho estudadas.

Os efeitos da inclusão de torta de girassol na dieta de poedeiras semipesadas obtidos no presente estudo podem ser atribuídos aos teores de fibra insolúvel nas rações com a inclusão desse alimento, pois a alta presença de fibra insolúvel pode aumentar a taxa de passagem do alimento pelo trato gastrointestinal, minimizando o acesso das enzimas ao alimento, afetando assim a eficiência de utilização dos nutrientes (KHAJALI; SLOMINSKR, 2012; SAKOMURA *et al.*, 2014). Além disso existem fatores antinutricionais presentes nesse ingrediente como o o ácido clorogênico, que quando sofre oxidação pela polifenoloxidase resulta em substâncias que

reagem com a proteína alterando a sua disponibilidade, reduzindo a digestibilidade da proteína (PEDROSA *et al.*, 2000, GONZÁLEZ-PÉREZ *et al.*, 2002).

Tabela 12 - Desempenho de poedeiras semipesadas alimentadas com rações contendo torta de girassol e glicerina bruta

	Consumo (g/ave/dia)	Produção (%/ave/dia)	Peso do ovo (g)	Massa de ovo (g/ave/dia)	Conversão alimentar (g/g)
Torta de girassol (%)					
0	109,95	89,77 A	61,12	54,98 A	2,01 B
9	109,08	87,97 AB	60,81	53,53 AB	2,04 AB
18	110,25	86,46 AB	60,76	52,53 AB	2,11 A
27	111,94	85,51 B	59,91	51,23 B	2,21 A
Glicerina bruta (%)					
0	111,14	87,81	61,26	53,83	2,08
7	109,47	87,04	60,08	52,30	2,11
Média	110,30	87,43	60,67	53,07	2,09
CV (%) ¹	3,45	3,46	4,18	5,17	6,38
ANOVA ²			<i>p</i> -valor		
Torta de girassol	0,4074	0,0197	0,7143	0,0317	0,0080
Glicerina bruta	0,1719	0,4230	0,1510	0,0878	0,3691
Torta x Glicerina	0,6937	0,4083	0,1819	0,4136	0,5409
Regressão			<i>p</i> -valor		
Linear	0,1827	0,0014	0,2928	0,0032	0,0005
Quadrática	0,2845	0,6573	0,7829	0,9344	0,4343

¹ Coeficiente de variação; ²Análise de variância; Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem estatisticamente pelo teste SNK (P<0,05).

Os resultados obtidos estão em concordância com alguns relatos da literatura para o uso de subprodutos do girassol na alimentação de poedeiras. Senkoylu, Akyurek e Samli (2004) e Rezaei e Hafezian (2007) observaram piora na conversão alimentar das poedeiras alimentadas com rações contendo níveis mais elevados do farelo de girassol (20 e 21%, respectivamente). Entretanto, diverge em relação as observações realizadas por Pinheiro *et al.* (2013) que avaliaram a inclusão de torta de girassol (0, 7, 14 e 21%) para poedeiras semipesadas e concluíram que a torta de girassol pode ser incluída em até 21% nas rações. Esse valor é superior, visto que observamos pior conversão alimentar quando se incluiu a torta de girassol na ração a partir do nível de 18%.

Em relação ao efeito da glicerina bruta sobre as variáveis de desempenho, os resultados do presente estudo corrobora com os resultados publicados por Lammers *et al.* (2008), Swiatkiewicz e Koreleski (2009), e Duarte *et al.* (2014), em que a produção de ovos não foi afetada pela inclusão da glicerina bruta na ração.

Avaliando a qualidade dos ovos, observou-se interação significativa ($P < 0,05$) entre o nível de torta de girassol e de glicerina bruta na ração somente para coloração de gema (Tabela 13). Houve efeito quadrático da inclusão de torta de girassol sobre a porcentagem de casca ($Y = 9,9825 + 0,0358x - 0,0014x^2$; $R^2 = 0,9787$), com redução no valor desta variável com o aumento do nível de torta de girassol na ração atingindo o valor mínimo estimado para o nível de 12,78%, aumentando subseqüentemente.

A inclusão de torta de girassol ou glicerina bruta na ração das poedeiras afetou ($P < 0,05$) a densidade específica dos ovos reduzindo no nível de 18% de torta de girassol e com a inclusão de 7% de glicerina bruta (Tabela 13).

A redução da densidade específica, quando se aumentou o nível de inclusão da torta de girassol, pode ser associada à menor disponibilidade dos minerais para o processo de formação da casca, uma vez que a lignificação dos componentes à parede celular do grão desta oleaginosa e a ação quelante do ácido fítico sobre os elementos minerais, especialmente com íons divalentes, tais como o cálcio e o magnésio, formando complexos resistentes à ação das enzimas presentes no trato intestinal e, assim, podem diminuir a disponibilidade desses minerais (DAMODARAN, 2010), resultando em piora na qualidade da casca.

Tabela 13 - Qualidade de ovos frescos de poedeiras semipesadas alimentadas com rações contendo torta de girassol (TG) e glicerina bruta (GB)

	DE (g/cm ³)	UH	Albúmen (%)	Gema (%)	Casca (%)	Cor da Gema	Sólidos totais (%)
TG (%)							
0	1,083 A	93,28	66,11	23,90	9,99	8,47	22,35
9	1,084 A	92,70	66,20	24,05	9,75	8,38	21,90
18	1,079 B	93,62	66,36	23,83	9,81	8,20	21,86
27	1,082 AB	93,01	66,39	23,59	10,02	7,44	22,29
GB (%)							
0	1,089 A	92,88	66,31	23,80	9,90	7,96	22,07
7	1,075 B	93,42	66,23	23,89	9,88	8,28	22,13
Média	1,082	93,15	66,27	23,84	9,89	8,12	22,09
CV (%) ¹	0,335	1,812	0,957	2,17	2,79	1,98	6,16
ANOVA²				p - valor			
TG	0,0436	0,6588	0,7183	0,2716	0,1023	<,0001	0,9246
GB	<,0001	0,3154	0,6982	0,5839	0,8915	<,0001	0,6098
TG x GB	0,0906	0,3096	0,8956	0,8148	0,9446	<,0001	0,3819
Regressão				p - valor			
Linear	0,4435	0,9686	0,2329	0,1132	0,0174	-	0,8450
Quadrática	0,6885	0,9847	0,8768	0,2145	0,0100	-	0,3924

¹ Coeficiente de Variação; ²Análise de Variância. DE: Densidade Específica (g/cm³); UH: Unidade Haugh; Médias com letras distintas na coluna diferem estatisticamente pelo teste SNK ($P < 0,05$).

Os resultados obtidos divergem em parte dos relatados por Pinheiro *et al.* (2013) que ao avaliarem a inclusão da torta de girassol (0, 7, 14 e 21%) para poedeiras não encontraram efeito sobre a percentagem de casca e gravidade específica, contudo observou piora nos valores de unidade Haugh quando as aves receberam ração com 21% de torta de girassol. Por sua vez, Tsuzuki *et al.* (2003) avaliando a inclusão de sementes de girassol (0, 1,4, 2,8, 4,2 e 5,6%) em rações para poedeiras não encontraram diferenças significativas sobre os parâmetros da qualidade interna dos ovos.

Quanto ao efeito da glicerina bruta, a literatura não tem relatado efeito significativo da inclusão de glicerina bruta nas rações, até o nível de 10%, sobre a densidade específica dos ovos (YALÇIN *et al.*, 2010; DUARTE *et al.*, 2014; FONTINELE *et al.*, 2017). Contudo, os efeitos negativos da adição de 7% de glicerina sobre as variáveis de qualidade de casca podem ser associados à presença de fatores que podem limitar o seu uso na alimentação das aves.

Os principais fatores limitantes da utilização de glicerina bruta na alimentação de aves são o sódio e o metanol residual. No presente estudo, embora baixo (Tabela 3), o teor de sódio foi considerado na formulação da ração e as rações apresentavam quantidades iguais desse mineral. Assim, o conteúdo de metanol (601ppm) na glicerina, que se apresentou acima do estipulado pelo MAPA (2010), pode ter contribuído para os efeitos negativos na qualidade da casca.

Para mais, a utilização da molécula de glicerol pelas aves é limitada, isso porque a enzima glicerol quinase apresenta um ponto de saturação, limitando assim a transformação do glicerol em glicerol-3-fosfato (MIN *et al.*, 2010). Esse glicerol que não sofre a metabolização é eliminado pelos rins na urina (DASARI, 2007) e por ser hidrofílico ao ser excretado carrega junto consigo água, acarretando no aumento na produção de urina (GIANFELICI *et al.*, 2011). Esse fato pode causar desbalanço eletrolítico, afetando a absorção dos minerais, o que pode ter causado uma piora da casca dos ovos das poedeiras no presente estudo.

Além disso, o excesso de ácidos graxos (8 a 12%) na ração de poedeiras possibilita a formação de sais insolúveis com o cálcio no intestino delgado das aves, dificultando, assim, a mobilização desse mineral pelas poedeiras (MURAMATSU *et al.*, 2005).

No desdobramento da interação dos fatores avaliados (torta de girassol e glicerina bruta) para o parâmetro cor da gema dos ovos (Tabela 14), observou-se efeito quadrático da inclusão da torta de girassol sobre a cor da gema ($Y = 8,3175 + 0,0492X - 0,0036X^2$; $R^2 = 0,9839$) nos ovos das poedeiras que consumiram ração sem glicerina, indicando um aumento no valor desta variável com o aumento do nível de torta de girassol na ração atingindo o valor máximo estimado para o nível de 6,83%, reduzindo em níveis superiores a este. Por sua vez, nos ovos

das poedeiras que consumiram glicerina bruta na ração, observou-se redução linear ($Y = 8,617 - 0,0248X$; $R^2 = 0,9539$) na intensidade da cor da gema com o aumento na quantidade de torta de girassol nas rações.

Tabela 14 - Desdobramento da interação entre os fatores torta de girassol e glicerina bruta na cor da gema dos ovos de poedeiras semipesadas

		Glicerina bruta (%)		Médias
		0	7	
Torta de Girassol (%)	0	8,35 Ab	8,59 Aa	8,47
	9	8,37 Aa	8,39 ABa	8,38
	18	8,13 Aa	8,26 Ba	8,20
	27	6,98 Ba	7,89 Ca	7,44
Média		7,96	8,28	
Regressão			<i>p</i> - valor	
Linear		<,0001	<,0001	
Quadrática		<,0001	0,1737	

Médias seguidas de letras minúsculas na linha diferem estatisticamente pelo teste Tukey ($P < 0,05$); Médias seguidas de letras maiúsculas na coluna diferem estatisticamente pelo teste Tukey ($P < 0,05$).

De acordo com o teste de médias, o efeito da torta de girassol dentro do nível de 0% de inclusão da glicerina bruta promoveu redução significativa ($P < 0,05$) na cor da gema dos ovos apenas no nível de 27%. Entretanto, dentro do nível de 7% de glicerina bruta podemos a inclusão da torta de girassol a partir de 18% promoveu piora significativa na coloração da gema (Tabela 14).

Quanto ao efeito da glicerina, observou-se que apenas nos tratamentos que não continham a torta de girassol na ração houve diferença significativa ($P < 0,05$), de modo que a ração com glicerina promoveu maior cor da gema dos ovos.

Quanto à redução na intensidade da cor da gema nos tratamentos com inclusão de torta de girassol, esse efeito pode estar associado à diminuição da quantidade de milho na ração quando se adiciona o ingrediente testado, posto que o milho é rico em carotenóides o que atribui a pigmentação da gema, diferentemente da torta de girassol. Esse efeito também foi reportado por outros pesquisadores (PINHEIRO *et al.* 2013).

Por sua vez, a melhora na coloração da gema nos ovos com adição da glicerina não está associada à sua adição e sim ao fato de que para conseguir rações isonutrientes foi necessário a inclusão de glúten de milho que além de um elevado teor de proteína (60%) é uma excelente fonte de pigmento carotenóide, pois concentra alto teor de xantofila (em média 10 vezes superior ao milho em grão) sendo rico em beta-caroteno (45,5 mg/kg) (SANTOS, 2004).

Considerando as variáveis que estimam a qualidade da casca dos ovos (Tabela 15), observou-se que não houve interação significativa entre os fatores estudados, nem efeito da inclusão da torta de girassol nas rações das poedeiras. Contudo, a inclusão da glicerina bruta aumentou significativamente ($P < 0,05$) a intensidade de cor da casca, proporcionando também maior quantidade de manchas na casca.

A coloração marrom é um importante parâmetro de qualidade da casca tendo como referência a preferência do consumidor. A deposição de pigmentos na casca é influenciada pelo sistema de alojamento, idade, raça, dieta, fatores estressantes e doenças como bronquite infecciosa (SAMIULLAH *et al.*, 2015).

Tabela 15 - Qualidade da casca de ovos de poedeiras semipesadas alimentadas com rações contendo torta de girassol e glicerina bruta

	Espessura de casca (mm)	Cor da casca	Mancha na casca (%)
Torta de girassol (%)			
0	0,392	5,13	1,601
9	0,435	5,18	1,943
18	0,387	5,05	1,767
27	0,397	5,10	2,047
Glicerina bruta (%)			
0	0,410	4,90 B	1,584 B
7	0,396	5,33 A	2,095 A
Média	0,403	5,11	1,840
CV (%) ¹	16,22	8,16	29,95
ANOVA ²		<i>p</i> -valor	
Torta de girassol	0,3548	0,9110	0,3005
Glicerina bruta	0,4879	0,0027	0,0062
Torta x Glicerina	0,4295	0,6946	0,9948
Regressão		<i>p</i> -valor	
Linear	0,7249	0,7487	0,1656
Quadrática	0,4353	1,0000	0,8687

¹CV – Coeficiente de Variação; ²Análise de Variância; Médias com letras distintas na coluna diferem estatisticamente pelo teste SNK ($P < 0,05$).

