

RAFAEL ACIOLY DE LIMA

**TORTA DE ALGODÃO E COMPLEXO ENZIMÁTICO EM DIETAS DE
POEDEIRAS COMERCIAIS**

**RECIFE
PERNAMBUCO-BRASIL
2013**

RAFAEL ACIOLY DE LIMA

**TORTA DE ALGODÃO E COMPLEXO ENZIMÁTICO EM DIETAS DE
POEDEIRAS COMERCIAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae* na área de nutrição de não ruminantes.

Orientador: Prof. Dr. Wilson Moreira Dutra Júnior (UFRPE)

Co-orientador: Prof. Dr. Carlos Bôa-Viagem Rabello (UFRPE)

RECIFE
PERNAMBUCO-BRASIL
2013

Ficha catalográfica

L732t Lima, Rafael Acioly de
 Torta de algodão e complexo enzimático em dietas de
 poedeiras comerciais / Rafael Acioly de Lima. – Recife,
 2014.
 84 f. : il.

 Orientador: Wilson Moreira Dutra Júnior.
 Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade
 Federal Rural de Pernambuco, Departamento de
 Zootecnia, Recife, 2014.
 Inclui referências e anexo(s).

 1. Alimento alternativo 2. Enzima 3. Qualidade dos ovos
 4. Desempenho produtivo I. Dutra Júnior, Wilson Moreira,
 orientador II. Título

CDD 636

**TORTA DE ALGODÃO E COMPLEXO ENZIMÁTICO EM DIETAS DE
POEDEIRAS COMERCIAIS**

RAFAEL ACIOLY DE LIMA

Dissertação definitiva e aprovada em 28 de fevereiro de 2014, pela banca examinadora.

Orientador: _____

Prof. Dr. Wilson Moreira Dutra Junior, D. Sc
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Examinadores: _____

Prof. Dr. Carlos Bôa-Viagem Rabello - UFRPE

Prof. Dr. Germano Augusto Jerônimo do Nascimento (UFC)

Prof. Dr. Marco Aurélio Carneiro de Holanda (UAST/UFRPE)

Recife – PE
Fevereiro – 2014

BIOGRAFIA

Rafael Acioly de Lima, filho de Luiz Carlos Leite de Lima e Simone Acioly Barbosa, nasceu em Recife estado de Pernambuco, no dia 1 de novembro de 1987. Em julho de 2006, iniciou o curso de graduação em Zootecnia na Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), onde foi bolsista do Programa de Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC - CNPq), de março de 2008 até junho de 2011, desenvolvendo atividades ligadas a pesquisa. Em agosto de 2011 obteve o título de Zootecnista.

Em março de 2012, iniciou as atividades como aluno regular do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia na área de Nutrição de Não-Ruminantes na mesma universidade sob a orientação do Prof^o Wilson Moreira Dutra Júnior.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Luiz Carlos Leite de Lima e Simone Acioly Barbosa por todo o apoio, incentivo aos estudos e amor.

Aos meus irmãos Gabriel Acioly de Lima e Daniela Virginia Wahlstroem pela nossa união, amor, apoio, incentivo e ajuda que me proporcionaram.

Ao Prof^o Wilson Moreira Dutra Junior, pela colaboração, ensinamentos, ajudas e todo tempo em que esteve me orientando e que levaram a conclusão deste trabalho.

A Cláudia, Emmanuele e Jaqueline, pelo incentivo, ajuda e amizade durante o período do mestrado.

A todos os meus amigos que me ajudaram direta e indiretamente e que não foram citados aqui.

Ao programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, por ter possibilitado a realização do curso de mestrado.

Ao Departamento de Zootecnia e ao Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

A BIOENZIMA pelo financiamento do projeto e a granja OVONOVO pela disponibilidade das instalações para execução do experimento.

A CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão da bolsa.

ÍNDICE

CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	11
REVISÃO DE LITERATURA.....	12
REFERÊNCIAS.....	23
<i>TORTA DE ALGODÃO, COM OU SEM ADIÇÃO DE FONTE DE FERRO, E COMPLEXO ENZIMÁTICO EM DIETAS DE POEDEIRAS COMERCIAIS.....</i>	<i>30</i>
RESUMO.....	31
ABSTRACT.....	32
INTRODUÇÃO.....	33
MATERIAL E MÉTODOS.....	35
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
CONCLUSÃO.....	51
REFERÊNCIAS.....	51
<i>TORTA DE ALGODÃO E COMPLEXO ENZIMÁTICO EM DIETAS DE POEDEIRAS COMERCIAIS.....</i>	<i>54</i>
RESUMO.....	55
ABSTRACT.....	56
INTRODUÇÃO.....	57
MATERIAL E MÉTODOS.....	59
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	63
CONCLUSÃO.....	70
REFERÊNCIAS.....	70
ANEXOS.....	73

LISTA DE TABELAS

TORTA DE ALGODÃO, COM OU SEM ADIÇÃO DE FONTE DE FERRO E COMPLEXO ENZIMÁTICO EM DIETAS DE POEDEIRAS COMERCIAIS

Tabela 1 – Composição química da torta de algodão, com base na matéria natural.....	36
Tabela 2 – Composição percentual das dietas experimentais em função dos níveis de inclusão da torta de algodão.....	37
Tabela 3 – Médias da produção de ovos, peso dos ovos, consumo de ração, conversão alimentar em kg de ração/kg de ovo, conversão alimentar em kg de ração/dúzia de ovos para os tratamentos sem adição de complexo enzimático das aves entre 28 e 32 semanas de idade.....	40
Tabela 4 – Médias da percentagem de casca, percentagem de gema, percentagem de albúmen, gravidade específica, cor da gema, altura de albúmen, espessura da casca e unidade haugh para os tratamentos sem adição de complexo enzimático das aves entre 28 e 32 semanas de idade.....	41
Tabela 5 – Médias da produção de ovos, peso dos ovos, consumo de ração, conversão alimentar em kg de ração/kg de ovo, conversão alimentar em kg de ração/dúzia de ovos para os tratamentos com adição de complexo enzimático das aves entre 28 e 32 semanas de idade.....	43
Tabela 6 – Médias da percentagem de casca, percentagem de gema, percentagem de albúmen, gravidade específica, cor da gema, altura de albúmen, espessura da casca e unidade haugh para os tratamentos com adição de complexo enzimático das aves entre 28 e 32 semanas de idade.....	44
Tabela 7 – Médias da produção de ovos, peso dos ovos, consumo de ração, conversão alimentar em kg de ração/kg de ovo, conversão alimentar em kg de ração/dúzia de ovos para os tratamentos sem adição de complexo enzimático das aves entre 32 e 36 semanas de idade.....	46
Tabela 8 – Médias da percentagem de casca, percentagem de gema, percentagem de albúmen, gravidade específica, cor da gema, altura de albúmen, espessura da casca e unidade haugh para os tratamentos sem adição de complexo enzimático das aves entre 32 e 36 semanas de idade.....	47
Tabela 9 – Médias da produção de ovos, peso dos ovos, consumo de ração, conversão alimentar em kg de ração/kg de ovo, conversão alimentar em kg de ração/dúzia de ovos para os tratamentos com adição de complexo enzimático das aves entre 32 e 36 semanas de idade.....	48

Tabela 10 – Médias da percentagem de casca, percentagem de gema, percentagem de albúmen, gravidade específica, cor da gema, altura de albúmen, espessura da casca e unidade haugh para os tratamentos com adição de complexo enzimático das aves entre 32 e 36 semanas de idade.....49

TORTA DE ALGODÃO E COMPLEXO ENZIMÁTICO EM DIETAS DE POEDEIRAS COMERCIAIS

Tabela 1 – Composição química da torta de algodão, com base na matéria natural.....60

Tabela 2 – Composição percentual das dietas experimentais em função dos níveis de inclusão da torta de algodão.....61

Tabela 3 – Médias da produção de ovos, peso dos ovos, consumo de ração, conversão alimentar em kg de ração/kg de ovo, conversão alimentar em kg de ração/dúzia de ovos para os tratamentos sem adição de complexo enzimático.....64

Tabela 4 – Médias da percentagem de casca, percentagem de gema, percentagem de albúmen, gravidade específica, cor da gema, altura de albúmen, espessura da casca e unidade haugh para os tratamentos sem adição de complexo enzimático.....65

Tabela 5 – Médias da produção de ovos, peso dos ovos, consumo de ração, conversão alimentar em kg de ração/kg de ovo, conversão alimentar em kg de ração/dúzia de ovos para os tratamentos com adição de complexo enzimático.....66

Tabela 6 – Médias da percentagem de casca, percentagem de gema, percentagem de albúmen, gravidade específica, cor da gema, altura de albúmen, espessura da casca e unidade haugh para os tratamentos com adição de complexo enzimático.....67

LIMA, Rafael Acioly. **Torta de algodão e complexo enzimático em dietas de poedeiras comerciais.** 84 p. 2014. Dissertação de Mestrado (nutrição de Não-ruminantes). UFRPE. Recife-PE.