Inicialmente a intenção em medir a cor e a quantidade de manchas na casca foi devido aos relatos de que o ácido clorogênico poderia causar o aparecimento de mancha na casca dos ovos de galinhas alimentadas com farelo de girassol (ROSE *et al.*, 1972), porém apesar de um aumento numérico na quantidade de manchas da casca, não foi observada diferença significativa. Por outro lado, a inclusão da glicerina bruta causou um aumento na intensidade da cor da casca e no aparecimento de manchas. Esse fenômeno pode ter ocorrido devido a quantidade de metais presentes neste ingrediente, como: lítio (239ppm), alumínio

(172ppm), enxofre (30ppm) e principalmente o vanádio (<10ppm), que já foi associado com efeito prejudicial na pigmentação da casca do ovo quando adicionado na dieta de poedeiras marrons (ODABASI *et al.*, 2006).

Com relação à viabilidade econômica, não houve interação significativa entre os fatores estudados (Tabela 16). Entretanto, houve efeito linear ($P < 0,05$) da inclusão da torta de girassol reduzindo o custo com alimentação por kg de massa de ovos ($Y = 2,7077 - 0,0077X$; $R^2 = 0,9867$), melhorando o índice de eficiência econômica ($Y = 90,08 + 0,2802X$; $R^2 = 0,985$) e reduzindo o índice de custo ($Y = 110,97 - 0,3146X$; $R^2 = 0,9867$).

De acordo com o teste de médias, a inclusão da torta de girassol melhorou a viabilidade econômica nos níveis de 18% e 27% em comparação ao tratamento controle (0%), em que o nível de inclusão de 27% desse ingrediente na ração das poedeiras proporcionou uma redução de 0,22 R\$/kg de massa de ovos, com redução de 9% no índice de custo e, conseqüente, aumento de 9% no índice de eficiência econômica (Tabela 16).

A inclusão da glicerina bruta na ração melhorou significativamente ($P < 0,05$) os índices de viabilidade econômica, reduzindo o custo por kg de massa de ovos em 0,07 R\$/kg, já o índice de eficiência econômica aumentou 3%, com conseqüente redução de 3% no índice de custo (Tabela 16).

Tabela 16 - Viabilidade econômica de rações com torta de girassol (TG) e glicerina bruta (GB) para poedeiras semipesadas

	Custo/kg de massa de ovo (R\$/kg)	Índice de eficiência econômica (%)	Índice de custo (%)
TG (%)			
0	2,71 A	90,20 C	110,94 A
9	2,63 AB	92,72 BC	107,88 AB
18	2,58 B	94,55 B	105,92 B
27	2,49 C	97,99 A	102,16 C
GB (%)			
0	2,64A	92,64B	108,05A
7	2,57B	95,08A	105,40B
Média	2,60	93,86	106,72
CV (%) ¹	2,66	2,66	2,66
ANOVA ²		<i>p</i> -valor	
Torta de girassol	<,0001	<,0001	<,0001
Glicerina Bruta	0,0060	0,0041	0,0060
Torta x Glicerina	0,1018	0,0830	0,1018
Regressão		<i>p</i> -valor	
Linear	<,0001	<,0001	<,0001
Quadrática	<,0001	<,0001	<,0001

¹CV – Coeficiente de Variação; ²Análise de Variância; Médias acompanhadas de letras diferentes na coluna diferem pelo teste de SNK ($p < 0,05$).

Estudos de viabilidade econômica da torta de girassol para poedeiras são escassos. Entretanto, alguns trabalhos têm sido realizados com o farelo de girassol, apresentando resultados semelhantes ao do presente estudo, em que a inclusão desses ingredientes na dieta das poedeiras melhora a viabilidade econômica das rações. Araújo (2015) utilizando farelo de girassol em rações para poedeiras da linhagem *Hy Line Brown* com 70 a 81 semanas de idade, concluíram que o nível de 24,0% de inclusão desse ingrediente, sem utilização de complexo enzimático na ração, melhorou em 7% o índice de eficiência econômica em relação a ração sem farelo de girassol. De Moraes Oliveira *et al.* (2016), afirmam que é economicamente viável adicionar farelo de girassol substituindo até 30% da proteína do farelo de soja, proporcionando uma diminuição no índice de custo e aumento no índice de eficiência econômica de 11% em relação à ração sem farelo de girassol para poedeiras semipesadas criadas em sistema semi-intensivo.

Os resultados do efeito da inclusão de glicerina bruta na ração das poedeiras neste estudo corrobora com o de Fontinele *et al.*, (2015) o qual concluíram que a dieta contendo 4% de glicerina propiciou maior retorno econômico sendo uma alternativa para gerar maior margem bruta ao produtor.

Essa melhora na viabilidade econômica demonstra que embora tenha afetado o desempenho das aves, a inclusão da torta de girassol junto com a glicerina bruta nas rações por apresentarem menor custo, proporcionou uma redução de 16% no preço das rações tornando-as viáveis economicamente.

4.4 Conclusão

Pode-se incluir até 18% de torta de girassol na ração de postura para poedeiras semipesadas, contendo ou não glicerina bruta.

A inclusão de 7% de glicerina vegetal bruta na ração de postura para poedeiras semipesadas causa aumento na coloração e presença de manchas escuras na casca, contudo, não afeta o desempenho das aves e melhora os índices de viabilidade econômica.

5 AÇÃO ANTIOXIDANTE E OXIDAÇÃO LIPÍDICA EM OVOS DE POEDEIRAS COMERCIAIS ALIMENTADAS COM TORTA DE GIRASSOL E GLICERINA BRUTA

RESUMO

Com o objetivo de avaliar o efeito da inclusão de torta de girassol e glicerina bruta na ração sobre a quantidade de compostos fenólicos, a capacidade antioxidante pelo método DPPH e pelo método ABTS em ovos desidratados e a oxidação lipídica das gemas in natura (TBARS) em ovos frescos e armazenados, foram utilizados ovos provenientes de dois experimentos, em que 320 poedeiras em cada ensaio (leves no primeiro e semipesadas no segundo) foram distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x2, sendo quatro níveis de inclusão de torta de girassol (0, 7, 14 e 21% para leves e 0, 9, 18, 27% para semipesadas) e dois níveis de inclusão de glicerina bruta (0 e 7%). Nas rações avaliadas, a quantidade de compostos fenólicos aumentou com o aumento da inclusão de torta de girassol resultando em aumento do potencial e da atividade antioxidante. A quantidade de compostos fenólicos nos ovos aumentou com a inclusão da torta de girassol na ração das aves leves e semipesadas, em relação aos ovos do tratamento sem torta de girassol. A capacidade antioxidante avaliada pelo método DPPH aumentou quando se incluiu torta de girassol no nível de 21% para aves leves ou 18 e 27% para semipesadas. Entretanto, pelo método ABTS, a inclusão de 14 e 21% de torta de girassol aumentou a capacidade antioxidante dos ovos das aves leves, porém para as aves semipesadas, apenas o nível de 27% aumentou a capacidade antioxidante dos ovos. A inclusão de 7% de glicerina bruta na ração das poedeiras leves e semipesadas aumentou a oxidação lipídica da gema dos ovos frescos e armazenados. A oxidação lipídica na gema dos ovos frescos reduziu com a inclusão de 7% de torta de girassol na ração de poedeiras leves e em todos os níveis de inclusão deste ingrediente na ração de poedeiras semipesadas. Já nos ovos de poedeiras leves alimentadas com ração contendo 7% de glicerina bruta, armazenados por 28 dias em temperatura ambiente, a inclusão de torta de girassol aumentou a oxidação lipídica atingindo o máximo valor no nível estimado de 10,71%, reduzindo a oxidação em níveis superiores a este. A inclusão de torta de girassol na ração de poedeiras é indicada por aumentar a ação antioxidante dos ovos. Por outro lado, a inclusão de 7% de glicerina bruta aumenta a oxidação lipídica da gema dos ovos.

Palavras-chave: Antioxidantes naturais. Ácido clorogênico. α -Tocoferóis. Pró-oxidantes.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of the inclusion of sunflower cake and crude glycerin in the diet on the amount of phenolic compounds, antioxidant capacity by the DPPH method and the ABTS method in dehydrated eggs and lipid oxidation of *in natura* TBARS) in fresh and stored eggs, eggs from two experiments were used, in which 320 laying hens in each test (light hens laying on the first and laying semi-heavy on the second) were distributed in a completely randomized design in a 4x2 factorial scheme, four levels of inclusion of sunflower cake (0, 7, 14 and 21% for hens laying light and 0, 9, 18, 27% for semi-heavy) and two inclusion levels of crude glycerin (0 and 7%). In the rations evaluated, the amount of phenolic compounds increased with the increase of the inclusion of sunflower cake resulting in increased potential and antioxidant activity. The amount of phenolic compounds in the eggs increased with the inclusion of sunflower cake in the diet of light birds, compared to the eggs of the treatment without sunflower cake. The antioxidant capacity evaluated by the DPPH method increased when sunflower cake was included at a level of 21% for light birds or 18 and 27% for semi-heavy birds. However, by the ABTS method, the inclusion of 14 and 21% of sunflower cake increased the antioxidant capacity of light layers eggs, but for semi-heavy layers, only the 27% level increased the antioxidant capacity of eggs. The inclusion of 7% of crude glycerin in the diet of light and semi-heavy layers increased the lipid oxidation of fresh and stored egg yolk. Lipid oxidation in the fresh egg yolk reduced with the inclusion of 7% sunflower cake in the lightweight hen ration and at all levels of inclusion of this ingredient in the ration of semi-heavy hens. On the eggs of light laying hens fed with ration containing 7% crude glycerin, stored for 28 days at room temperature, the inclusion of sunflower cake increased lipid oxidation reaching the maximum value at the estimated level of 10.71%, reducing oxidation at levels higher than this. The inclusion of sunflower cake in the laying ration is indicated by increasing the antioxidant action of the eggs. On the other hand, the inclusion of 7% crude glycerin increases the lipid oxidation of egg yolk.

Keywords: Antioxidants. Chlorogenic acid. α -Tocopherols. Pro-oxidants.

5.1 Introdução

O aumento na produção de biodiesel tem gerado coprodutos, tais como a torta de girassol e a glicerina bruta, que podem ser utilizados na alimentação dos animais como forma de minimizar os custos de produção.

A torta de girassol é um dos coprodutos resultantes da extração mecânica do óleo (OLIVEIRA *et al.*, 2003). Esse ingrediente se destaca como uma fonte de nutrientes e energia para ser usada na alimentação animal, sendo considerado um alimento proteico (20,85 a 27,79% de proteína bruta), possuindo quantidade considerável de extrato etéreo (16,72 a 26,55%) e níveis de energia metabolizável aparente para aves variando entre 1.711 e 3.217 kcal/kg (OLIVEIRA *et al.*, 2012; PINHEIRO *et al.*, 2013; BERWANGER *et al.*, 2014; KARGOPOULOS *et al.*, 2017 e SOUZA, 2018).

Já a glicerina bruta pode ser obtida a partir de reações de transesterificação, ou seja, a partir de reações entre lipídeos (óleos e/ ou gorduras) e um álcool, na presença de um catalisador. Apesar das diferenças na composição resultantes de fontes de gordura, método de processamento e reagentes utilizados para a produção de biodiesel, vários autores mostraram que a glicerina apresenta alto valor de energia para aves (LAMMERS *et al.*, 2008; DOZIER *et al.*, 2011; JUNG e BATAL, 2011; LIMA *et al.*, 2013).

Do ponto de vista do uso de lipídeos nas rações de poedeiras, um dos benéficos desses coprodutos seria a presença de altos teores de ácidos graxos poli-insaturados, principalmente os ácidos linoléico e oleico, existente tanto no óleo residual presente na torta de girassol quanto na glicerina bruta. Essa característica atende à um cenário atual na produção de ovos, que é o enriquecimento das gemas com ácidos graxos poli-insaturados (PUFA) (ANDRIGUETTO, 2002; DUARTE *et al.*, 2014).

O enriquecimento de ovos com PUFA, principalmente os $\omega 3$, têm provocado interesse de pesquisadores e das indústrias de alimentos por serem ácidos graxos essenciais para o desenvolvimento e crescimento normal do organismo humano e possuir um papel importante na prevenção e tratamento de doenças cardiovasculares, (SIMOPOULOS, 2000).

Os ácidos graxos insaturados incorporados na gema são particularmente sensíveis à deterioração oxidativa o que acarreta a formação de peróxidos e alterações nas características sensoriais, como odor, sabor, textura e cor afetando o tempo de prateleira dos alimentos, além da perda de nutrientes e produção de compostos tóxicos (como o malonaldeído) que podem estar associados aos mecanismos de envelhecimento e câncer (FERREIRA, 2013).

A suplementação dietética com antioxidantes naturais é a maneira mais usual para aumentar a capacidade antioxidante dos ovos. Nesse sentido a torta de girassol se destaca, pois, apresenta alto teor de polifenóis como o ácido clorogênico (ŽILÍČ *et al.*, 2010) que tem ação antioxidante eficaz capaz de eliminar os radicais livres e inibir a oxidação de vários substratos lipídicos (SHAHIDI; CHANDRASEKARA; ZHONG, 2010). O ácido clorogênico é o principal composto fenólico com propriedade antioxidante *in vitro* encontrado na torta de girassol, porém não tem sido realizado testes que comprovem ação deste antioxidante nos ovos (ŽILÍČ *et al.*, 2010).