Resumo geral: Os experimentos foram desenvolvidos com o objetivo avaliar o desempenho de galinhas poedeiras alimentadas com rações contendo diferentes níveis de inclusão de torta de algodão com ou sem adição complexo enzimático na fase de pico de produção. Foram realizados dois ensaios de desempenho consecutivos num período de 56 dias para o primeiro experimento dividido em dois ciclos de 28 dias e 28 dias para o segundo experimento, utilizando-se 480 galinhas de postura com 28 semanas de idade, da linhagem Dekalb Brown. Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado com 8 tratamentos, seis repetições de dez aves por unidade experimental. Os tratamentos de ambos os períodos experimentais foram divididos em dois grupos: as dietas sem adição de complexo enzimático e as dietas com adição do complexo enzimático, cada grupo com quatro dietas, sendo elas: uma dieta controle e três níveis de inclusão de torta de algodão, 5, 0%, 15,3% e 26,2% para os grupos sem adição de complexo enzimático e 5,2%, 9,8% e 19,4%, para os grupos com adição de complexo enzimático, que tiveram valorização de 3,5% dos nutrientes e da energia das dietas, para o primeiro experimento, sendo os níveis de inclusão para o segundo experimento 11,1%, 20,1% e 25,2% para os grupos sem adição de complexo enzimático e 10,7%, 18,2% e 20,8%, para os grupos com adição de complexo enzimático, onde para o segundo ciclo do primeiro experimento e para o segundo experimento foi adicionado 500g de sulfato de ferro por tonelada nas rações com inclusão de torta de algodão. Os tratamentos foram avaliados quanto ao desempenho produtivo e qualitativo dos ovos. Pode-se concluir que a inclusão de torta de algodão ao nível de 25,2% pode ser utilizada, desde que a ração seja suplementada com uma fonte de ferro.

LIMA, Rafael Acioly. **Cotton cake and enzyme complex in diets of laying hens.** 84 p. 2014. Dissertation (Non-ruminant nutrition). UFRPE. Recife-PE.

General Abstract: The experiments were developed to evaluate the performance of laying hens fed diets containing different levels of inclusion of cottonseed meal with or without added multi enzyme complex at peak production. Two consecutive performance tests were conducted over a period of 56 days for the first experiment divided in two periods of 28 days and 28 days for the second experiment using 480 laying hens at 28 weeks of age, Dekalb Brown. We used a completely randomized design with eight treatments, six replicates of ten birds per experimental unit. The treatments of both experimental periods were divided into two groups: the diets without added enzyme complex and diets with the addition of enzyme complex, each group of four diets, which are: a control diet and three inclusion levels of cotton cake, 5, 0%, 15.3% and 26.2% for group without added enzyme complex 5.2%, 9.8% and 19.4% for the groups with addition of complex enzyme, which have risen 3.5% of the nutrients and energy diets for the first experiment, with the inclusion levels for the second experiment 11.1%, 20.1% and 25.2% for those without adding enzyme complex 10.7%, 18.2% and 20.8% for the groups with addition of enzyme complex, where in the second cycle and the first experiment second experiment was added 500g sulfate iron per tonne in diets with inclusion of cotton cake. The treatments were evaluated for quality and yield performance of the eggs. It can be concluded that inclusion of cotton cake level of 25.2% may be used, provided that the feed is supplemented with a source of iron.

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A produção de ovos, apesar de ser uma cultura antiga e já bem difundida no Brasil vem crescendo a cada ano e, com isso vem, também, a necessidade do desenvolvimento de novas tecnologias, dentre elas as diferentes estratégias nutricionais, como a utilização de ingredientes alternativos, para formular rações que atendam as exigências nutricionais das galinhas produtoras de ovos, melhorando o desempenho e baixando o preço do quilo de ração, conseqüentemente diminuindo o custo da produção.

Dentro desse contexto tem-se o ingrediente denominado torta de algodão que é um produto obtido a partir da extração do óleo de algodão por prensagem do caroço e casca do algodoeiro após aquecimento, que pode ser utilizado na ração como fonte de proteína, mas para animais não ruminantes possui um fator antinutricional, o gossipol, que em grandes quantidades diminui o desempenho das aves, devido a indisponibilização de nutrientes, como a lisina, além do sequestro do ferro, podendo causar problemas hepáticos e cardíacos.

Outra estratégia alimentar que vem sendo bastante empregada é a utilização das enzimas exógenas nas rações animais, principalmente devido a um aumento na utilização de alimentos alternativos, para reduzir a viscosidade da digesta e, conseqüentemente, aumentar a absorção dos nutrientes bem como diminuir o custo da ração e a influência negativa de fatores antinutricionais.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho produtivo de galinhas poedeiras comerciais semipesadas alimentadas com rações com diferentes níveis de inclusão de torta de algodão com ou sem complexo enzimático e o efeito da introdução do sulfato de ferro em suas dietas.

Capítulo 1 - Revisão de Literatura

Torta de Algodão e Complexo Enzimático em Dietas de Poedeiras Comerciais

1. Produção de ovos

A produção de ovos no mundo vem crescendo, segundo a FAO (2013) a produção nos anos de 2000 se encontrava abaixo de 60 milhões de toneladas por ano e em 2010 chegou a quase 70 milhões, a Ásia é o continente com maior produção e maior crescimento da produção nesse período (cerca de 30 milhões, para mais de 45 milhões de toneladas por ano), tendo as Américas o segundo lugar, tanto em produção, quanto em crescimento da produção nesse mesmo período, porém chegando apenas a cerca de 15 milhões de toneladas por ano.

O Brasil é o sétimo maior produtor de ovos de galinha do mundo, atrás da China, Estados Unidos, Índia, Japão, Rússia e México. Apesar da posição no ranking mundial praticamente toda a produção de ovos do país é destinada ao mercado interno, sendo apenas 1% exportado, com 94,47% desse montante comercializado *in natura* (UBABEF, 2013).

A produção de ovos no Brasil aumentou em 2,9% no período de 2000 a 2010, chegando a 2 milhões de toneladas, o que foi maior que o crescimento mundial de 2,5%, tendo, também, a maior produção e crescimento da produção da América do Sul para esse mesmo período (FAO, 2013). Esse aumento de ovos produzidos vem crescendo a cada ano, passando de 28,8 bilhões de ovos produzidos em 2010 para 31,7 bilhões produzidos em 2012, o que representa um crescimento de 10% de 2010 a 2012. Até setembro de 2013 atingiu-se 25,8 bilhões de unidades de ovos produzidos, o que representou 9,3% acima do produzido no ano anterior (23,6 bilhões de unidades). Considerando o mesmo período, tanto a produção de ovos brancos quanto vermelhos tiveram crescimento de, respectivamente, 10,1% e 5,1% (UBABEF, 2013).

O consumo per capita de ovos no Brasil, também, vem crescendo, em 2010 o consumo era de 148,85 de unidades por habitante/ano, passando para 161,53 unidades por habitante/ano em 2012, ou seja, um crescimento de 8,51% no consumo per capita em dois anos (UBABEF, 2013).

No Brasil os maiores produtores de ovos (de galinha para o consumo humano e reprodução) são os estados de: São Paulo, Minas Gerais e Espírito Santo, que juntos respondem por mais de 50% da produção brasileira, sendo os estados de Pernambuco e Ceará os maiores produtores da Região Nordeste, 5,92% e 3,98% respectivamente do consumo nacional (UBABEF, 2013).

2. Produção de Algodão

Com o crescimento do agronegócio no Brasil nos últimos anos, cresce também a necessidade do desenvolvimento de novas tecnologias, dentre elas as diferentes estratégias nutricionais, como a utilização de ingredientes alternativos, para formular rações que atendam as exigências nutricionais dos animais, visando melhorar o desempenho e baixando o preço do quilo de ração sem alterar a qualidade dos produtos, conseqüentemente diminuindo o custo da produção.

Dentro desse contexto tem-se o algodão, *Gossypium hirsutum* L., cultura mais plantada no mundo, com 33,31 milhões de hectares, sendo não somente uma planta fibrosa e oleaginosa, mas também, produtora de proteína de qualidade, podendo funcionar como suplemento protéico na alimentação animal e humana (Brasil, 2014).

O avanço da tecnologia e o aumento da produtividade permitiram ao Brasil passar de maior importador mundial de algodão para o terceiro maior exportador do produto em 12 anos. A produção nacional de algodão é, prioritariamente, destinada à indústria têxtil (MAPA, 2013).

Segundo a Conab (Brasil, 2014) o Brasil ocupa uma área cultivada de algodão de 1.074,2 mil hectares, 20,1% superior aos 894,3 mil hectares cultivados na safra 2012/13. Este resultado representa um acréscimo de 179,9 mil hectares em relação à safra anterior. A produção de algodão em caroço deve alcançar 4.141,5 mil toneladas, um acréscimo de 24,4% em relação à safra passada, dos quais 32% são representados pelo Nordeste, destacando-se os estados da Bahia, Piauí e Maranhão. Em Pernambuco, a produção concentra-se no Agreste e Sertão com uma área de plantio estimada em 2,5 mil hectares e produção de aproximadamente 1,9 mil toneladas de caroço.

A torta de algodão é o co-produto da extração do óleo contido no grão, que ao ser cozido por calor a vapor e, posteriormente, esmagado é denominado torta, sendo usada na forma moída ou peletizada para nutrição animal. Pode-se produzir dois tipos de torta: a torta gorda (5% de óleo residual) mais energética, proveniente do aquecimento e prensagem mecânica, e com um menor teor de proteína e a chamada torta magra ou farelo de algodão (menos de 2% de óleo residual), menos energética, oriunda da extração através de solventes, apresentando maior teor de proteínas. A torta de algodão é, frequentemente, disponível fora da safra do caroço de algodão, tornando-se então uma boa opção na nutrição animal, para utilização com finalidades proteicas (Tavares-Samay, 2012).

3. Composição química da torta de algodão

A composição química dos subprodutos do algodão é bastante variável devido às diferentes formas de processamento, resultando em subprodutos com proporções variadas de sementes, cascas, óleos e línteres (resíduos de fibra no caroço). Pode haver diferenças entre a composição do caroço de algodão com línter e sem línter e entre o deslinterado artificialmente ou o naturalmente sem línter (Alfonso et al., 1986). O caroço

de algodão sem línter tem passagem mais rápida pelo intestino, o que pode resultar em menor digestibilidade.

Comercialmente são encontradas tortas com teores de proteína bruta que variam de 28 a 43%, sendo o percentual de proteína, assim como o de extrato etéreo definido pela tipo de extração e inclusão de casca na torta. Porém, o elevado teor de fibra e a presença de gossipol são os fatores limitantes quanto à utilização desses ingredientes nas rações de monogástricos (Butolo, 2002). Há pelo menos outros quinze compostos fenólicos produzidos pelas glândulas de pigmento do algodão, mas estes compostos são de pouca importância toxicológica, pois estão presentes em concentrações muito menores do que a representada pelo gossipol (Cheeke, 1998; Soto-Blanco, 2008).

Comparado a outros ingredientes proteicos, a torta de algodão é rica em fibras (11 a 13% de FB e 28,4% de FDN), de acordo com o NRC (1994). Segundo dados das Tabelas Brasileiras de Aves e Suínos, (Rostagno et al., 2011) o farelo de algodão apresenta 89,65% de matéria seca; 29,98% de proteína bruta; 1,28% de gordura; 24,93% de fibra bruta; 42,33% de fibra em detergente neutro; 31,11% de fibra em detergente ácido; 0,23% de cálcio; 0,87% de fósforo total; 0,37% de fósforo disponível; 4.130 kcal/kg de energia bruta; 1.666 kcal/kg de energia metabolizável para aves; 1.768 kcal/kg de energia metabolizável verdadeira para aves; e ainda 1,21% e 0,44% dos aminoácidos, lisina e metionina, respectivamente.

Apesar do alto teor de proteína bruta o farelo de algodão apresenta a quantidade e a digestibilidade dos aminoácidos essenciais, principalmente a lisina, inferiores àqueles encontrados no farelo de soja. A lisina da torta de algodão chega a apresentar uma digestibilidade ileal cerca de 20% inferior à do farelo de soja. A digestibilidade ileal do nitrogênio, assim como o nitrogênio retido, também apresenta valores inferiores aos determinados para o farelo de soja (Barbosa & Gattás, 2004).

4. Gossipol

A torta ou farelo de algodão possui um princípio tóxico, denominado gossipol, que é um pigmento fenólico de coloração amarelada, produzido pelas glândulas de pigmento encontradas nas raízes, talos, folhas e sementes das plantas pertencentes ao gênero *Gossypium* e sua concentração nesses derivados depende do grau de extração do óleo e que, a partir de certa concentração na ração resulta em diminuição do consumo ou desordens fisiológicas, podendo ser classificado tanto como um fator tóxico, como um fator anti-nutricional. As tortas apresentam valores em gossipol de 0,2 a 0,5%, variação esta em função do clima, solo e principalmente devido à variedade da planta (Dávila, 2006).

Como o gossipol altera a coloração e a qualidade do óleo de sementes de algodão, os processamentos para obtenção deste óleo procuram manter esta toxina nas sementes. Uma forma de se obter isto é através do processamento térmico, que faz o gossipol se ligar a aminoácidos constituintes de proteínas do algodão, especialmente a lisina. O gossipol conjugado não apresenta importância toxicológica, sendo considerado fisiologicamente inativo, entretanto, quando livre (não conjugado) passa a ter importância toxicológica. O grupamento formil do gossipol se liga aos grupamentos amino épsilon da lisina e da arginina, reação esta conhecida como reação de Maillard ou browning. Também pode haver ligação com o grupamento tiol da cisteína (Kerr, 1989; Cheeke, 1998; Soto-Blanco, 2008),

As poedeiras são mais sensíveis ao gossipol livre e níveis iguais ou superiores a 0,024% já reduzem a produção de ovos e a eclodibilidade e, em nível acima de 0,05% as galinhas produzem ovos com gemas verde oliva. Entretanto, em níveis de 0,015% ou

menos de gossipol livre o uso da torta magra ou farelo de algodão como fonte protéica para aves parece seguro (Ezequiel, 2002).

De acordo com Tavares-Samay (2012), a concentração de gossipol livre presente na torta de algodão observado em seu estudo foi de 0,047%, considerado por alguns autores, de certa toxicidade para aves, no entanto na pesquisa não foi observado problemas relacionados à utilização da torta de algodão que continha estes níveis para frangos de corte, ficando evidente, devido a grande variação dos valores observados nos diferentes trabalhos, a necessidade da realização de análises químicas como condição obrigatória para uma correta formulação e ajuste nutricional das rações.

A intoxicação natural por este pigmento tipicamente ocorre por meio da ingestão prolongada, uma vez que os níveis desta substância no algodão não são suficientemente altos para poder promover intoxicação aguda. Os efeitos do gossipol são cumulativos, e podem surgir abruptamente após um período variável de ingestão (Eagle, 1950; Patton et al., 1985; Kerr, 1989; Cheeke, 1998; Soto-Blanco, 2008), podendo reduzir a capacidade carreadora de oxigênio no sangue, resultando em respirações curtas e edemas pulmonares (Morgan et al., 1988; Risco et al., 1992; Randel et al., 1992; Willard et al., 1995; Zhang et al., 2007), incluindo dificuldade de respiração, dispnéia, diminuição da taxa de crescimento, anorexia, fraqueza, apatia e morte depois de vários dias (Rogers et al., 1975; Morgan et al., 1988; Kerr, 1989; Velasquez-Pereira et al., 2003; Fomband & Bryant, 2004; Zhang et al., 2007). Achados *post-mortem* incluem derrames pleural e abdominal, necrose centrolobular do fígado (Risco et al., 1992), edema generalizado, congestão dos pulmões e do fígado e degeneração das fibras cardíacas (Randel et al., 1992; Alford et al., 1996).