Concomitante, o óleo de girassol é rico em α -tocoferóis (apresentando cerca de 689,6mg/kg de óleo) que tem se mostrado um eficiente eliminador de radicais livres. Esse composto é considerado como o principal antioxidante lipossolúvel no organismo animal agindo como inibidor da oxidação lipídica nas membranas das células, evitando assim a formação de peróxidos (BUCKLEY; MORRISSEY; GRAY, 1995). Pesquisas voltadas para alimentação de poedeiras afirmam que a suplementação dietética dessas aves com α -tocoferol não só impede oxidação lipídica em ovos, como também oferece a possibilidade de aumentar o conteúdo antioxidante nos ovos (CHERIAN *et al.*, 1996; QI e SIM, 1998; BOTSOGLOU *et al.*, 2012).

Com isso, objetivou-se avaliar o efeito da inclusão de torta de girassol e glicerina bruta na ração de poedeiras leves e semipesadas, sobre a quantidade de compostos fenólicos, a capacidade antioxidante avaliada pelo método de eliminação dos radicais DPPH e ABTS nos ovos desidratados, bem como a oxidação lipídica das gemas (TBARS) em ovos frescos e armazenados por 28 dias.

5.2 Material e métodos

Foram utilizados ovos de dois experimentos, conduzidos no setor de avicultura do Departamento de Zootecnia (DZ) da Universidade Federal do Ceará (UFC), localizada no município de Fortaleza- CE. O protocolo experimental foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA-UFC) da Universidade Federal do Ceará, sob o protocolo nº 46/2017.

Os experimentos tiveram duração de 126 dias divididos em 6 períodos de 21 dias. No primeiro experimento foram utilizadas 320 poedeiras de uma linhagem leve (*Hy Line W36*) com 39 semanas de idade, e no segundo 320 poedeiras de uma linhagem semipesada (*Hy Line Brown*) com 40 semanas de idade. Essas aves foram selecionadas com base no peso e na

produção de ovos e distribuídas nas gaiolas, conforme as recomendações de Sakomura e Rostagno (2007).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 2, totalizando oito tratamentos com cinco repetições de oito aves por unidade experimental. Na obtenção dos tratamentos, os fatores estudados foram quatro níveis de inclusão da torta de girassol (para leves: 0, 7, 14 e 21%; para semipesadas: 0, 9, 18 e 27%) com inclusão de 0 ou 7% de glicerina bruta.

As rações experimentais foram formuladas para serem isoenergéticas e isonutrientes (com exceção da fibra), segundo recomendações nutricionais constantes no manual da linhagem (HY-LINE INTERNATIONAL, 2016), sendo utilizados os valores nutricionais e energéticos dos ingredientes (milho, farelo de soja e óleo de soja) apresentados por Rostagno *et al.* (2011). Já para torta de girassol e glicerina bruta, a composição nutricional foi obtida após análise bromatológica desses alimentos (SILVA e QUEIROZ, 2002) realizada no laboratório de nutrição animal (LANA/DZ/CCA/UFC), e a energia metabolizável foi determinada através de ensaio de metabolismo prévio utilizando frangas (Tabela 17).

Tabela 17 - Composição nutricional e energética dos ingredientes testados

Parâmetros	Torta de girassol	Glicerina bruta
EMA (kcal/kg)	2.774	3.582
Matéria seca (%)	90,04	91,60
Proteína bruta (%)	26,26	0,18
Extrato etéreo (%)	15,22	
Ácido clorogênico (%)	2,08	

Fonte: Autor

Para quantificar o ácido clorogênico na torta de girassol foi realizado o processo de extração a quente em Soxhlet, com hexano para desengordurar o material. Posteriormente, foi realizada a extração desse material com metanol e a concentração do extrato foi feita em evaporador rotativo sob pressão reduzida. Em seguida o extrato foi submetido ao processo de cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) de acordo com a IUPAC (1979).

Para a quantificação de compostos fenólicos e avaliação da capacidade antioxidante dos ovos, no sexto período experimental, foram selecionados três ovos de cada parcela o qual foram misturados e secos em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas, em seguida a amostra seca foi triturada, acondicionada em potes e armazenada em freezer.

Para obtenção dos extratos das rações e dos ovos desidratados a serem utilizados nos ensaios, 2 gramas de material foi previamente reconstituído com 6 ml de água, e

posteriormente extraído em metanol (1:10 v/v), por 1 hora sob agitação (Adaptado, SMET; RAES; SMET, 2006). O extrato foi centrifugado por 10 minutos, a 1000 rpm, e o sobrenadante filtrado em papel filtro.

A quantificação dos compostos fenólicos nos extratos foi realizada de acordo com Genovese *et al.* (2008). À uma alíquota de 0,25ml do extrato foram adicionados 0,25ml do reagente de Folin-Ciocalteu, 2ml de água destilada e, após 3 minutos, 0,25ml de solução saturada de carbonato de sódio. A mistura foi homogeneizada e incubada em banho de água fervente, a 37°C por 30 minutos e depois centrifugada por 10 minutos a 1000 rpm. A absorbância foi lida em espectrofotômetro (750 nm). Os fenólicos totais foram expressos em mg de ácido gálico/mL de amostra.

A medida da capacidade antioxidante pelo método de eliminação do radical livre DPPH (2,2 -difênil -1- picril -hidrazil) no extrato metanólico do ovo foi realizada seguindo a metodologia descrita por Arabshahi-Delouee e Urooj (2007), com adaptações. No ensaio, 1ml do extrato metanólico do ovo foi misturada a 3ml da solução de DPPH, em metanol (6.10⁻⁵ Mol/L), sendo mantido por 30 minutos à temperatura ambiente na ausência de luz, sendo a leitura realizada em espectrofotômetro (517nm) e a capacidade antioxidante foi expressa como porcentagem de eliminação do DPPH em relação ao controle utilizando-se a seguinte equação:

$$DPPH(\%) = \frac{\text{absorbância do controle} - \text{absorbância da amostra}}{\text{absorbância do controle}} \times 100$$

A medida da capacidade antioxidante pelo método de eliminação do radical livre ABTS^{o+} (2, 2 – azinobis - 3- etil – benzotiazolina – 6- ácido sulfônico) no extrato metanólico do ovo, foi realizada seguindo a metodologia descrita por Chen *et al.*, (2011), com adaptações. No ensaio obteve-se primeiramente o radical pela reação de 5ml de ABTS (7 mmol/L) com 88µl de persulfato de potássio (2,45 mmol/L), sendo esse sistema mantido em repouso, à temperatura ambiente (25°C), durante 16 horas na ausência de luz. Uma vez formado o radical ABTS^{o+}, o mesmo foi diluído com etanol e realizada a leitura da absorbância até se obter um valor de 0,70 ± 0,05nm a um comprimento de onda de 734nm. A partir do extrato obtido no item anterior, em ambiente escuro preparou-se em tubos de ensaio, uma alíquota de 0,3ml de cada amostra com 3,0ml do radical ABTS^{o+} que foi homogeneizado em vórtex. A leitura foi realizada em espectrofotômetro a 734nm, após 6 minutos da mistura. Foi utilizado o álcool etílico, como padrão, para calibrar o espectrofotômetro e a capacidade antioxidante foi expressa como porcentagem de eliminação do ABTS^{o+} em relação ao controle, utilizando-se a equação acima mencionada para o DPPH.

No quinto período experimental, foi realizada a avaliação da estabilidade lipídica dos ovos frescos e armazenados. Para isso, foram selecionados 3 ovos de cada parcela com casca íntegra, sendo todos identificados, acondicionados em bandejas de papelão e armazenados em temperatura média de $29\pm 2,55^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $79,75\pm 9,11\%$ até o momento da análise (0 ou 28 dias). O ensaio foi realizado no Laboratório de Produtos Naturais (LPN) no departamento de química da UFC.

As gemas foram avaliadas quanto à oxidação lipídica determinando-se a concentração de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), através do método de extração ácido aquosa (CHERIAN *et al.*, 2002). Para isso, em um tubo de 15ml, foram pesados aproximadamente 2g de gema in natura (sem película). Em seguida, foram adicionados 6,75 mL de ácido perclórico (3,86%) e 18,75 μL de BHT (4,5%) sendo o conteúdo homogeneizado em Vórtex por 30 segundos. Posteriormente os tubos foram centrifugados a 8500 rpm por 10 minutos. O sobrenadante foi filtrado em papel de filtro (Whatman nº 1).

Depois, 1 mL do filtrado foi colocado em tubo eppendorf adicionando-se em seguida 1 mL de solução aquosa de TBA (20 mM). Os tubos foram aquecidos em aquecedor (Eppendorf ThermoMixer) por 30 minutos a 95°C sem agitação. Para reduzir a temperatura, os tubos foram colocados em centrífuga refrigerada a 4°C . em seguida, a leitura da densidade óptica foi realizada em espectrofotômetro a 531 nm. A concentração de TBARS foi calculada através de uma curva padrão de malonaldeído (MDA) e os resultados expressos em μg de MDA por g da amostra.

Para a análise estatística dos dados foi utilizado o programa estatístico SAS (2000), sendo os dados submetidos a análise de variância seguindo um esquema fatorial 4x2. Para determinar o melhor nível de inclusão da torta de girassol, os dados foram submetidos análise de regressão. Também foi realizada a comparação de médias entre os tratamentos pelo teste de Tukey (5%). Quando houve interação dos fatores analisados na análise de variância, a comparação das médias no desdobramento da interação foi realizada pelo teste de Tukey (5%).

5.3 Resultados e discussão

Na determinação da quantidade de compostos fenólicos, da capacidade antioxidante (DPPH) e da atividade antioxidante (ABTS) das rações contendo torta de girassol e glicerina bruta, foi possível observar que a quantidade de compostos fenólicos nas rações aumentou de acordo com o aumento da inclusão de torta de girassol, resultando em aumento do potencial e da atividade antioxidante (Tabela 18).

Segundo Haminiuk et al., (2012), os compostos fenólicos estão incluídos na categoria de neutralizadores de radicais livres e apresentam uma grande gama de efeitos biológicos benéficos a saúde humana incluindo ações antioxidantes, antiviral, antimicrobiana, antitumoral e atividade antibacteriana.

Tabela 18 - Fenólicos totais e capacidade antioxidante (DPPH e ABTS) das rações com torta de girassol e glicerina bruta utilizadas na alimentação das aves

Torta de girassol (%)	Glicerina bruta (%)					
	0		7		0	
	Fenólicos totais (mg/L)		%DPPH		%ABTS	
	Leves					
0	94,06	82,01	12,23	14,56	8,11	9,63
7	115,57	115,63	30,09	26,48	15,50	15,69
14	211,59	177,67	58,84	42,08	26,65	22,33
21	240,08	183,64	63,85	54,74	29,07	29,07
	Semipesadas					
0	94,24	84,24	11,44	10,76	6,92	8,91
9	124,00	119,12	31,19	32,35	11,47	15,93
18	227,61	183,82	60,73	42,32	27,60	24,13
27	251,41	194,78	65,38	55,54	29,63	30,06

Na avaliação dos ovos de poedeiras leves (Tabela 19), observou-se que não houve interação significativa entre os fatores estudados para a quantidade de compostos fenólicos, capacidade antioxidante avaliada pelo método do DPPH e atividade antioxidante avaliada pelo método ABTS.

Essas variáveis também não foram influenciadas significativamente pela adição de glicerina na ração, contudo, em razão do aumento da inclusão de torta de girassol na ração houve aumento linear da quantidade de compostos fenólicos ($Y = 60,785 + 2,009x$; $R^2 = 0,92$) e da atividade antioxidante (ABTS) ($Y = 5,47 + 0,777x$; $R^2 = 0,78$). Conforme a comparação das médias, a quantidade de compostos fenólicos nos ovos foi menor no tratamento sem torta de girassol em relação aos demais que não diferiram entre si (Tabela 19). Para a capacidade antioxidante pelo método do DPPH, observou-se diferença significativa apenas entre os resultados para o tratamento com 21% de torta de girassol em relação ao sem torta de girassol, obtendo-se maior valor para o nível de 21% de inclusão. Porém, quanto ao sequestro de radicais pelo método ABTS, a inclusão de 14 e 21% de torta de girassol aumentaram a atividade antioxidante dos ovos em relação a obtida para os ovos das aves alimentadas com a ração sem torta de girassol.

Tabela 19 - Compostos fenólicos e atividade antioxidante dos ovos de poedeiras leves alimentadas com rações contendo torta de girassol e glicerina bruta

	Compostos fenólicos ($\mu\text{g/mL}$)	DPPH (%)	ABTS (%)
Torta de girassol (%)			
0	62,12B	21,45B	5,87B
7	65,50A	23,46AB	7,28AB
14	67,44A	23,83AB	8,42A
21	68,17A	24,97A	8,08A
Glicerina bruta (%)			
0	65,30	22,70	7,65
7	66,31	24,16	7,18
Média	65,80	23,43	7,41
CV (%) ¹	2,52	7,33	15,49
ANOVA ²		<i>p</i> - valor	
Torta de girassol	<,0001	0,0198	0,0068
Glicerina bruta	0,1515	0,0541	0,3324
Torta x Glicerina	0,8332	0,5806	0,8794
Regressão		<i>p</i> - valor	
Linear	0,0007	0,1446	0,0058
Quadrática	0,0533	0,5638	0,0575

¹CV – coeficiente de variação; ²Análise de variância; Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem estatisticamente pelo teste Tukey ($P < 0,05$).

Essas variáveis também não foram influenciadas significativamente pela adição de glicerina na ração, contudo, em razão do aumento da inclusão de torta de girassol na ração houve aumento linear da quantidade de compostos fenólicos ($Y = 60,785 + 2,009x$; $R^2 = 0,92$) e da atividade antioxidante (ABTS) ($Y = 5,47 + 0,777x$; $R^2 = 0,78$). Conforme a comparação das médias, a quantidade de compostos fenólicos nos ovos foi menor no tratamento sem torta de girassol em relação aos demais que não diferiram entre si (Tabela 19). Para a capacidade antioxidante pelo método do DPPH, observou-se diferença significativa apenas entre os resultados para o tratamento com 21% de torta de girassol em relação ao sem torta de girassol, obtendo-se maior valor para o nível de 21% de inclusão. Porém, quanto ao sequestro de radicais pelo método ABTS, a inclusão de 14 e 21% de torta de girassol aumentaram a atividade antioxidante dos ovos em relação a obtida para os ovos das aves alimentadas com a ração sem torta de girassol.