Alguns sinais de toxicidade por gossipol foram relacionadas a uma diminuição das concentrações de antioxidantes e um aumento na formação de espécies reativas de

oxigênio (Fornés et al, 1993; Hervé et al., 1996; Velasquez-Pereira et al., 2003; Kovacic, 2003). Janero e Burghardt (1988) afirmaram que o gossipol pode interagir com membranas biológicas, promovendo a formação de espécies reativas de oxigênio. Lane e Stuart (1990) sugeriram que os antioxidantes desempenham um papel fundamental no metabolismo de gossipol. Em altas doses, o gossipol também reduz a atividade de sistemas enzimáticos de cadeias de transporte de elétrons mitocondrial e desconecta os processos de respiração e fosforilação oxidativa (Meksongsee et al., 1970; Abou-Donia & Dieckert, 1974).

O gossipol é um composto altamente reativo, que se liga rapidamente a diferentes substâncias, incluindo minerais e aminoácidos. Dentre os minerais aos quais ocorre a ligação, o principal é o ferro, dando origem ao complexo gossipol-ferro. Como o ferro presente neste complexo não é utilizado desenvolve-se uma deficiência neste metal, afetando principalmente a eritropoiese (Herman & Smith, 1973; Skutches et al., 1973; Abou-Donia, 1976; Lindsey et al., 1980; Patton et al., 1985; Kerr, 1989; Akingbemi & Aire, 1994; Cheeke, 1998; Aneja et al., 2003; Soto-Blanco, 2008). O gossipol também promove aumento na fragilidade dos eritrócitos (Lindsey et al., 1980; Mena et al., 2004; Zhang et al., 2007) e depressão significativa de albumina, globulinas e proteína total (Risco et al., 1992).

Butolo (2002) descreve que o aquecimento do farelo de algodão ajuda a ligar o gossipol livre com a proteína reduzindo a sua toxicidade, porém altos níveis de gossipol podem ser tolerados se sais de ferro são adicionados a dieta base de 1 a 2 ppm para cada ppm de gossipol livre, entretanto, Ezequiel (2002) sugere a adição de quatro partes de sulfato ferroso para cada parte de gossipol livre.

5. Enzimas na alimentação de aves

Devido a crescente utilização de ingredientes alternativos nos últimos anos, a adição de enzimas na alimentação de aves, também, tem aumentado significativamente na tentativa de reduzir os custos das dietas, melhorar a conversão alimentar, e minimizar a excreção de nutrientes não digestíveis no meio ambiente, diminuindo a poluição ambiental. O uso de enzimas, também, vem contribuindo para melhorar o valor nutricional dos ingredientes, reduzindo a viscosidade da digesta e, conseqüentemente, aumentando a digestibilidade dos nutrientes (Rosa e Uttpatel, 2007).

Enzimas são proteínas globulares, de estrutura terciária ou quaternária, possuindo forma esferoide, são hidrossolúveis, que agem como catalisadores biológicos, aumentando a velocidade das reações no organismo, sem serem, elas próprias, alteradas neste processo (Champe & Harvey, 1989; Fireman & Fireman, 1998). As enzimas digestivas têm um sítio ativo que permite suas atuações na ruptura de uma determinada ligação química (Penz Jr., 1998). Somente atuam em condições específicas de temperatura, pH e umidade (Bühler et al., 1998).

As enzimas, em geral, têm sido utilizadas na alimentação animal com dois objetivos bem definidos: complementar as enzimas que são produzidas pelo próprio animal em quantidades insuficientes (amilases e proteases) e fornecer aos animais enzimas que eles não conseguem sintetizar (beta glucanases, fitase e celulases) (Fischer et al., 2002).

Entre as atuações básicas das enzimas na alimentação está a redução dos efeitos de fatores antinutricionais, que são componentes comuns encontrados nas matérias primas alimentícias, como por exemplo, os componentes da parede celular dos grãos da cevada (beta-glucanos e arabinoxilanos). Estes componentes são responsáveis pela redução do crescimento, pior conversão alimentar, alterações hormonais e esporádicas

lesões de órgãos. Quando estão na forma solúvel, aumentam a viscosidade da digesta, alterando a motilidade gastrointestinal, interferindo na absorção dos nutrientes.

As principais enzimas exógenas utilizadas em rações de aves são: xilanase, glucanase e pectinase que atuam na redução da viscosidade da digesta; as celulases atuam na degradação da celulose e liberação de nutrientes; as proteases atuam na degradação de proteínas; as amilases atuam na degradação do amido, as fitases atuam na quebra da ligação do fósforo com o ácido fítico melhorando a utilização do fósforo dos vegetais; as galactosidases atuam na remoção de Galactosídios; e as lípases melhora a utilização de gorduras animais e vegetais (Cleophas et al., 1995).

6. Principais enzimas para aves

Os monogástricos não produzem enzimas capazes de digerir celulose, β -glucanos, arabinoxilanos ou pectinas. Tem havido muito interesse neste fato e em maneiras de remover estes polímeros que encapsulam os conteúdos desejados do endosperma (Bedford, 1993).

As enzimas carboidrases, também produzidas por fungos do gênero *Aspergillus*, têm sido usadas para hidrolisar os polissacarídeos não amiláceos (PNAs), aumentando a digestibilidade de alimentos como a cevada, o trigo, o centeio, a aveia e o tritcale (Conte et al., 2003).

Os benefícios propiciados pelo uso da enzima xilanase são bastante conhecidos em países que utilizam cereais como ingredientes nas dietas para aves. Em dietas baseadas em trigo, centeio e cevada a inclusão de xilanase diminui os efeitos antinutritivos dos PNA's solúveis, através da redução da viscosidade da dieta e pela liberação de nutrientes através da hidrólise de PNA's insolúveis localizados na parede

celular. Existem poucos estudos sobre o uso de xilanase em leguminosas como a soja (Ott 2005).

A suplementação enzimática aumenta o valor da energia metabolizável (EM) de ingredientes que tenham valores elevados de PNA's, e decresce a variação da EM, que é causada por estes fatores antinutritivos. A β -glucanase, também, reduz a capacidade dos PNA solúveis de reterem água e a sua viscosidade associada, melhorando assim a absorção (Johnson e Gee, 1986). As reduções da viscosidade do digesta podem reduzir significativamente o tempo de retenção da digesta no aparelho digestivo e aumentar a ingestão voluntária (Albustany, 1996).

O uso de pectinases na nutrição animal é atribuído a reduzir os efeitos antinutricionais observados no uso de leguminosas, que possuem grande quantidade de substâncias pécticas. Existem poucos estudos com o uso desta enzima em dietas contendo soja, mas a sua utilização é devida, principalmente, ao potencial de redução da formação de géis na luz intestinal das aves, que causam inúmeros transtornos digestivos nos animais (Ott, 2005).

O fitato está presente em todos os ingredientes de origem vegetal e funciona como uma reserva fosfórica durante o processo de germinação das sementes. É uma molécula polianiónica com potencial para quelatar nutrientes positivamente carregados, este potencial caracteriza sua propriedade antinutricional quando utilizada na nutrição animal, comprometendo a utilização de proteínas, energia, cálcio, fósforo e minerais-traços (Selle & Ravindran, 2007).

A redução da digestibilidade proteica pode ser explicada pela formação de complexos entre o ácido fítico e as proteínas da dieta, ou ainda se complexar com enzimas proteolíticas (tripsina e pepsina), inibindo sua atividade. Na digestão de lípidos totais da digesta, o complexo cálcio-fitato pode reagir com ácidos graxos

formando sabões insolúveis no lúmen intestinal. Na digestão de carboidratos, liga-se diretamente ao amido ou inibe a ação da amilase, contudo essa ação ainda é pouco discutida entre estudiosos da área (Lima et al., 2007).

As aves não possuem capacidade enzimática própria para romper as ligações α em carbonos 1 e 6 presentes nos α -galactosídeos. As enzimas endógenas de aves, α -amilase e α -dextrinase são específicas para carboidratos com ligações α -1,6 como o amido. A falta de atividade sobre estes oligossacarídeos da soja é devido à falta da α -1,6-galactosidase ativa na mucosa intestinal (Citzelman & Auriccho, 1965).

A inclusão de proteases exógenas na dieta pode melhorar o valor nutricional através da hidrólise de certos tipos de proteínas que resistem ao processo digestivo através da complementação das enzimas digestivas das próprias aves, além disso as enzimas aumentam o aproveitamento dos alimentos, possibilitando assim a redução nos níveis de inclusão de certos nutrientes, como aminoácidos e minerais, de forma a minimizar as excreções de nitrogênio. Isso pode ser explicado porque com a inclusão de enzimas exógenas, pode ocorrer redução da síntese das endógenas e, em consequência, disso o organismo teria a disposição maior quantidade de aminoácidos para a síntese proteica (Lima et al., 2007).

REFERENCIAS

- Abou-Donia M. 1976. Physiological effects and metabolism of gossypol. *Resid. Rev.* 61:125-160.
- Abou-Donia M.B. e Dieckert J.W. 1974. Gossypol: Uncoupling of respiratory chain and oxidative phosphorylation. *Life Sci.* 14:1955-1963.

Akingbemi B.T. e Aire T.A. 1994. Haematological and serum biochemical changes in the rat due to protein malnutrition and gossypol-ethanol interactions. *Jour. of Comp. Path.* 111:413-426.

Albustany, Z., 1996, The Effect of Pelleting and Enzyme-Supplemented Barley-Based Broiler Diet, *Animal Feed Sci. and Tech.*, 58: 283-288.

Alford B.B., Liepa G.U., e Vanbeber A.D. 1996. Cottonseed protein, what does the future hold. *Plant Foods Human Nut.* 49:1-11.

Alfonso A.A., Ojowl M.D., Trei J.E. e Kutches A.J. 1986. Comparative digestibility of whole, delinted and treated cottonseed. *Jour. Dairy Sci.* 69(Suppl.1):216.

Aneja R., Dass S.K., e Chandra R. 2003. Modulatory influence of tin-protoporphyrin on gossypol-induced alterations of heme oxygenase activity in male wistar rats. *Europ. Jour. Drug Met. Pharma.* 28:237-243.

Barbosa, F. F., e Gattás, G. 2004. Farelo de algodão na alimentação de suínos e aves. *Rev. Eletr. Nutritime.* 15:147- 156.

Bedford, M.R., 1993, "Mode of Action of Feed Enzymes", *The Jour. of Appl. Poult. Res.*, 2: 85-92.

Butolo, J. E. 2002. Qualidade de ingredientes na alimentação animal. campinas: pfizer Saúd. Animal. 430p.

Brasil - Companhia nacional de abastecimento. 2014. Acompanhamento da safra 613 brasileira: grãos, sexto levantamento, março, 2011. Brasília: Conab, 2014.

Bühler, M., Limper, J., Müller, A. et al. *Las enzimas en la nutrición animal.* 1.ed. bonn: awt, 1998. 47p.

Champe, P.C., e Harvey, R. A. 1989. Enzimas. in: *Bioquímica ilustrada.* 2.ed. São Paulo: artes médicas, p.53-66.

Cheeke P.R. 1998. Natural Toxicans in Feeds, Forages, and Poisonous Plants. 2.ed. Interst. Publ. Danville. 479p.

Citzelman, R., Auriccho, S. 1965. The handling of soy alpha-galactosidase by a normal and galactosemic child. *Pediatr. New York*, v.36, p.231.

Cleóphas, G.M.L., Van Hartingsveldt, W., Somers, W.A.C. et al. 1995. Enzymes can play an important role in poultry nutrition. *World Poult. Sci. Jour.* 11(4):12-15.

Conte, A. J., Teixeira, A. S., Bertechini, A. G., et al., 2003. Efeito da fitase e xilanase sobre o desempenho e as características ósseas de frangos de corte alimentados com dietas contendo farelo de arroz. *Rev. Bras. de Zootec.* 32(5):1147-1156.

Dávila, N. F. P. 2006. Farelo de algodão na alimentação de coelhos em crescimento. UFRRJ. Seropédica, Rio de Janeiro.

Eagle E. 1950. Effect of repeated doses of gossypol on the dog. *Arch. of Bioch. and Bioph.* 26:68-71.

Ezequiel, J. M. B. 2002. Farelo de algodão como fonte alternativa de proteína alternativa de origem vegetal. in: *Simpósio sobre Ingredientes na Alimentação Animal*. Campinas, São Paulo. anais. Campinas:cbna. p.137-161.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2013. *FAO Statistical Yearbook 2013*. ISBN 978-92-5-107396-4. 2013.

Fireman, F. A. T., e Fireman, A. K. B. A. T. 1998. Enzimas na alimentação de suínos. *Ciência Rural*. 28:173-178.

Fischer, G., Maier, J. C., Rutz, F., e Bermudez, V. L. 2002. Desempenho de frangos de corte alimentados com dietas à base de milho e farelo de soja, com ou sem adição de enzimas. *Rev. Bras. de Zootec.* 31:402-410.

Fomband R.B., e Bryant M.J. 2004. An evaluation of the use of cottonseed cake in the diet of growing pigs. *Trop. Animal Health and Prod.* 36:295-305.

Fornés M.W., Barbieri A.M., e Burgos M.H. 1993. Sperm motility loss induced by gossypol: relation with OH scavengers, motile stimulators and malondialdehyde production. *Bioch. Bioph. Res. Commun.* 195:1289-1293.

Herman D.L., e Smith F.H. 1973. Effect of bound gossypol on the absorption of iron by rats. *Jour. of Nutr.* 103:882-889.

Hervé J.C., Pluciennik F., Cronier L., et al. 1996. Contraceptive gossypol blocks cell-to-cell communication in human and rat cells. *Europ. Jour. of Pharm.* 313:243-255.

Janero D.R., e Burghardt B. 1988. Protection of rat myocardial phospholipid against peroxidative injury through superoxide-(xanthine oxidase)-dependent, iron promoted Fenton chemistry by the male contraceptive gossypol. *Bioch. Pharm.* 37:3335-3342.

Johnson, I.T., e Gee, J.M. 1986. Gastrointestinal adaptation in response to soluble non-available polysaccharides in the rat. *British Jour. of Nutr. Cambridge.* 55:497- 505.

Kerr L.A. 1989. Gossypol toxicosis in cattle. *Comped. Contin. Educ. Pract. Vet.* 11:1139-1146.

Kovacic P. 2003. Mechanism of drug and toxic actions of gossypol: Focus on reactive oxygen species and electron transfer. *Current Med. Chem.* 10:2711–2718.

Lane A.G., e Stuart R.L. 1990. Gossypol intake may affect vitamin status of dairy cattle. *Feedstuffs* 62(28):13-14.

Lima, M. R., Silva, J. H. V., Araujo, J. A., et al. 2007. Enzimas exógenas na alimentação de aves. *acta Vet. Bras.* 1:99-110.

Lindsey T.O., Hawkins G.E., e Guthrie L.D. 1980. Physiological responses of lactating cows to gossypol from cottonseed meal rations. *Jour. of Dairy Sci.* 43:562-573.

MAPA – Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento: Culturas – algodão. 2013. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/algodao>. Acesso em: Jan. 2014.

Mena H., Santos J.E.P., Huber J.T., et al. 2004. The effects of varying gossypol intake from whole cottonseed and cottonseed meal on lactation and blood parameters in lactating dairy cows. *Jour. of Dairy Sci.* 87:2506-2518.

Morgan S.E., Stair E.L., Martin T.M., et al. 1988. Clinical, clinicopathologic, pathologic, and toxicology alterations associated with gossypol toxicoses in feeder lambs. *Amer. Jour. of Vet. Res.* 49:493-499.

Meksongsee L.A., Clawson A.J., e Smith F.H. 1970. The in vivo effect of gossypol on cytochrome oxidase, succinoxidase, and succinic dehydrogenase in animal tissues. *Jour. of Agricult. and Food Chem.* 18:917-920.

NRC – National Research Council. 1994. *Nutrient Requirements of Poultry.* National Academy Press, Washington, D.C. 157p.

Ott, R.P. 2005. *Utilização de carboidratos em dietas para frangos de corte.* 2005 (Dissertação Mestrado) – Faculdade de agronomia, Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS Brasil.

Patton C.S., Legendre A.M., Gompf R.E., et al. 1985. Heart failure caused by gossypol poisoning in two dogs. *JAVMA* 187:625-627.

Penz jr., A. M. 1998. Enzimas em rações para aves e suínos. in: reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia, 35., 1998, Botucatu. simpósio sobre Aditivos na Produção de Ruminantes e Não Ruminantes. anais. Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia. 398p. p.165-178.

Randel R.D., Chase C.C., e Wyse Jr, S.J. 1992. Effects of gossypol and cottonseed products on reproduction of mammals. *Jour. of Anim. Sci.* 70:1628-1638.