Na avaliação dos ovos de poedeiras semipesadas (Tabela 20), observou-se que não houve interação significativa entre os fatores estudados para a quantidade de compostos fenólicos nem para a capacidade antioxidante avaliada pelo método do DPPH e atividade antioxidante avaliada pelo método ABTS. Contudo, houve aumento linear ($Y = 58,615 +$

3,684x; $R^2 = 0,99$) da quantidade de compostos fenólicos dos ovos com o aumento na quantidade de torta de girassol nas rações.

A inclusão de 9% desse ingrediente já foi suficiente para aumentar significativamente a presença de compostos fenólicos em relação ao obtido para o grupo controle. A atividade antioxidante avaliada pelo método do radical DPPH aumentou quando se incluiu 18 e 27% de torta de girassol na alimentação das aves. Entretanto, pelo método de sequestro do radical ABTS apenas o nível de 27% promoveu aumento significativo sobre a atividade antioxidante dos ovos em relação ao tratamento sem torta de girassol (Tabela 20).

Tabela 20 - Compostos fenólicos e atividade antioxidante dos ovos de poedeiras semipesadas alimentadas com rações contendo torta de girassol e glicerina bruta

	Compostos fenólicos ($\mu\text{g/mL}$)	DPPH (%)	ABTS (%)
Torta de girassol (%)			
0	62,09 C	19,92 B	6,85 B
9	66,04 B	22,23 AB	7,82 AB
18	70,18 A	23,31 A	9,33 AB
27	72,99 A	25,18 A	10,02 A
Glicerina bruta (%)			
0	68,19	22,86	8,57
7	67,46	22,46	8,45
Média	67,82	22,66	8,51
CV (%) ¹	3,45	8,02	19,75
ANOVA ²		<i>p</i> - valor	
Torta de girassol	<,0001	0,0011	0,0199
Glicerina bruta	0,4596	0,5920	0,8642
Torta x Glicerina	0,9587	0,9379	0,9481
Regressão		<i>p</i> - valor	
Linear	0,0028	0,0676	0,1838
Quadrática	0,5129	0,7429	0,8195

¹Coefficiente de variação; ²Análise de variância; Médias com letras distintas na coluna diferem estatisticamente pelo teste Tukey ($P < 0,05$).

A inclusão da glicerina bruta nas rações das aves não afetou significativamente a capacidade antioxidante dos ovos de poedeiras leves ou semipesadas (Tabelas 19 e 20). Os resultados encontrados no presente estudo podem estar relacionados a quantidade de compostos fenólicos e α -tocoferóis encontrados na torta de girassol, especificamente no óleo residual presente nesse subproduto. Dentre os compostos fenólicos presentes na torta de girassol, o ácido clorogênico (ACG) é o principal, sendo também encontradas pequenas quantidades de ácido caféico, cinâmico, cumárico, felúrico, sináptico e ácidos hidroxicinâmicos (ŽILIC *et al.*, 2010). Quimicamente o ACG é um éster do ácido caféico com o ácido quínico. Tanto o ACG quanto

o AC são conhecidos como antioxidantes eficazes capazes de eliminar os radicais livres e inibir a oxidação de vários substratos lipídicos (SHAHIDI; CHANDRASEKARA; ZHONG, 2010). Já o α -tocoferol tem sido bastante estudado como antioxidante natural, e quando suplementado na dieta das aves, não só impede oxidação lipídica, mas também oferece a possibilidade de aumentar o conteúdo antioxidante natural dos ovos (CHERIAN *et al.*, 1996; BOTSOGLOU, 2012).

Na avaliação da oxidação lipídica em ovos de poedeiras leves, frescos e armazenados por 28 dias, observou-se que não houve interação significativa entre os fatores (torta de girassol e glicerina bruta) apenas para os ovos (Tabela 21). Contudo, houve efeito significativo do nível de torta de girassol e da adição de glicerina bruta na ração para esta variável.

A adição de glicerina aumentou os valores de TBARS nas gemas, indicando maior oxidação lipídica, em ovos frescos e armazenados.

Tabela 21 - Oxidação lipídica da gema em ovos frescos e armazenados por 28 dias, de poedeiras leves alimentadas com rações contendo torta de girassol e glicerina bruta

TBARS (μ g MDA/ g de gema)		
Torta de girassol (%)	Ovos frescos	Ovos armazenados
0	0,824A	0,846A
7	0,729B	0,769AB
14	0,725B	0,751AB
21	0,723B	0,702B
Glicerina bruta (%)		
0	0,688B	0,659B
7	0,813A	0,875A
Média	0,750	0,767
CV(%) ¹	7,97	12,83
ANOVA ²		<i>p</i> - valor
Torta de girassol	0,0011	0,0225
Glicerina bruta	<0,0001	<0,0001
Torta x Glicerina	0,6713	0,5567
Regressão		<i>p</i> - valor
Linear	0,0246	0,0374
Quadrática	0,0970	0,7687

¹CV – coeficiente de variação; ²Análise de variância; Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem estatisticamente pelo teste Tukey (P<0,05).

Quanto ao efeito da torta de girassol, observou-se redução linear nos valores de TBARS nas gemas de ovos frescos ($Y = 0,796 - 0,004X$, $R^2 = 0,6621$) e armazenados ($Y = 0,835 - 0,006X$, $R^2 = 0,6621$), com o aumento da torta de girassol na ração. De acordo com o teste de médias, para os ovos frescos, houve redução significativa nos valores de TBARS para

todos os níveis de inclusão de torta de girassol em relação aos resultados obtidos com a ração sem o uso desse alimento. Entretanto, para os ovos armazenados, houve diferença significativa apenas entre os resultados obtidos com o nível de 21% em relação aos obtidos com a ração sem adição de torta, obtendo-se menor oxidação lipídica para as gemas dos ovos das aves alimentadas com inclusão de 21% de torta de girassol na ração.

Na avaliação da oxidação lipídica dos ovos de poedeiras semipesadas (Tabela 22), observou-se que não houve interação significativa entre o nível de torta de girassol e de glicerina bruta na ração, sobre os valores de TBARS, contudo houve efeito significativo do nível de torta de girassol e da adição de glicerina para ovos frescos e armazenados.

Tabela 22 - Oxidação lipídica da gema em ovos frescos e armazenados por 28 dias, de poedeiras semipesadas alimentadas com rações contendo torta de girassol e glicerina bruta

TBARS ($\mu\text{g MDA/g de gema}$)		
Torta de girassol (%)	Ovos frescos	Ovos armazenados
0	1,051A	1,656A
9	0,960B	1,558AB
18	0,938BC	1,532AB
27	0,898C	1,482B
Glicerina bruta (%)		
0	0,880B	1,456B
7	1,043A	1,658A
Média	0,962	1,557
CV(%) ¹	3,62	8,46
ANOVA ²		<i>p</i> - valor
Torta de girassol	<0,0001	0,0412
Glicerina bruta	<0,0001	<0,0001
Torta x Glicerina	0,1527	0,3182
Regressão		<i>p</i> - valor
Linear	0,0007	0,0243
Quadrática	0,3866	0,6521

¹CV – coeficiente de variação; ²Análise de variância; Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem estatisticamente pelo teste Tukey (P<0,05).

Assim como ocorreu para os ovos das aves leves, nos ovos das aves semipesadas a adição de glicerina aumentou os valores de TBARS nas gemas, indicando maior oxidação lipídica, em ovos frescos e armazenados.

A inclusão da torta de girassol promoveu redução linear nos valores de TBARS nas gemas dos ovos frescos ($Y = 1,034 - 0,005X$, $R^2 = 0,6621$) e armazenados ($Y = 0,749 - 0,0223X$, $R^2 = 0,6621$). Conforme o teste de médias, para os ovos frescos, observou-se redução nos valores de TBARS para todos os níveis de inclusão de torta de girassol em relação aos resultados obtidos com a ração sem o uso desse alimento. Entretanto, para os ovos armazenados,

houve diferença significativa, apenas, entre os resultados obtidos com o nível de 27% em relação aos obtidos com a ração sem adição de torta, obtendo-se menor oxidação lipídica para as gemas dos ovos das aves alimentadas com inclusão de 27% de torta de girassol na ração.

A concentração de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) na gema de ovos frescos pode ser decorrente da ingestão dessas substâncias na ração e da posterior transferência para a gema e, também, resultante da produção endógena das poedeiras (RADWAN *et al.*, 2008). Contudo, durante a estocagem, os ovos sofrem oxidação lipídica aumentando a concentração de produtos primários e secundários da peroxidação (SĂRĂCILĂ *et al.*, 2017), sendo o nível de TBARS nos ovos diretamente relacionado à composição lipídica da gema e à transferência do antioxidante para os ovos (SHAHRYAR *et al.*, 2010; SĂRĂCILĂ *et al.*, 2017). Portanto a adição de antioxidantes à ração de poedeiras tem sido um recurso importante para reduzir esses efeitos da oxidação lipídica em ovos armazenados, principalmente, quando estes são enriquecidos com ácidos graxos de cadeia longa e insaturados, através da alimentação das aves (FAITARONE *et al.*, 2016; SĂRĂCILĂ *et al.*, 2017).

Nesse contexto, criou-se a expectativa de que o aumento de gordura insaturada na ração com a maior inclusão de torta de girassol pudesse influenciar no nível de oxidação dos lipídeos das gemas dos ovos frescos, através do aumento da quantidade de radicais livres ingeridos pelas aves oriundos da oxidação dos lipídios insaturados da ração e, também, dos radicais gerados no metabolismo endógeno das poedeiras. Por outro lado, a maior proporção de lipídios insaturados na gema devido a maior ingestão de óleo com a inclusão de torta de girassol favoreceria a maior oxidação lipídica durante o armazenamento dos ovos. Todosesses possíveis problemas poderiam ser minimizados pela ação antioxidante dos α -tocoferóis e dos compostos fenólicos, principalmente do ácido clorogênico, presentes na torta de girassol (ŽILIC *et al.*, 2010), o que se confirmou nos dois ensaios.

Os efeitos sobre a atividade antioxidante dos ovos e na estabilidade lipídica das gemas observados com a inclusão da torta de girassol na alimentação das poedeiras podem ser associados ao aumento do ter compostos fenólicos na ração e, conseqüentemente, nos ovos, conforme demonstrado (Tabelas 19 e 20). Esses resultados estão de acordo com os obtidos na literatura, uma vez que benefícios da ação antioxidante de diferentes compostos fenólicos presentes em diversas espécies vegetais quando adicionados na alimentação de poedeiras tem sido relatados por diferentes pesquisadores, obtendo-se melhoria na atividade antioxidante (SHAHRYAR *et al.*, 2010; SĂRĂCILĂ *et al.*, 2017) e redução na oxidação dos lipídios da gema (RADWAN *et al.*, 2008; SHAHRYAR *et al.*, 2010; SĂRĂCILĂ *et al.*, 2017). Quanto ao efeito da glicerina, pode-se inferir que a maior oxidação lipídica indicada pelo aumento dos

valores de TBARS nas gemas dos ovos das aves alimentadas com esse subproduto pode estar relacionada com a maior produção endógena de radicais livres durante o metabolismo do glicerol e de substâncias como metais pesados e o metanol, que é tóxico. Também, pode ser atribuído ao aumento da quantidade de ácidos graxos insaturados nas gemas com a inclusão desse ingrediente na ração das aves (DUARTE *et al.*, 2014).

Os resultados obtidos indicam a necessidade de mais estudos para realmente esclarecer a ação antioxidante do ácido clorogênico e tocoferóis em ovos, bem como a ação pró-oxidante da glicerina.

5.4 Conclusão

A inclusão de torta de girassol na ração de poedeiras leves e semipesadas aumenta a atividade antioxidante dos ovos e reduz a oxidação lipídica nas gemas dos ovos frescos e armazenados por até 28 dias. Por sua vez, a inclusão de 7% de glicerina bruta na ração aumenta a oxidação lipídica da gema dos ovos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados obtidos nesta pesquisa, pode-se inferir que coprodutos advindos da indústria do biodiesel, a torta de girassol e a glicerina bruta, podem ser utilizados juntos na ração de aves destinadas a produção de ovos, trazendo retorno econômico ao produtor.

O nível de oxidação lipídica da gema pode aumentar com a inclusão de glicerina bruta na ração das poedeiras. Contudo, o ácido clorogênico e os alfa-tocoferóis presentes na torta de girassol, podem reduzir esse efeito devido suas propriedades antioxidantes.

Portanto, sugere-se a realização de novos estudos que avaliem o perfil lipídico de rações com a inclusão desses ingredientes, sua relação com a oxidação lipídica dos ovos e consequência desse nível de oxidação para o consumidor final.

REFERÊNCIAS

- ABDALLA, A.L. *et al.*, Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. spe, p.260-258, 2008. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982008001300030. Acesso em: 21 jan. 2017.
- AHN, D.U.; KIM, S.M.; SHU, H. Effect of egg size and strain and age of hens on the solids content of chicken eggs. **Poultry Science**, College Station, v.76, n.6, p.914-919, 1997. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9181628>. Acesso em: 30 mai. 2018.
- AIMARETTI, N. *et al.* Aprovechamiento de la glicerina obtenida durante la producción de biodiesel. **Invenio**, Rosario, v. 11, n.20, p. 137-144, 2008. Disponível em: https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/66127/CONICET_Digital_Nro.b4f60257-37a8-40a4-bba7-a65861fbcfb6_J.pdf?sequence=11&isAllowed=y. Acesso em: 13 mai. 2018.
- ALLAM, S.S.M.; BASSIUNY, A.M.M. Chlorogenic acid, efficiency and safety aspects as antioxidant. **La Rivista Italiana delle Sostanze Grasse**, Milão, v.78, n.8, p.257-265, 2002. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Chlorogenic-acid%2C-efficiency-and-safety-aspects-as-Allam-Bassiuny/0ccb4bc875f65d51a6297b4b242a682813d6a169A> Acesso em: 20 set. 2018.
- ANDREO D.; JORGE N. Antioxidantes naturais: técnicas de extração. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v.24, n.2, p. 319-36, 2006. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/alimentos/article/view/7489/5359> Acesso em: 20 set. 2018.
- ANDRIGUETTO, J.M. *et al.* **Nutrição Animal**. v.1, São Paulo: Nobel, 2002, 396p.
- ANGELIS, R.C. Novos conceitos em nutrição: reflexões a respeito do elo dieta e saúde. **Arquivos de Gastroenterologia**, São Paulo, v.38, n.4, p.269-271, 2001. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0004-28032001000400010&script=sci_abstract&tlng=pt Acesso em: 29 set. 2017.
- ANNISON, G. The role of wheat non-starch polysaccharides in broiler nutrition. **Journal of Agricultural Research**, Victoria, v. 44, n.3, p. 405-422, 1993. Disponível em: <https://www.publish.csiro.au/cp/AR9930405> Acesso em: 13 mai. 2018.
- ANNISON, G.; CHOCT, M. Anti-nutritive activities of cereal non starch polysaccharides in broiler diets and strategies minimizing their effects. **World Poultry Science Journal**, Nova Zelândia, v. 47, n.3, p. 232 – 242, 1991. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1079/WPS19910019> Acesso em: 13 ma. 2018.
- ANTOSZKIEWICZ, Z. *et al.* Effect in inclusion of sunflower cake and enzymatic preparations diets for growing pigs. **Veterinarija ir Zootechnika**, Lituânia, v. 26, n.48, p. 17-22, 2004. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/EFFECT-IN-INCLUSION-OF-SUNFLOWER-CAKE-AND-ENZYMATIC-Antoszkiewicz/3bb06803cd0dad93b54ec3b074722b4b1da3c2ec> Acesso em: 22 mai. 2018.

APROBIO - ASSOCIAÇÃO DOS PRODUTORES DE BIODIESEL DO BRASIL.

Institucional. Disponível em: <https://aprobio.com.br/2018/04/19/producao-de-biodiesel-deve-ser-de-5-bilhoes-de-litros-em-2018>. Acesso em: 20 set. 2018.

ARABSHAHI-DELOUEE, S., J. A. UROOJ. Antioxidant properties of various solvent extracts of mulberry (*Morus indica* L.) leaves. **Food Chemistry**, Norwich, v.102, n.4, p. 1233-1240, 2007. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814606005784> Acesso em: 20 set. 2018.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de Alimentos: Teoria e Prática**. 3ª ed. Viçosa: Imprensa Universitária, Universidade federal de Viçosa, 2006. 478 p.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de Alimentos: Teoria e Prática**. 1ª ed. Viçosa: Imprensa Universitária, Universidade federal de Viçosa, 1995. 335p.

ARAÚJO, W.A.G. Sunflower Meal and Supplementation of an Enzyme Complex in Layer Diets. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v. 17, n.3, p.363-370, 2015.

Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-635X2015000300363 Acesso em: 13 dez. 2017.

ARRUDA, A. M. V. *et al.* Importância da fibra na nutrição de coelhos. **Semina: Ciências agrárias**, Londrina, v.24, n.1, p.181-190, 2003. Disponível em: [https://www.bvs-vet.org.br/vetindex/periodicos/semina-ciencias-agrarias/24-\(2003\)-1/importancia-da-fibra-na-nutricao-de-coelhos/](https://www.bvs-vet.org.br/vetindex/periodicos/semina-ciencias-agrarias/24-(2003)-1/importancia-da-fibra-na-nutricao-de-coelhos/) Acesso em: 12 dez. 2017.

AUBOURG, S. P., Review: Interaction of malondialdehyde with biological molecules—new trends about reactivity and significance. **Animal Feed Science and Technology**, Holanda, v.28, n.4, p. 323–335, 1993. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/229810401_Review_Interaction_of_malondialdehyde_with_biological_molecules_-_New_trends_about_reactivity_and_significance Acesso em: 27 out. 2018.

BAGHBAN-KANANI, P. *et al.* Effect of different levels of sunflower meal and multi-enzyme complex on performance, biochemical parameters and antioxidant status of laying hens. **South African Journal of Animal Science**, Alice, v.48, n.2, p.390-399.

2018. Disponível em: <https://www.ajol.info/index.php/sajas/article/view/166208/155641> Acesso em: 13 dez 2017.

BARRETO, S. C. S. *et al.*, Ácidos graxos da gema e composição do ovo de poedeiras alimentadas com rações com farelo de coco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n.12, p. 1767–1773, 2006. Disponível em:

<http://www.scielo.br/pdf/pab/v41n12/a11v4112.pdf> Acesso em: 25 Ago, 2018.

BEDFORD, M.R.; CLASSEN, H.L. An in vitro assay for prediction of broiler intestinal viscosity and growth when fed rye-based diets in the presence of exogenous enzymes. **Poultry Science**, Virgínia Ocidental, v. 72, n.1, p.137-143, 1992. Disponível em:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8426842> Acesso em: 12 dez. 2018.

BELLAVER, C. *et al.* Radícula de malte na alimentação de suínos em crescimento e terminação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.20, n.8, p.969-974, 1985. Disponível em: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/16131> Acesso em: 19 dez. 2017.

BERNARDINO, V.M.P. *et al.*, Metabolismo do glicerol em aves - revisão bibliográfica. **Revista Eletrônica Nutritime**, Viçosa, v.10, n.5, p.2752-2780, 2013. Disponível em: https://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/artigo_214.pdf Acesso em: 23 jan. 2018.

BERWANGER, E. *et al.* Nutritional and energy values of sunflower cake for broilers. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n.6, p. 3429-3438, 2014. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4457/445744145044.pdf> Acesso em: 19 dez. 2017.

BEST, P. Increased biofuel production will grow supplies of by products: glycerin gives an energy option. **Feed International**, [s.l.] v.55, p.20-21. 2006.

BOTSOGLOU, E. *et al.* Lipid oxidation of stored eggs enriched with very long chain n3 fatty acids, as affected by dietary olive leaves (*Olea europea L.*) or α -tocopheryl acetate supplementation. **Food Chemistry**, Norwich, v.134, n.2, p. 1059-1068, 2012. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23107728> Acesso em: 25 ago. 2018.

BOTSOGLOU, N. A. *et al.*, Effect of Dietary Thyme on the Oxidative Stability of Egg Yolk. **Journal de Agricultural Food Chemistry**, Washington, v. 45, n.10, 1997. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/jf9703009> Acesso em: 25 ago. 2018.

BRENNAN, M.F. *et al.* Glycerol: Major Contributor to the Short Term Protein Sparing Effect of Fat Emulsions in Normal Man. **Annals of Surgery**, Philadelphia, v.182, n.10, p.386-39, 1975. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1180577> Acesso em: 23 jan. 2018.

BUCKLEY D.J., P.A. MORRISSEY, J.I. GRAY. Influence of dietary vitamin E on oxidative stability and quality of pig meat. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.73, n.10, p.3122-3130, 1995. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8617685> Acesso em: 26 ago. 2018.

CAMPESTRINI, E.; SILVA, V.T.M. da; APPELT, M.D. Utilização de enzimas na alimentação animal. **Revista Eletrônica Nutritime**, Viçosa, v.2, n.6, p.259-272, 2005. Disponível em: http://nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/027V2N6P259_272_NOV2005.pdf Acesso em: 21 jan. 2017.

CARVALHO, M. G. **Influência do processamento, de antioxidantes e da estocagem sobre a estabilidade oxidativa lipídica do ovo**. 2012. 156p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

CARVALHO, P.L.O. **Glicerina bruta na alimentação de suínos**. 2011. 109f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá. 2011.

CERRATE, S. *et al.* 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. Disponível em: <https://scialert.net/abstract/?doi=ijps.2006.1001.1007> Acesso em: 14 mai. 2018.

CHAN, P.H., E. POLLACK AND R.A. FISHMAN. Differential Effects of Hypertonic Mannitol and Glycerol on Rat Brain Metabolism and Amino Acids. **Brain Research**, Amsterdam, v.225, n.1, p. 143-153, 1981. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6794859> Acesso em: 14 mai. 2018.

CHEN, Y., HUANG, B., HE, J., HAN, L., ZHAN, Y., & WANG, Y. In vitro and in vivo antioxidant effects of the ethanolic extract of *Swertia chirayita*. **Journal of Ethnopharmacology**, Limerick, v. 136, n. 2, p. 309–315, 2011. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21549823> Acesso em: 12 jan. 2019

CHERIAN, G. R. K.; SELVARAJ, M. P.; GOEGER, P. A. Muscle Fatty Acid Composition and Thiobarbituric Acid-Reactive Substances of Broilers Fed Different Cultivars of Sorghum. **Poultry Science**, College Station, v. 81, n. 9, p. 1415– 1420. 2002. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12269624> Acesso em: 22 ago. 2017.

CHERIAN, G., F. H. WOLFE, J. S. SIM. Dietary oils with added tocopherols: effects on egg or tissue tocopherols, fatty acids, and oxidative stability. **Poultry Science**, College Station, v.75, n. 3, p. 423-431. 1996a. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8778738> Acesso em: 22 ago. 2017.

CHERIAN, G.; WOLFE, E. H.; SIM, J. S. Feeding dietary oil with tocopherols: effect of internal qualities of eggs during storage. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 61, n.1, p. 15-18, 1996b. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2621.1996.tb14716.x> Acesso em: 22 ago. 2017.

CHUNG, S. Avaliação físico-química da torta de girassol (*helianthus annuus* L.) para a utilização na alimentação animal. *In: XIX CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA*, 2009. Águas de Lindóia/SP. **Anais...** do Zootec 2009.

COMBS F JR. Thiamin Chap. *In: Vitamins. Fundamental Aspects in Nutrition and Health*, Ed. Combs Jr, Academic Press, San Diego, California. 1992. p 251-269.

CONEGLIAN, S. M. *et al.*, Utilização de antioxidantes nas rações. **PUBVET-Publicação em Medicina Veterinária e Zootecnia**, Londrina, v.5, n.5, 33p., 2011. Disponível em: <http://www.pubvet.com.br/uploads/f254c3fe46191a6a4057fc677635b619.pdf> Acesso em: 19 mai. 2018.

COSGROVE, J. P., CHURCH, D. F., PRYOR, W. A. The kinetics of autoxidation of polyunsaturated fatty acids. **Lipids**, Champaign, v. 22, n.5, p. 299-304, 1987. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02533996> Acesso em: 19 mai. 2018.

COSTA, F. G. P.; PINHEIRO, S. G.; LIMA, M. R., Exigências de aminoácidos para poedeiras. *In: 29ª Reunião do CBNA - Congresso sobre Nutrição de Aves e Suínos*. Hotel Fonte Colina Verde. **Anais**. São Pedro – SP. 2015.

COSTA, F.G.P.; SOUZA, J.G.; SILVA, J.H.V. *et al.* Influência do óleo de linhaça sobre o desempenho e a qualidade dos ovos de poedeiras semipesadas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.37, n.5, p.861-868, 2008. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982008000500013 Acesso em: 5 out. 2017.

COTRIM, W. S. Antioxidantes naturais e seus efeitos sobre a cor e nível oxidativo de carne bovina. **Revista ABCZ**, nº60, p. 52-55, 2011. Disponível em: <https://comidatecnologica.wordpress.com/2011/02/17/antioxidantes-naturais-e-seus-efeitos-sobre-a-cor-e-nvel-oxidativo-de-carne-bovina/> Acesso em: 5 out. 2017.

CRYER, A. AND W. BARTLEY. Studies of the adaptation of rats to a diet high in glycerol. **International Journal of Biochemistry**, Oxford, v.4, n.21, p.293-308, 1973. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0020711X73900529> Acesso em: 10 fev. 2017.

CUPPETT, S. L. The use of natural antioxidants in food products of animal origin. *In: Antioxidants in Food: Practical applications.* Jan Pokorny, Nedyalka Yanishlieva and Michael Gordon (eds.), Cambridge, England, 2001.

DABROWSKI KJ; SOSULSKI FW, Composition of free and hydrolyzable phenolic acids in defatted ours of ten oilseeds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.32, n.1, p.128-130, 1984. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf00121a032> Acesso em: 22 ago. 2017.

DAMODARAN S.; PARKIN K.L.; FENNEMA O.R. **Química de Alimentos de Fennema**. Editora: Artmed, 4ª edição, 2010. 900 p.

DASARI, M., Crude glycerol potencial described. **Feedstuffs**. [s.l.] v. 79, p.16-19. 2007.

DE LEONARDIS, A. *et al.* Biodegradation in vivo and in vitro of chlorogenic acid by a sunflower-seedling (*Helianthus annuus*) like-polyphenoloxidase enzyme. **European Food Research and Technology**, Berlin, v.223, n.3, p.295-301, 2006. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/225504036_Biodegradation_in_vivo_and_in_vitro_of_chlorogenic_acid_by_a_sunflower-seedling_Helianthus_annuus_like-polyphenoloxidase_enzyme Acesso em: 2 set. 2018.

DE MARIA, C.A.B.; MOREIRA, R.F.A. Métodos para análise de ácido clorogênico. **Química Nova**, São Paulo, v.27, n.4, p.586- 592, 2004. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422004000400013&script=sci_abstract&tlng=pt Acesso em: 25 mar. 2018.