Risco C.A., Holmberg C.A., e Kutches A. 1992. Effect of graded concentrations of gossypol on calf performance: toxicological and pathological considerations. *Jour. of Dairy Sci.* 75:2787-2798.

Rogers P.A.M., Henaghan T.P., e Wheeler B. 1975. Gossypol poisoning in young calves. *Ir. Vet. Jour.* 29:9-13.

Rosa, A. P., Uttpatel, R. 2007. Uso de enzimas em dietas para frangos de corte. in: viii 660 simpósio brasil sul de avicultura. 2007. anais. Chapecó.

Rostagno, H. S., Albino, L.F.T., Donzele, J.L., et al. 2011. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais – 3. ed. Viçosa, MG: UFV, DZO.

Selle, P.H., e Ravindran, V. 2007. Microbial phytase in poultry nutrition. *Anim. Feed Sci. and Tech*, v.135, p.1-41.

Skutches C.L., Herman D.L., e Smith F.H. 1973. Effect of intravenous gossypol injection on iron utilization in swine. *Jour. of Nutr.* 103:851-855.

Soto-Blanco B. 2008. Gossypol e fatores anti-nutricionais da soja, p.531-545. In: Spinosa H.S., Górnica S.L., e Palermo Neto J. (ed.) *Toxicologia Aplicada à Veterinária*. Manole, São Paulo.

Tavares-Samay, A. M. A. 2012. Avaliação nutricional e energética do farelo de algodão com ou sem suplementação enzimática para frangos de corte. 2012 (Dissertação Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife - PE.

UBABEF – União brasileira de avicultura: Relatório anual 2013. Disponível em: <http://www.ubabef.com.br/files/publicacoes/732e67e684103de4a2117dda9ddd280a.pdf>. Acesso em janeiro de 2014.

Velasquez-Pereira J., Risco C.A., Mcdowell L.R., et al. 2003. Effect of gossypol intake on plasma and uterine gossypol concentrations and on embryo development and viability in vivo and in vitro. *Jour. of Dairy Sci.* 86(suppl.1):240.

Lima, R. A. Torta de algodão e complexo enzimático em dietas de poedeiras comerciais.

Willard S.T., Neuendorff D.A., Lewis A.W., et al. 1995. Effects of free gossypol in the diet of pregnant and postpartum Brahman cows on calf development and cow performance. *Jour. of Anim. Sci.* 73:496-507.

Zhang W.J., Xu Z.R., Pan X.L., et al. 2007. Advances in gossypol toxicity and processing effects of whole cottonseed in dairy cows feeding. *Livestock Science.* 111:1-9.

Capítulo 2 -

Torta de Algodão, com e sem Utilização de Fonte de Ferro e Complexo Enzimático em Dietas de Poedeiras Comerciais

Torta de Algodão, com e sem Utilização de Fonte de Ferro e Complexo Enzimático em Dietas de Poedeiras Comerciais

RESUMO: O experimento foi desenvolvido na granja OVONOVO, situada na cidade de Caruaru em Pernambuco, e teve como objetivo avaliar o desempenho de galinhas poedeiras alimentadas com rações contendo diferentes níveis de torta de algodão com ou sem adição de complexo enzimático na fase de pico de produção. Foi realizado um ensaio de desempenho num período de 56 dias, sendo dois ciclos de 28 dias cada, utilizando-se 480 galinhas de postura com 28 semanas de idade, da linhagem Dekalb Brown. Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado com 8 tratamentos, seis repetições de dez aves por unidade experimental. Os tratamentos do período experimental foram divididos em dois grupos: as dietas sem adição de complexo enzimático e as dietas com adição do complexo enzimático, cada grupo com quatro dietas, sendo elas: uma dieta controle e três níveis de inclusão de torta de algodão, 5, 0%, 15,3% e 26,2% para os grupos sem adição de complexo enzimático e 5,2%, 9,8% e 19,4%, para os grupos com adição de complexo enzimático, que tiveram valorização de 3,5% dos nutrientes e da energia das dietas, visando avaliar o efeito na produção, para o segundo ciclo do experimento foi adicionado 500g de sulfato de ferro por tonelada nas rações com inclusão de torta de algodão. Os tratamentos foram avaliados quanto a produção de ovos, consumo de ração, peso do ovo, conversão alimentar por massa de ovo e por dúzia de ovo, gravidade específica, cor da gema, altura de albúmen e espessura da casca, percentagens de gema, albúmen e casca e a unidade Haugh. Conclui-se que a torta de algodão pode ser utilizada até o nível de 5% de inclusão, ou 9,8% de inclusão com adição de complexo enzimático, independente da suplementação de uma fonte de ferro para atenuar os efeitos do gossipol.

Palavras-chave: Alimento alternativo, enzima, qualidade dos ovos, desempenho produtivo.

Cake Cotton, with and without use of Power Iron and Enzyme Complex in Diets of Laying Hens

ABSTRACT: The experiment was conducted at the farm OVONOVO, located in the city of Caruaru in Pernambuco, and its objective was evaluate the performance of laying hens fed diets containing different levels of cottonseed meal with or without addition of enzyme complex at peak production. One performance test was conducted over a period of 56 days, two cycles of 28 days each, using 480 laying hens at 28 weeks of age, Dekalb Brown. We used a completely randomized design with eight treatments, six replicates of ten birds per experimental unit. The treatments of the experiment were divided into two groups: the diets without added multi enzyme complex and diets with the addition of enzyme complex, each group of four diets, which are: a control diet and three inclusion levels of cottonseed meal 5, 0%, 15.3% and 26.2% for group without added enzyme complex 5.2%, 9.8% and 19.4% for the groups with addition of enzyme complex, which have risen 3.5% of the nutrients and energy diets, where for the second cycle of the experiment was added 500g of ferrous sulphate per tonne in diets with inclusion of cottonseed meal treatments were evaluated for egg production, feed intake, egg weight, feed conversion per egg mass per dozen egg specific gravity, yolk color, albumen height and shell thickness, percentage of yolk, albumen and shell and Haugh unit. It is concluded that cottonseed meal can be used until the 5% level of inclusion, or 9.8% inclusion with the addition of enzyme complex, regardless of supplemental iron sources to mitigate the effects of gossypol.

Keywords: alternative food, enzyme, egg quality, productive performance.

INTRODUÇÃO

A alimentação constitui mais de 70% dos custos de produção na avicultura. No entanto, de acordo com Abd El-Maksoud et al. (2011) aproximadamente 15% desses custos com alimentação devem-se aos custos com a proteína. Assim, as fontes de proteína bruta utilizadas na formulação das rações podem afetar significativamente os custos com alimentação, bem como os rendimentos na produção de ovos.

Dentro desse contexto tem-se a torta de algodão (*Gossypium hirsutum* L.) que é um coproduto obtido a partir da prensagem mecânica do caroço de algodão durante o processo industrial para obtenção do óleo, que é destinado ao consumo humano.

Comparado a outros alimentos proteicos, a torta de algodão apresenta baixos teores de energia metabolizável (2000 Kcal/kg), de cálcio (0,19 a 0,23%) com a relação cálcio:fósforo próxima de 1:6. Apesar do alto valor de proteína bruta, de 28 a 43%, sendo o percentual de PB definido pela inclusão de casca na torta (Butolo, 2002), a torta de algodão apresenta a quantidade e a digestibilidade dos aminoácidos essenciais, principalmente a lisina, cerca de 20% inferiores àqueles encontrados no farelo de soja (Barbosa & Gattás, 2004).

A torta de algodão possui um princípio tóxico, denominado gossipol, que está presente na torta na forma livre ou na forma ligada, conjugada à lisina, sendo que esta forma não provoca efeitos tóxicos para suínos e aves, pois não é absorvida pelo TGI. A forma livre do gossipol é a que causa os maiores prejuízos nos animais, sendo que as poedeiras são mais sensíveis e níveis iguais ou superiores a 0,024% de gossipol livre já reduzem a produção de ovos e a eclodibilidade e, em nível acima de 0,05% as galinhas produzem ovos com gemas verde oliva (Ezequiel, 2002).

De acordo com Butolo (2002) altos níveis de gossipol podem ser tolerados se sais de ferro são adicionados a dieta na proporção de 1 a 2 ppm para cada ppm de

gossipol livre, entretanto, Ezequiel (2002) sugere a adição de quatro partes de sulfato ferroso para cada parte de gossipol livre.