DE MORAIS OLIVEIRA, V.R *et al.*, Sunflower meal as a nutritional and economically viable substitute soybean meal in diets for free-range laying hens. **Animal Feed Science Technology**. Amsterdam, v.220, p. 103-108. 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377840116304369> Acesso em: 18 abr. 2017.

DINIZ, G. De coadjuvante a protagonista: glicerina bruta obtida na produção de biodiesel pode ter muitas aplicações. **Ciência Hoje On-line**, Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <http://cienciahoje.uol.com.br?controlpanel/materia/view/3973>. Acesso em: 30 fev. 2017.

DOZIER, W. A. III *et al.*, Apparent metabolizable energy of glycerin for broiler chickens. **Poultry Science**, College Station, v.87, n.2, p.317–322. 2008. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18212375> Acesso em: 6 dez. 2017.

DOZIER, W.A.; KERR, B.J.; BRANTON, S.L. Apparent metabolizable energy of crude glycerin originating from different sources in broiler chickens. **Poultry Science**, College Station, v.90, n.11, p.2528-2534, 2011. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22010238> Acesso em: 6 fev. 2017.

DRAPER, H. H.; HADLEY, M. Malondialdehyde determination as index of lipid Peroxidation. **Methods in Enzymology**, New York, v. 186, p. 421–431. 1990. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2233309> Acesso em: 15 jun. 2018.

DUARTE C.R.A. *et al.* Mixed crude glycerin in laying hen diets: live performance and egg quality and fatty acid profile. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v.16, n. 4. p.351-358. 2014. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-635X2014000400003 Acesso em: 23 jan. 2018.

DUTTA, N., SHARMA, K., NAULIA, U. Use of undecorticated sunflower cake as a critical protein supplement in sheep and goats fed wheat straw. **Asian-Australasian Journal Animal Science**. Seoul, v.15, n.6, p.834–837, 2002. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/264077346_Use_of_Undecorticated_Sunflower_Cake_as_a_Critical_Protein_Supplement_in_Sheep_and_Goats_Fed_Wheat_Straw Acesso em: 7 jan. 2018.

EMBRAPA SOJA. **Girassol**. 2011. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/girassol>. Acesso em: 25 de maio 2018.

ESTERBAUER, H., R. F. SCHAUR, H. ZOLLNER. Chemistry and biochemistry of 4-hydroxynonenal, malonaldehyde and related aldehydes. **Free Radical Biology Medicine**, New York, v.11, n.1, p.81–128. 1991. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1937131> Acesso em: 22 ago. 2017.

FAITARONE, A.B.G. *et al.* Yolk color and lipid oxidation of the eggs of commercial white layers fed diets supplemented with vegetable oils. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v.18, n.1, p. 9-16. 2016. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-635X2016000100009 : Acesso em: 3 jul. 2017.

FALOWO, A. B.; FAYEMI, P. O.; VOSTER, M. Natural antioxidants against lipid–protein oxidative deterioration in meat and meat products: A review. **Food Research International**, Essex, v. 64, p. 171-181, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996914004177> Acesso em: 21 jan. 2018.

FARAG, M.D.E.H. Effect of radiation and other processing methods on protein quality of sunflower meal. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.79, p. 1565-1570, 1999. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/%28SICI%291097-0010%28199909%2979%3A12%3C1565%3A%3AAID-JSFA393%3E3.0.CO%3B2-N> Acesso em: 7 nov. 2017.

FARRAPO, Samily de Paulo. **Glicerinas bruta e semipurificada na alimentação de codornas de corte**. 2015. 78p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)- Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 2015.

FÁVARO, V. R. **Utilizacao de glicerina, subproduto do Biodiesel, na alimentacao de bovinos**. 2010. 59 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Jaboticabal, 2010.

FEDNA - Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. **Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos**. 4ª edición. Universidad Politécnica de Madrid, 2017.

FEDNA- Fundación Española Para El Desarrollo De La Nutrición Animal. **Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos**. 3ª edición. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid. 2010.

FENNEMA, O. R. **Química de los alimentos**. 2 ed. Zaragoza, Editora Acribia, 2000. 1258p.

FERRARI, R. A; OLIVEIRA, V. S; SCABIO, A. Biodiesel de soja – Taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em gerador de energia. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 19-23, 2005. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422005000100004 Acesso em: 3 nov. 2016.

FERREIRA, J.I. **Qualidade interna e externa de ovos orgânicos produzidos por aves da linhagem Isa Brown ao longo de um período de postura**. 2013. 54p. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2013.

FERREIRA, W. M. Os componentes da parede celular vegetal na nutrição de não-ruminantes. *In*: Simpósio Internacional de Produção de Não Ruminantes, 31, 1994, Maringá. **Anais...** Maringá: SBZ, 1994. p. 85-113.

FERRERES F., GIL M.I., CASTANÄ E.R. M.; TOMAÂS-BARBERAÂN F.A., Phenolic metabolites in red pigmented lettuce (*Latuca sativa*). Changes with minimal processing and cold storage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.45, n.11, p.4249-4254. 1997. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf970399j> Acesso em: 9 mai. 2017.

FIALHO, E.T. *et al.* Utilização da cevada suplementada com óleo de soja para suínos em crescimento e terminação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.27, p.1467-1475, 1992. Disponível em: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/3793> Acesso em: 3 dez. 2016.

FONTINELE, G. S. P. *et al.* Resultados econômicos do uso da glicerina derivada do biodiesel na dieta de poedeiras semipesadas criadas no semiárido nordestino. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.45, n.5, p. 22-28, 2015. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/ftp/iea/publicacoes/ie/2015/tec3-1015.pdf> Acesso em: 25 set. 2016.

FONTINELE, G. S. P. *et al.* Glicerina oriunda do biodiesel na alimentação de poedeiras de ovos vermelhos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 38, n. 2, p. 1009-1016, 2017. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4457/445750711040.pdf> . Acesso em: 4 dez. 2017.

FRANCHINI, A. *et al.*, Oxidative stability and sensory and functional properties of eggs from laying hens fed supranutritional doses of vitamins E and C. **Poultry Science**, College Station, v. 81, n.11, p. 1744-1750, 2002. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12455604> Acesso em: 2 mai. 2018.

FREITAS, E. R. *et al.* Extratos etanólicos de manga como antioxidantes na alimentação de poedeiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.48, n.7, p.714-721, 2013. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-204X2013000700003&script=sci_abstract&tlng=pt Acesso em: 16 dez. 2016.

FREITAS, E.R. *et al.* Comparação de métodos de determinação da gravidade específica de ovos de poedeiras comerciais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n. 5, p.509-512, 2004. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2004000500014 Acesso em: 2 mar. 2015.

FUJIYOSHI, Y. *et al.* Structure and function of water channels. **Current Opinion in Structural Biology**, London, v.12, n. 4, p.509-515. 2002. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12163075> Acesso em: 3 abr. 2016.

GALOBART, J.*et al.* α -Tocopheryl transfer efficiency and lipid oxidation in fresh and spray-dried eggs enriched with w3- polyunsaturated fatty acids. **Poultry Science**, College Station, v.80, n. 3, p.1496-1505. 2001. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11261564> Acesso em: 15 jan. 2018.

GENOVESE, M. I. *et al.* Bioactive compounds and antioxidant capacity of exotic fruits and comercial frozen pulps from Brazil. **Food Science Technology International**, Ibaraki, v.14, n.3, 207-214. 2008. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1082013208092151> Acesso em: 06/11/2018.

GIANFELICI, M.F. *et al.* Determination of apparent metabolizable energy of crude glycerin in broiler chickens. **Brazilian Journal of Poultry Science**, Campinas, v13, n.3, p.255-258, 2011. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-635X2011000400006 Acesso em: 01/11/2018.

GIANFELICI, M.F. **Uso do glicerol como fonte de energia para frangos de corte.** 2009. 129f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

GONZÁLEZ-PEREZ, S. *et al.* Isolation and characterization of undenatured chlorogenic acid free sunflower (*Helianthus annuus*) proteins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 50, n.6, p.1713-1719. 2002. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11879063> Acesso em:

GONZALEZ-PEREZ, S.; MERK, K. B.; VEREIJKEN, J. M. *et al.* Isolation and characterization of undenatured chlorogenic acid free sunflower (*Helianthus annuus*) proteins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.50, n.6, p.1713-1719, 2002. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11879063> Acesso em: 22/10/2017.

GUERRA, L.R.H. **Glicerina bruta na alimentação de frangos de corte**. 2010. 67p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2010.

HAMILTON, R. J. *et al.*, In **Rancidity in Foods**; Allen J. C., Hamilton R. J., Ed.; Applied Science Publishers LTD.; London, 1983, p. 1.

HARA-CHIKUMA, M.; VERKMAN, A.S. Physiological roles of glycerol transporting aquaporins: the aquaglyceroporins. **Cellular and Molecular Life Sciences**, Basel, v.63, n.12, p.1386-1392. 2006. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16715408> Acesso em: 29/08/2018.

HAUGH, R.R. The Haugh unit for measuring egg quality. **United States Egg Poultry Magazine**, Chicago, v.43, p.552-555, 1937.

HORNSTRA G. Essential fatty acids in mothers and their neonates. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.71, n.5, p.1262S-9. 2000. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10799400> Acesso em: 22/08/2018.

HY-LINE INTERNATIONAL. **Management Guide W-36 commercial layers**. 2016. Disponível em: <www.hyline.com>. Acesso em: Dezembro de 2017.

HY-LINE INTERNATIONAL. **Management Guide Brown commercial layers**. 2016. Disponível em: <www.hyline.com>. Acesso em: Janeiro de 2017.

INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY (IUPAC). **Standard methods for the analysis of oils, fats and derivatives**, 6ed. Pergamon Press: Oxford. 1979.

JACOBSEN, D.; MCMARTIN, K. Methanol and ethylene glycol poisonings. Mechanism of toxicity, clinical course, diagnosis and treatment. **Medical Toxicology**, Auckland, v.1, n.5, p. 309-34. 1986. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3537623> Acesso em: 16/08/2018

JANSSEN W. M. M. A; CARRÉ, B. Influence of fiber on digestibility of poultry feed. *In*: Cole DJA, Haresign W, editors. **Recent Developments in Poultry Nutrition**. London: Butterworths; 1989. p. 78-93.

JUNG, B.; BATALLA, A.B. Nutritional and feeding value of crude glycerin for poultry. 1. Nutritional value of crude glycerin. **The Journal of Applied Poultry Research**, [s.l.] v.20, n. 4, p. 162-167, 2011. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/270080599_Nutritional_and_feeding_value_of_crude_glycerin_for_poultry_2_Evaluation_of_feeding_crude_glycerin_to_broilers Acesso em: 21/09/2018.

KALMENDAL, R., *et al.*, High-Fibre Sunflower Cake Affects Small Intestinal Digestion and Health in Broiler Chickens. **British Poultry Science**, Edinburgh, v.52, n.1, p.86-96, 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/49851369_High-fibre_sunflower_cake_affects_small_intestinal_digestion_and_health_in_broiler_chickens Acesso em: 04/04/2018.

KARGOPOULOS, A. *et al.*, Use of Sunflower Cake in the Diet of ISA Brown Pullets. **Journal of Agricultural Science and Technology**, [s.l.] v.7, n.2, p.129-134, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/317407456_Use_of_Sunflower_Cake_in_the_Diet_of_ISA_Brown_Pullets Acesso em: 22/04/2018.

KHAJALI F.; SLOMINSKI B.A. Factors that affect the nutritive value of canola meal for poultry – a review. **Poultry Science**, College Station, v. 91, n. 10, p. 2564–2575, 2012. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22991543> Acesso em: 15/06/2018.

KNOTHE, G. Dependence of biodiesel fuel properties on the structure of fatty acid alkyl esters. **Fuel Processing Technology**, [s.l.] v. 86, n. 10, p. 1059-1070, 2005. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378382004001894> : Acesso em: 23/08/2018.

KNOTHE, G., GERPEN, J.V., KRAHL, J. **Manual de biodiesel**. São Paulo: Edgard Blücher, 2006.

KRAUSE, L. C. **Desenvolvimento do processo de produção de biodiesel de origem animal**. 2008. 120f. Tese de doutorado. Porto Alegre, 2008.

LAMMERS, P. J. *et al.* Nitrogen-corrected apparent metabolizable energy value of crude glycerol for laying hens. **Poultry Science**, College Station, v.87, n.1, p.104-107, 2008. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18079458> Acesso em: 01/11/2018.

LARBIER, M.; LECLERQ, B. **Nutrition and feeding of poultry**. Nottingham: Nottingham university, 1994. 350p.

LAUDADIO, V. *et al.*, Influence of substituting dietary soybean for air-classified sunflower (*Helianthus annuus* L.) meal on egg production and steroid hormones in early-phase laying hens. **Reproduction in Domestic Animals**, Berlin, v..49, n.1, p.158-163. 2014a. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/258053967_Influence_of_Substituting_Dietary_Soybean_for_Air-Classified_Sunflower_Helianthus_annuus_L_Meal_on_Egg_Production_and_Steroid_Hormones_in_Early-Phase_Laying_Hens Acesso em: 18/08/2018.

LAUDADIO, V. *et al.*, Effect of feeding low-fiber fraction of air-classified sunflower (*Helianthus annuus* L.) meal on laying hen productive performance and egg yolk cholesterol. **Poultry Science**, College Station, v.93, n. 8, p.2864-2869. 2014b. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/265376440_Effect_of_feeding_low-fiber_fraction_of_air-classified_sunflower_Helianthus_annus_L_meal_on_laying_hen_productive_performance_and_egg_yolk_cholesterol Acesso em: 18/08/2018.