A adição de enzimas na alimentação de aves tem aumentado significativamente ao longo dos últimos anos, na tentativa de reduzir os custos das dietas, melhorar a conversão alimentar, contribuindo, também, para melhorar o valor nutricional dos ingredientes, reduzindo a viscosidade da digesta e, conseqüentemente, aumentando a digestibilidade dos nutrientes (Rosa e Uttpatel, 2007).

Enzimas são proteínas globulares, de estrutura terciária ou quaternária, que agem como catalisadores biológicos, aumentando a velocidade das reações no organismo, sem serem, elas próprias, alteradas neste processo (Champe & Harvey, 1989; Fireman & Fireman, 1998). As enzimas digestivas têm um sítio ativo que permite suas atuações na ruptura de uma determinada ligação química (Penz Jr., 1998). Somente atuam em condições específicas de temperatura, pH e umidade (Bühler et al., 1998).

As principais enzimas utilizadas em rações de aves que atuam na redução da viscosidade da digesta são: xilanase, glucanase e pectinase; as celulasas atuam na degradação da celulose e liberação de nutrientes; as proteases atuam na degradação de proteínas; as amilases atuam na degradação do amido, as fitases melhoram a utilização do fósforo dos vegetais e na quebra do ácido fítico; as galactosidases atuam na remoção de Galactosídios; e as lípases melhoram a utilização de gorduras animais e vegetais (Cleophas et al., 1995).

Considerando os fatos exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho produtivo e a qualidade dos ovos de galinhas poedeiras semipesadas alimentadas com rações com substituição da proteína do farelo de soja pela proteína da torta de algodão suplementadas ou não com sulfato de ferro com ou sem adição de complexo enzimático para galinhas poedeiras.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido nas instalações da granja OVONOVO, situada no município de Caruaru localizada no agreste de Pernambuco, tendo início em outubro de 2012. A granja está localizada em região de clima tropical do tipo semiárido, mas que devido à altitude modesta (554,8 m) apresenta um quadro de aridez menos severa. Fica a 140 km do litoral (Latitude: 08°17'00''S; Longitude: 35°58'34''W) e está sujeito ao regime de chuvas de outono-inverno típicas da zona leste oriental do Nordeste.

Foi realizado um ensaio de desempenho com aves com 28 semanas de idade, onde inicialmente 600 poedeiras da linhagem Dekalb Brown com 25 semanas de idade foram pesadas, distribuídas uniformemente nas gaiolas e tiveram sua produção de ovos acompanhada por um período de 14 dias. Em seguida os tratamentos foram distribuídos uniformemente de acordo com a produção de ovos de cada parcela, de forma a garantir a homogeneidade nas unidades experimentais. Então realizou-se um período de adaptação de 7 dias das aves para cada tratamento, posteriormente iniciou-se o período experimental.

No período experimental foram utilizadas 480 aves, alojadas em gaiolas de aço galvanizado (1,00x0,40x0,45m), com dez aves por unidade experimental equipadas com comedouro tipo calha e bebedouro tipo copo. O ensaio de desempenho teve duração de dois ciclos com 28 dias as aves receberam ração e água à vontade e foram submetidas a um programa de luz de 17 horas diárias. A mortalidade das aves participantes do experimento também foi registrada.

Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado composto de oito tratamentos e seis repetições de dez aves por unidade experimental.

Os tratamentos do período experimental foram divididos em dois grupos: as dietas sem adição de complexo enzimático e as dietas com adição do complexo

enzimático, cada grupo com quatro dietas, sendo elas: uma dieta controle e três níveis de inclusão de torta de algodão, 5, 0%, 15,3% e 26,2% para os grupos sem adição de complexo enzimático e 5,2%, 9,8% e 19,4%, para os grupos com adição de complexo enzimático.

A partir do segundo ciclo, com 32 semanas de vida, foi adicionado as dietas contendo torta de algodão 500g de sulfato de ferro por tonelada de ração com o intuito de avaliar sua influência sobre os parâmetros avaliados.

Para o cálculo das dietas experimentais foi considerado a composição da torta de algodão encontrada por Tavares-Samay (2012), uma vez que a matéria prima utilizada foi obtida da mesma fonte de fornecimento (tabela 1).

Tabela 1 – Composição química da torta de algodão, com base na matéria natural

Nutrientes	Torta de algodão
Matéria Seca, %	94,58
Proteína Bruta, %	24,28
Matéria Mineral, %	5,38
Cálcio, %	0,23
Fosforo disponível, %	0,29
Sódio, %	0,04
Potássio, %	0,6
Gordura, %	1,28
Gossipol livre, %	0,047
Fibra bruta, %	23,09
Energia Metabolizável Aparente, kcal/kg	1878
Aminoácidos Digestíveis	
Metionina, %	0,35
Metionina + Cistina, %	0,64
Lisina, %	0,91
Treonina, %	0,67
Triptofano, %	0,39
Arginina, %	2,55
Isoleucina, %	0,84
Leucina, %	1,29
Valina, %	1,00
Histidina, %	0,61
Fenilalanina, %	1,26

Valores determinados em experimentos prévios realizados por Tavares-Samay (2012).

Foram formuladas rações para o experimento com base nos ingredientes disponíveis na granja, que na época do mesmo eram sorgo, milho e soja (Tabela 2).

Tabela 2 – Composição percentual das dietas experimentais em função dos níveis de inclusão da torta de algodão para o primeiro período experimental

Ingredientes	Níveis de inclusão de torta de algodão sem adição de enzimas				Níveis de inclusão de torta de algodão com adição de enzimas			
	0%	5,0%	7,6%	26,2%	0%	5,2%	9,8%	19,4%
Milho	32,3	59,4	58,8	49,8	25,4	42,7	61,5	59,8
Sorgo	35,0	7,3	----	----	45,0	25,6	5,4	----
Far. Soja	16,4	11,4	7,6	3,8	15,2	11,4	7,6	3,8
T. Algodão	----	5,0	15,3	26,2	----	5,2	9,8	19,4
Calcário	8,91	8,85	8,91	8,96	8,93	8,87	8,92	8,84
Óleo Soja	3,40	3,79	5,36	7,22	1,47	2,10	2,60	3,96
Farinha Osso	2,73	2,69	2,46	2,24	2,59	2,54	2,40	2,54
Sal Comum	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46
Bionit ¹	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Premix ²	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Sulf. Potássio	----	0,15	0,18	0,25	----	0,19	0,28	0,23
L-Lys.	0,09	0,14	0,16	0,23	0,10	0,14	0,17	0,21
DL-Met.	0,19	0,17	0,17	0,19	0,19	0,18	0,17	0,17
L-Threo.	----	----	----	0,02	----	----	----	0,01
Enzima	----	----	----	----	0,03	0,03	0,03	0,03
Inerte	0,03	0,03	0,03	0,03	----	----	----	----
Total	100	100	100	100	100	100	100	100
Nutrientes e Energia								
	0%	5,0%	7,6%	26,2%	0%	5,2%	9,8%	19,4%
EM (kcal/kg)	2860	2860	2860	2860	2860	2860	2860	2860
PB, %	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8
Cálcio, %	3,88	3,85	3,85	3,85	3,88	3,85	3,85	3,85
Fósf. Dig. , %	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,29
Met. Dig. , %	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41
M+C. Dig. , %	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62
Lys. Dig. , %	0,69	0,69	0,68	0,70	0,69	0,68	0,68	0,68
Thr. Dig. , %	0,54	0,53	0,52	0,52	0,54	0,53	0,52	0,52
Trip. Dig. , %	0,17	0,17	0,18	0,19	0,16	0,17	0,18	0,19
Sódio, %	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
Potássio, %	0,54	0,56	0,54	0,54	0,54	0,60	0,60	0,54
Gordura, %	6,27	6,93	8,29	9,85	4,48	5,26	5,93	7,19
FB, %	2,77	4,00	6,00	8,00	2,79	4,00	5,10	7,00

¹ Adsorvente de aflotoxinas (micotoxina);

² Quantidade/kg de Produto: vit. A 8000000 UI, vit. D3 2000000 UI, vit. E 15000 mg, vit. K3 1960 mg, vit. B2 4000 mg, vit. B6 1000 mg, vit. B12 10000 mcg, niacina 19800 mg, ác. pantotênico 5350 mg, ác. fólico 200 mg, manganês, 32500 mg, zinco 5000 mg, ferro 20000 mg, cobre 4000 mg, iodo 1500 mg, selênio 250 mg, cobalto 200 mg, antioxidante 100000 mg.