LECZNIESKI, J.L. Enzimas, visão brasileira. *In*: FORUM DE ENZIMAS, 2006, Curitiba. **Anais...** Curitiba: DSM Nutritional Products, p.01-13. 2006.

LEE, S. K., HAN, J. H.; DECKER, E. A. Antioxidant activity of phosvitin in phosphatidylcholine liposomes and meat model systems. **Journal of Food Science**, v. 67, n.1, p.37-41, 2002. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/229727376_Antioxidant_Activity_of_Phosvitin_in_Phosphatidylcholine_Liposomes_and_Meat_Model_Systems Acesso em: 08/10/2018.

LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. **Lehninger princípios de bioquímica**. 4.ed. São Paulo: Sarvier, 2006. 1202p.

LELIS, G. R. *et al.* Suplementação dietética de fitase sobre o metabolismo de nutrientes de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.39, n.8, p.1768-1773. 2010. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1516-35982010000800020&lng=en&nrm=iso&tlng=pt Acesso em: 18/08/2018.

LIMA, E.M.C. *et al.*, The energy value of biodiesel glycerine products fed to broilers at different ages. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, Berlin, v.97, n.5, p. 896-903, 2013. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22882138> Acesso em: 14/06/2018.

LIMA, H. J. D. **Uso da enzima fitase em ração para codornas japonesas em postura**. 2008. 49f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

LIN, E.C.C. Glycerol utilization and its regulation in mammals. **Annual Review of Biochemistry**, Palo Alto, v.46 p.765-795. 1977. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.bi.46.070177.004001> Acesso em: 23/08/2018.

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**, Philadelphia v.106, n.11, p.1668-1677. 1976. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/978272> Acesso em: 23/08/2018.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento -. **Ministério da agricultura autoriza novo uso da glicerina**. 2010. Online. Disponível em: Acesso em: 15 out. 2017.

MAPIYE, C. *et al.* The labile lipid fraction of meat: From perceived disease and waste to health and opportunity. **Meat Science**, [s.l.], v. 92, n. 3, p. 210-220, 2012. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22546816> Acesso em: 02/11/2018.

MARTINEZ, E.; DUVNJAK, Z. Enzymatic degradation of chlorogenic acid using a polyphenol oxidase preparation from the white-rot fungus *Trametes versicolor* ATCC 42530. **Process Biochemistry**, v.41, n.8, p.1835-1841, 2006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1359511306001334> Acesso em: 31/07/2018.

MELLO, K. S. *et al.* Glicerina semi-purificada mista na alimentação de poedeiras comerciais. *In: Encontro anual de iniciação científica*, 19, 2010, Guarapuava. **Anais...** Guarapuava: Universidade Estadual do Centro-Oeste. 2010.

MELO FILHO, A. B.; VASCONCELOS, M. A. S. **Química de alimentos**. UFRPE, Recife, 2011, 78p.

MENTEN J.F.M.; ZAVARIZE K.C.; SILVA C.L.S., Biodiesel: oportunidades do uso de glicerina na nutrição de aves. Congresso Latino Americano de Nutrição Animal, 2010, Estância de São Pedro. **Anais...** CLANA, Estância de São Pedro, CD-ROM. 2010.

MENTEN, J. F. M.; MIYADA, V. S.; BERENCHTEIN, B. Glicerol na alimentação animal. *In: Simpósio sobre Manejo e Nutrição de Aves e Suínos*, 2008, Campinas, SP; **Anais...** Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, p. 101-114. 2008.

MIN, Y.N. *et al.* Glycerin – a new energy source for poultry. **International Journal of Poultry Science**, Faisalabad, v.9, n.1, p.1-4. 2010. Disponível em: <https://scialert.net/abstract/?doi=ijps.2010.1.4> Acesso em: 23/10/2017.

MOURINHO, F.L. **Avaliação nutricional da casca de soja com ou sem adição complexo enzimático para leitões na fase de creche**. 2006. 55p. Dissertação (Mestrado em zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá. 2006.

MURAMATSU, K. *et al.* Desempenho, qualidade e composição de ácidos graxos do ovo de poedeiras comerciais alimentadas com rações formuladas com milho ou milheto contendo diferentes níveis de óleo vegetal. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v.27, n.1, p 43-48. 2005. Disponível em: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAnimSci/article/view/1257> Acesso em: 05/07/2018.

NAIR, V.; TURNER, G.; **Lipids**, p.804-805. 1984.

NELSON, D. L., COX, M.M., 2002. **Lehninger Princípios da Bioquímica**. 3. Ed. São Paulo: Artmed.

NEMETH, K., ZSEDELY, E.; SCHMIDT, J. Nitrogen-corrected apparent metabolizable energy value of crude glycerol for laying hens. **Annals of Animal Science**, Polônia, v.13, n.4, p.829-836. 2013. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18079458> Acesso em: 29/08/2018.

NICHOLLS, P. Formate as an inhibitor of cytochrome c oxidase. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, New York, v 67, n.2, p.2, 1975. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0006291X75908566> Acesso em:

NOVELLO, D.; FRANCESCHINI, P.; QUINTILIANO, D. A. A importância dos ácidos graxos ω -3 e ω -6 para a prevenção de doenças e na saúde humana. **Revista Salus**, Guarapuava, v.2, n.1, p.77-87 2008. Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/salus/article/view/694> Acesso em: 24/08/2018.

ODABASI, A. Z. *et al.*, Vitamin C overcomes the detrimental effect of vanadium on brown egg shell pigmentation. **The Journal of Applied Poultry Research**, [s.l.], v.15, n.3, p. 425–432. 2006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1056617119315454> Acesso em:19/09/2017.

OLIVEIRA, D. D. *et al.* Desempenho de frangos de corte alimentados com torta de girassol. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.33, n.5, p. 1979-1990, 2012. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445744115027> Acesso em: 18/08/2018.

OLIVEIRA, M. D. S.; CÂCERES, D. R. **Girassol na alimentação de bovinos**. Jaboticabal: FUNEP, 2005. 20 p.

OLIVEIRA, M. F.; VIEIRA, V. O. **Extração de óleo de girassol utilizando miniprensa. Embrapa Soja-Empresa Brasileira de pesquisa agropecuária**. Centro Nacional de Pesquisa de Soja, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Londrina, PR, documento 237, 2004, 30p.

OLIVEIRA, M.C. *et al.* Efeito da inclusão de bagaço de girassol na ração sobre o desempenho e rendimento de carcaça de frangos de corte. **Revista Portuguesa de Zootecnia**, Vila Real, v.10, n.2, p.107-116, 2003. Disponível em: https://www.academia.edu/15603993/Efeito_da_utiliza%C3%A7%C3%A3o_de_farelo_de_girassol_na_dieta_sobre_o_desempenho_de_frangos_de_corte Acesso em: 18/08/2018.

OLIVEIRA, M.D.S, *et al.* Composição bromatológica e digestibilidade ruminal in vitro de concentrados contendo diferentes níveis de torta de girassol. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v.8, n.4, p. 629-638. 2007. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/vet/article/view/2683> Acesso em:04/09/2018.

PAULE, B. J. A. **Glicerina, subproduto da indústria do biodiesel, prespectivas de uso na alimentação animal**. Departamento da fiscalização de insumos pecuários –DAS/MAPA. 2010.

PEARSON, A. M.; GRAY, I. J.; WOLZAK, A. M. and HORENSTEIN, N. A. Safety implications of oxidized lipids in muscle foods. **Food Technology**, Chicago, v.37, n.7, p.121, 1983. Disponível em: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US8208630> Acesso em:27/05/2018.

PEDROSA, M.M. *et al.* Determination of caffeic and chlorogenic acids and their derivatives in different sunflower seeds. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Oxford, v. 80, n.4, p.459-464. 2000. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/%28SICI%291097-0010%28200003%2980%3A4%3C459%3A%3AAID-JSFA549%3E3.0.CO%3B2-O> Acesso em:23/10/2018.

PENZ JUNIOR, A. M.; GIANFELICE, M. O que fazer para substituir os insumos que podem migrar para a produção de bio-combustível. **Acta Scientiae Veterinariae**, Porto Alegre, v.36, n.1, p. 107-117, 2008. Disponível em: http://www.ufrgs.br/actavet/36-suple-1/15_Insumos.pdf Acesso em: 04/04/2016.

PEREIRA, A. L. F. **Efeito dos lipídios da ração sobre a qualidade, composição e estabilidade dos ovos de poedeiras comerciais**. 87p. 2009. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza – CE. 2009.

PERES, J.R.R.; FREITAS JR., E.; GAZZONI, D.L. Biocombustíveis: Uma oportunidade para o agronegócio brasileiro. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, v. 1, n.1, p. 31-41, 2005. Disponível em: <https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/528> Acesso em: 04/04/2016.

PIGHINELLI, A. L. M. T. **Estudo da extração mecânica e da transesterificação etílica de óleos vegetais**. 222p., 2010. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2010.

PIKE, O. A.; PENG, I. C., Stability of shell egg and liquid yolk to lipid oxidation. **Poultry Science**, College Station, v.64, n.8, p.1470–1475, 1985. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S003257911946906X> Acesso em:19/05/2018.

PINHEIRO, J. W. *et al.* Torta de girassol na alimentação de poedeiras semipesadas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.34, n.6, p.3959-3970. 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/273985933_Torta_de_girassol_na_alimentacao_de_poedeiras_semipesadas Acesso em:18/08/2018.

PITA, M. C. G. *et al.*, Effect of marine and vegetal sources on the hen diets on the PUFAs and PUFAs n-3 in laying hens egg yolk an plasm. **International Journal of Poultry Science**, Faisalabad, v. 9, n.2, p. 148-151, 2010. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/49965166_Effect_of_Marine_and_Vegetal_Sources_on_the_Hen_Diets_on_the_PUFAs_and_PUFAs_n-3_in_Laying_Hens_Egg_Yolk_and_Plasm Acesso em:22/07/2018.

PLUSKE, J. **Evaluation of glycerine as co-product of biodiesel production for the pig industry** .Subiaco: PorkCo-operativeResearch Center. 2007. 200p.

PRATT, D. E. Natural antioxidants from plant material. p.54-71. *In.*: HUANG, M. T; HO, C. T.; LEE, C. Y: **Phenolic compounds in food and their effects on health II: Antioxidants and cancer prevention**. American Chemical Society. Symposium Series n.507, ACS. Washington, USA, 1992.

PRIGENT, S. V., Effects of non-covalent interactions with 5-O-caffeoylquinic acid (chlorogenic acid) on the heat denaturation and solubility of globular proteins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.51, n.17, p. 5088-5095, 2003. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12903974> Acesso em:26/08/2018.

PROCHÁZKOVÁ D., I. BOUSOVÁ, N. WILHELMOVÁ. Antioxidant and prooxidant properties of flavonoids. **Fitoterapia**, Milano, v.8, n.4, p. 513-523. 2011. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0367326X11000396> Acesso em:13/04/2018.

QI, G. H.; SIM, J. S. Natural tocopherol enrichment its effect in n-3 fatty acid modified chicken eggs. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v. 46, n.5, p.1920-1926. 1998. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/jf9707804> Acesso em: 16/08/2018.

RADWAN, N. L. *et al.* Effect of Natural Antioxidant on Oxidative Stability of Eggs and Productive and Reproductive Performance of Laying Hens. **International Journal of Poultry Science**, Faisalabad, v. 7, n.2, p.134-150. 2008. Disponível em: <https://scialert.net/abstract/?doi=ijps.2008.134.150> Acesso em: 24/07/2018.

REZAEI M, HAFEZIAN H. Use of different levels of high fiber sunflower meal in commercial leghorn type layer diets. **International Journal of Poultry Science**, Faisalabad, v. 6, n.6, p. 431-433.2007. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/26558097_Use_of_Different_Levels_of_High_Fiber_Sunflower_Meal_in_Commercial_Leghorn_Type_Layer_Diets Acesso em:04/04/2018.

RIVALDI, J.D. *et al.* Estratégias biotecnológicas para o aproveitamento do glicerol gerado da produção de biodiesel. **Biotecnologia, Ciência & Desenvolvimento**, Brasília, v.37, p.44-51, 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/312372190_Glicerol_de_biodiesel_-_Estrategias_biotecnologicas_para_o_aproveitamento_do_glicerol_gerado_da_producao_de_biodiesel Acesso em:15/04/2018.

ROBERGS, R. A.; GRIFFIN, S. E. Glycerol: biochemistry, pharmacokinetics and clinical and practical applications. **Sports Medicine**, Auckland, v. 26, n.3, p. 145-167, 1998. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9802172> Acesso em:20/08/2018.

ROCHA, J. S. R. **Efeito da cantaxantina dietética para matrizes pesadas com idade avançada e do período de armazenamento dos ovos sobre a fertilidade, rendimento de incubação, nutrientes da gema e desenvolvimento embrionário.** 2011. 80 p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

ROMANO, G.G.I. *et al.*, 2014. Effects of glycerol on the metabolism of broilers fed increasing glycerine levels. **Brazilian Journal of Poultry Science**, Campinas, v.16, n.1, p. 97-106. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-635X2014000100014 Acesso em:23/10/2018.

ROSA, P. M.*et al.* Extração de ácido clorogênico de farelo de girassol desengordurado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.4, p.719-724. 2011. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782011000400028&script=sci_abstract&tlng=pt Acesso em:06/08/2018.

ROSE, R.J.; COIT, R.N.; SELL, J.L., Sunflower seed meal as a replacement for soybean meal protein in laying hen rations. **Poultry Science**, College Station, v.51, n.3, p.960-967, 1972. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119542080> Acesso em:31/08/2018.

ROSTAGNO, H. S. *et al.* **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos**. 3ª edição. Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG. 2011. 252 p.

ROSTAGNO, H. S. *et al.*, **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 4ª edição. Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG. 2017. 488p.

RUFINO, M. S. M., *et al.*, **Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre ABTS +**. Embrapa Agroindústria Tropical: Comunicado técnico, v.128, Fortaleza-CE. 2007.

SAKANAKA, S. *et al.*, Antioxidant activity of egg-yolk protein hydrolysates in a linoleic acid oxidation system. **Food Chemistry**, Norwich, Reino Unido, v. 86, n.1, p. 99–103, 2004. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/223186490_Antioxidant_activity_of_egg-yolk_protein_hydrolysates_in_a_linoleic_acid_oxidation_system Acesso em: 09/12/2018.

SAKOMURA, N.K. *et al.* **Nutrição de não ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2014. 678p.

SAKOMURA, N.K., H.S. ROSTAGNO. **Métodos de Pesquisa em Nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep. Jaboticabal – SP. 2007. 283 p.

SAMIULLAH S., J.R. ROBERTS, K. CHOUSALKAR. 2015. Eggshell color in brown-egg laying hens—a review. **Poultry Science**, College Station, v.94, n.10, p. 2566– 2575. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/280693147_Eggshell_color_in_brown-egg_laying_hens_-_a_review_Figure_1 Acesso em:

SAN JUAN, L.D.; VILLAMIDE, M.J. Nutritional evaluation of sunflower seed and products derived from them. Effect of oil extraction. **British Poultry Science**, Edinburgh, v. 41, n.2, p.182-192, 2000. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10890215> Acesso em:18/08/2018.

SANTOS F.A. Glúten de milho na alimentação de aves e suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**, Viçosa, v.1, p.79-100. 2004.

SANTOS, A. B. **Atividade Antioxidante de Extratos Vegetais da Flora Brasileira: Estudos com Ressonância Paramagnética Eletrônica (RPE) e Teoria do Funcional da Densidade (TFD)**. 2006, 103 p. Tese (Doutorado em Física aplicada a Medicina e a Biologia) - Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2006.

SARA, A. M. *et al.*, Effects of dietary sunflower seeds on blood antioxidants status of layers. **International Journal of Current Research**, Chhattisgarh, v. 7, n.11, p.22066-22071, 2015. Disponível em: <http://www.journalcra.com/article/effects-dietary-sunflower-seeds-blood-antioxidants-status-layers> Acesso em:18/08/2018.

SĂRĂCILĂ, M. *et al.* Evaluation of oxidation stability and antioxidant activity in eggs enriched in ω -3 polyunsaturated fatty acids. **Archiva zootechnica**, [s.l.], v. 20, n.1, p. 51–64, 2017. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/324562609_Evaluation_of_oxidation_stability_and_antioxidant_activity_in_eggs_enriched_in_o-3_polyunsaturated_fatty_acids Acesso em:24/11/2018.

SARCINELLI, M. F.; VENTURINI, K. S.; SILVA, L. C. **Características dos ovos**. Universidade Federal do Espírito Santo - UFES. Boletim Técnico, 2007.

SAS Institute. **Users Guide**. Release 8.1 ed. SAS Institute Inc., Cary, NC. 2000.

SATO M; HIRAOKA A.; WATANABE M., Inhibition of g-irradiationinduced oxidation of chlorogenate by 1,3-dicaffeoylquininate in Xanthium occidentale. **Phytochemistry**, New York, v.33, n.6, p.1357-1360, 1993. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/003194229385090E> Acesso em:16/08/2018.

SAYDA, A. M. A.; HYDER, O. A.; ABASAIID, M. A. Sunflower meal as an alternative protein source to groundnut meal in laying hens ration. **Egyptian Poultry Science**, Alexandria, v. 31, n. 4, p. 745-753, 2011. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/f4b0/99a271139c2fe17f4e57fc168303a7aacf76.pdf> Acesso em:22/10/2017.

SEBRAE: **Biodiesel**. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, 2007.

SENKOYLU, N.; AKYUREK, H.; SAMLI, H. E. The possibilities of using high oil-sunflower meal and enzyme mixture in layer diets. **Pakistan Journal of Nutrition**, Deira, v. 3, n. 5, p. 285-289, 2004. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/26563402_The_Possibilities_of_Using_High_Oil-Sunflower_Meal_and_Enzyme_Mixture_in_Layer_Diets Acesso em: 27/06/2018.

SENKOYLU, N.; DALE, N. Nutritional of a high-oil sunflower meal in broiler starter diets. **Journal of Applied Poultry Research**, [s.l.], v. 15, n.1, p. 40-47, 2006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1056617119310669> Acesso em: 27/06/2018.

SHAHIDI F; CHANDRASEKARA, A.; Y. ZHONG. **Bioactive Phytochemicals in Vegetables**. pages 125-158 *In*: N. Sinha, Y.H. Hui, E.Ö. Evranuz, M. Siddiq, J. Ahmed, editors. Handbook of Vegetables and Vegetable Processing: John Wiley e Sons. New Jersey-US. 2010.

SHAHRYAR, H.A. *et al.* Lipid oxidation in fresh and stored eggs enriched with dietary ômega 3 and ômega 6 polyunsaturated fatty acids and vitamin E and A dosages. **African Journal of Biotechnology**, Nairobi, v.9, n.12, p. 1827-1832. 2010. Disponível em:https://www.researchgate.net/publication/228488295_Lipid_oxidation_in_fresh_and_stored_eggs_enriched_with_dietary_o3_and_o6_polyunsaturated_fatty_acids_and_vitamin_E_and_A_dosages Acesso em: 24/11/2018.

SHI, S.R. *et al.*, Effects of graded replacement of soybean meal by sunflower seed meal in laying hen diets on hen performance, egg quality, egg fatty acid composition, and cholesterol content. **The Journal of Applied Poultry Research**, [s.l.], v. 21, n.2, p.367-374. 2012. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/273270217_Effects_of_graded_replacement_of_soy_bean_meal_by_peanut_meal_on_performance_egg_quality_egg_fatty_acid_composition_and_cholesterol_content_in_laying_hens Acesso em:15/06/2018.

SILVA, A. B. P. da *et al.* Efeito do consumo de energia e óleo vegetal sobre a qualidade de ovos de poedeiras semipesadas. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 8, n. 4, p. 647-656. 2007. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/vet/article/view/3659> Acesso em:01/11/2018.

SILVA, D.J., QUEIROZ, A.C. **Análise de Alimentos: Métodos Químicos e Biológicos**. 3ª ed. Imprensa Universitária. Viçosa-MG. 2002. 235 p.

SILVA, F. A. M.; BORGES, M. F. M.; FERREIRA, M. A. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. **Química Nova**, São Paulo, v. 22, n.1, p. 94-103, 1999. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40421999000100016 Acesso em:24/04/2017.

SILVA, M. L. C.; COSTA, R. S.; SANTANA, A. S.; KOBLITZ, M. G. B. Compostos fenólicos, carotenoides e atividade antioxidante em produtos vegetais. **Semina: Ciências agrárias**, Londrina, v. 31, n.3, p. 669 – 682, 2010. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/viewFile/6510/5926> Acesso em: 24/04/2017.

SILVERSIDES, F.G.; BUDGELL, K. The relationships among measures of egg albumen height, pH, and whipping volume. **Poultry Science**, College Station, v.83, n.10, p.1619-1623. 2004. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15510543> Acesso em:12/01/2018.

SIMOPOULOS, A.P. Human requirement for N-3 polyunsaturated fatty acids. In Symposium: role of poultry products in enriching the human diet with N-3 PUFA. **Poultry Science**, College Station, v. 79, n.7, p. 961-970, 2000. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10901194> Acesso em: 20/06/2018.

SMET, K., K. RAES, S. SMET. Novel approaches in measuring the antioxidative potencial of animal feeds: the FRAP and DPPH methods. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. Oxford, v.86, n.14, p.2412–2416. 2006. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/230162593_Novel_approaches_in_measuring_the_antioxidative_potential_of_animal_feeds_The_FRAP_and_DPPH_methods Acesso em:24/07/2018.

SOARES, L. A. S.; SIEWERDT, F. **Aves e Ovos**. Pelotas: Ed. da Universidade UFPEL, 2005. 138p.

SOARES, S. E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de Nutrição**. Campinas, v.15, n.1, p. 71 – 81, 2002. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-52732002000100008 Acesso em: 24/04/2017.

SOUZA D. H. **Torta de girassol na alimentação de frangas de reposição**. 113p., 2018. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2018.

STEELE, R., B.; WINKLER N. A., Inhibition by infusion glycerol of gluconeogenesis from other precursors. **American Journal of Physiology**, Bethesda, v.221, n.3, p.883-888, 1971. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/5570346> Acesso em:06/11/2018.

SUCUPIRA, F. S. **Curvas de crescimento e deposição de nutrientes no corpo e nos ossos de frangas de duas linhagens comerciais alimentadas com diferentes níveis de fibra em detergente neutro na ração de crescimento (7 a 17 semanas de idade)**. 2014. 103f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

SWIATKIEWICZ, S.; KORELESKI, J. Effect of glycerin level in the diet of laying hens on egg performance and nutrient utilization. **Poultry Science**, College Station, v.88, n.3, p. 615-619. 2009. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19211533> Acesso em:20/08/2018.

TAKATA, F.N. **Avaliação morfológica do oviduto e qualidade de ovos de poedeiras comerciais (Gallus gallus) em diferentes fases de produção**. 2006. 44f. Dissertação (Mestrado) – Pós-Graduação em Ciência Veterinária, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2006.

TORREZAN R., FRAZIER R.A., CRISTIANINI M. Efeito do tratamento sob alta pressão isostática sobre os teores de fitato e inibidor de tripsina de soja. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**. v. 28, p. 179-186. 2010.

TREVIÑO, J.; REBOLÉ, A.; RODRÍGUEZ, M.L. Nutritional effect of chlorogenic acid fed to growing broiler chicks. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Oxford, v.76, n.2, p.156- 160. 1998. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/247946623_Nutritional_effect_of_chlorogenic_acid_fed_to_growing_broiler_chicks Acesso em:18/08/2018.

VAN SOEST, P.J., ROBERTSON, J.B., LEWIS, B.A. Symposium: carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. **Journal Dairy Science**, Champaign, p.3583-3597, 1991. Disponível em: <https://www.scienceopen.com/document?vid=675d8119-0194-41bd-8cbe-794778844155> Acesso em:14/09/2016.

VERKMAN, A.S.; MITRA, A.K. Structure and function of water channels. **American Journal of Physiology**, Bethesda, v.278, p. F13-F28. 2000. Disponível em: <https://www.physiology.org/doi/full/10.1152/ajprenal.2000.278.1.F13> Acesso em:08/03/2018.

VERNON, R. G. e WALKER, D.G. Glycerol metabolism in the neonatal rat. **Journal of Biochemistry**, Oxford, v. 118, n.3, p. 531-536. 1970. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/5472182> Acesso em: 01/11/2018.

WANASUNDARA, P. K. P. D.; SHAHIDI, F. Antioxidants: Science, Technology, and Applications. *In*: SHAHIDI, F. **Bailey's Industrial Oil and Fat Products: Chemistry, Properties and Health Effects**. EUA: Wiley-interscience, 6^o ed. v.1, cap.11, 2005.

WARPECHOWSKI M. B.; CIOCCA, M. L. S. **Effect of dietary insoluble fiber on retention of solid and liquid phases of digest of intact, cecectomized and ileum fistulated broiler.** *In: Poultry science association meeting, Newark, Proceedings... 91th PSA Meeting. Newark: PSA. 2002. 76p.*

WARPECHOWSKI, M. B. **Efeito do nível e fonte de fibra sobre a concentração e a utilização da energia metabolizável de dietas para frangos de corte em crescimento.** 2005. 215f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

WARPECHOWSKI, M.B. **efeito da fibra insolúvel da dieta sobre a passagem no trato gastrointestinal de aves intactas, cecectomizadas e fistuladas no íleo terminal.** 1996. 125p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 1996.

WASHBURN, K.E. **Genetic variation in egg production.** *In: CRAWFORD, R.D. (Ed.). Poultry breeding and genetics. p. 781-804., 1990.*

WISEDCHANWET, T. **Effect of the hens age on eggshell color.** CP Feed Technology office CP Group Thailand. 24p. Disponível em: <http://www.wpsathai.org/Annual%20Meeting/2709012/Paper/Eggshell%20color%20for%20WPSA.pdf>. Acesso em: 03/09/2016.

WOODS, V.B; FEARON, A.M. Dietary sources of unsaturated fatty acids for animals and their transfer into meat, milk and eggs: a review. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 126, n.3, p.1–20, 2009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1871141309002674> Acesso em: 20/08/2018.

WOYENGO, T. A.; BELTRANENA, E.; ZIJLSTRA, R. T. Controlling feed cost by including alternative ingredients into pig diets: A review. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.92, n.4, p. 1293- 1305, 2014. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24492540> Acesso em: 16/09/2017.

YALÇIN S. *et al.*, Effects of glycerol on performance, egg traits, some blood parameters and antibody production to SRBC of laying hens. **Livestock Science**, Amsterdam, v.129, n.1, p.129–134. 2010. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/228344125_Effects_of_glycerol_on_performance_and_egg_traits_some_blood_parameters_and_antibody_production_to_SRBC_of_laying_hens Acesso em: 24/10/2017.

YOUNG, J.W.; E. SHRAGO; H.A. LARDY. Metabolic control of enzymes involved in lipogenesis and gluconeogenesis. **Biochemistry**, Washington, v.3, p. 1687-1692. 1964. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14235331> Acesso em: 22/10/2017.

ŽILIĆ, S. *et al.* The content of antioxidants in sunflower seed and kernel. **Helia**, [s.l.] v. 33, n. 52, 75-84. 2010. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/258832942_The_content_of_antioxidants_in_sunflower_seed_and_kernel Acesso em: 18/08/2018.