Para os tratamentos com adição de complexo enzimático foi aplicada uma valorização de 3,5% (valor sugerido pelo fabricante) dos ingredientes no cálculo da ração, aplicados aos valores dos nutrientes e da energia, para que as rações ao serem calculadas com esses ingredientes valorizados tivessem um déficit de 3,5% de cada nutriente e energia, gerando rações com diferentes composições.

As rações foram formuladas de forma a serem isoenergéticas e isoprotéicas atendendo as recomendações para categoria de aves semi-pesadas de acordo com os dados contidos na Tabela Brasileira para Aves e Suínos (Rostagno et al. 2011).

O complexo enzimático foi disponibilizado pela Bioenzima Ltda. contendo celulase, pectinase, β -glucanase, xilanase, protease, fitase e amilase.

Durante todo o período experimental os ovos foram coletados diariamente três vezes ao dia, no início da manhã (07:00), no meio do dia (11:00) e no fim da tarde (16:00), colocados em bandejas devidamente identificadas e ao final do dia os mesmos eram contabilizados e pesados, para obtenção do peso médio e do percentual de postura. Ao final de cada semana as sobras de ração foram pesadas para determinação do consumo de ração semanal. Com a produção de ovos (%), os pesos médios dos ovos (g) da semana e o consumo de ração (g) foram calculados: consumo de ração em gramas por ave por dia e a conversão alimentar por massa de ovo e por dúzia de ovo. Para o cálculo das conversões alimentares foram utilizadas as formulas:

Conversão alimentar (Kg/Kg) = Média de Consumo de Ração / peso médio do ovo

Conversão alimentar (Kg/dúzia) = Média de Consumo de Ração / dúzia do ovo

No período final de cada ciclo, seis ovos por unidade experimental foram avaliados quanto aos parâmetros de qualidade dos ovos: peso do ovo (g), gravidade específica, cor da gema, altura de albúmen (mm), peso da gema (g), peso da casca (g) e espessura da casca (mm), sendo posteriormente calculadas as percentagens de gema, albúmen e casca e a unidade Haugh, que foi calculado pela fórmula:

$$UH = 100 \log (h - 1,7 \times W^{0,37} + 7,57),$$

Sendo: UH: Unidade Haugh; h: altura do albúmen, em milímetro; w: o peso do ovo, em grama.

Para avaliar a gravidade específica os ovos foram imersos em seis baldes com gravidades específicas diferentes, 1,075, 1,080, 1,085, 1,090, 1,095, 1,100, obtidas por diferentes concentrações de sal e água e aferido com uso de densímetro. A avaliação de cor da gema foi feita por comparação utilizando um leque de escala colorimétrica, a altura de albúmen e espessura da casca foram medidas com a utilização de um paquímetro digital. Por fim as cascas foram lavadas e postas para secar ao ar pelo período de 12 horas para posteriormente serem pesadas.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo Teste Dunnet. O pacote computacional utilizado para as análises estatísticas foi o SAS versão 9.0 (2003). As diferenças foram consideradas significativas quando $P < 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 3 estão apresentados às médias gerais da produção de ovos, peso do ovo, consumo de ração, conversão alimentar em kg de ração/kg de ovo e conversão

alimentar em kg de ração/dúzia de ovos para as dietas sem adição de complexo enzimático e com diferentes níveis de inclusão de torta de algodão para as aves no primeiro ciclo, entre 28 e 32 semanas de idade.

Como pode ser observado não houve diferença estatística significativa ($p < 0,05$) para conversão alimentar em kg de ração/kg de ovo, conversão alimentar em kg de ração/dúzia de ovos pelo teste de Dunnet. Entretanto para a produção de ovos e o consumo de ração o nível de 5% de inclusão de torta de algodão foi significativamente semelhante ao tratamento controle. O mesmo padrão não ocorreu com o peso dos ovos, onde todos os níveis de inclusão foram inferiores ao tratamento controle.

Tabela 3 – Médias da produção de ovos, peso dos ovos, consumo de ração, conversão alimentar em kg de ração/kg de ovo, conversão alimentar em kg de ração/dúzia de ovos para os tratamentos sem adição de complexo enzimático das aves entre 28 e 32 semanas de idade

Parâmetros	Níveis de inclusão de T.A.				
	0	5	15,3	26,2	CV
Produção de ovos, %	96,75a	96,12a	91,77b	91,27b	3,55
Peso dos ovos, g	59,62a	57,79b	56,10b	56,45b	2,32
Consumo de ração, g/dia	100,39a	100,94a	96,48b	95,72b	4,69
Conversão alimentar, g/g	1,85	1,82	1,95	1,87	5,46
Conversão alimentar, g/dúzia	1,32	1,25	1,31	1,26	5,16

Médias seguidas por letras diferentes nas linhas diferem estatisticamente pelo teste de Dunnet ($p < 0,05$); P: probabilidade.

De acordo com Olerede e Longe (2000) as aves utilizam primeiramente a energia ingerida para cobrir os requerimentos de manutenção, então a queda na produção e no peso dos ovos, de modo geral podem ter sido consequência do efeito residual do gossipol que se liga com a proteína da torta de algodão tornando-a indisponível para as aves (Apata, 2010), assim como o efeito dos altos níveis de fibra bruta, chegando a 8%

para a inclusão de 25,2%, pois de acordo com Thorne et al., (1991) o aumento do nível de fibra dietética é muitas vezes associada com uma rápida taxa de passagem que inibe o benefício da máxima ingestão de alimentos por meio do efeito do enchimento do intestino com consequente redução no consumo de ração, levando a também menor produção de ovos obtido no presente estudo.

Na tabela 4 estão apresentadas as médias da percentagem de casca, percentagem de gema, percentagem de albúmen, gravidade específica, cor da gema, altura de albúmen, espessura da casca e unidade Haugh para as dietas sem adição de complexo enzimático e com diferentes níveis de inclusão de torta de algodão para as aves no primeiro ciclo, entre 28 e 32 semanas de idade.

Tabela 4 – Médias da percentagem de casca, percentagem de gema, percentagem de albúmen, gravidade específica, cor da gema, altura de albúmen, espessura da casca e unidade Haugh para os tratamentos sem adição de complexo enzimático das aves entre 28 e 32 semanas de idade

Parâmetros	Níveis de inclusão de T.A.				
	0	5	15,3	26,2	CV
Percentagem de casca, %	9,83a	10,55b	10,18a	10,13a	3,88
Percentagem de gema, %	25,15	24,54	24,68	24,28	4,52
Percentagem de albúmen, %	65,00	64,91	63,62	65,60	1,98
Gravidade específica	1,090a	1,093b	1,092a	1,091a	0,21
Cor da gema	1,36a	1,68b	1,57a	1,56a	12,19
Altura de albúmen, mm	9,04	8,45	8,68	8,80	7,26
Espessura da casca, mm	0,40	0,40	0,39	0,37	6,84
Unidade Haugh	94,21	92,28	92,67	93,41	3,76

Médias seguidas por letras diferentes nas linhas diferem estatisticamente pelo teste de Dunnet ($p < 0,05$); P: probabilidade

Como pode ser observado não houve diferença estatística significativa ($p < 0,05$) para a percentagem de gema, percentagem de albúmen, altura de albúmen, espessura da casca e unidade Haugh pelo teste de Dunnet. Entretanto, para a percentagem de casca e gravidade específica e cor da gema o nível de 5% de inclusão de torta de algodão foi significativamente superior aos tratamentos.

Apesar da espessura da casca, que é o principal parâmetro de avaliação de casca de ovo (Stadelman, 1977), ser semelhante ao tratamento controle, pode ser indicado uma melhor qualidade da casca para o nível de 5% de inclusão da torta de algodão, pois a percentagem de casca, assim como a gravidade específica tiveram suas maiores médias nesse tratamento.

Na tabela 5 estão apresentados às médias gerais da produção de ovos, peso do ovo, consumo de ração, conversão alimentar em kg de ração/kg de ovo e conversão alimentar em kg de ração/dúzia de ovos para as dietas com adição de complexo enzimático e com diferentes níveis de inclusão de torta de algodão para as aves no primeiro ciclo, entre 28 e 32 semanas de idade.

Como pode ser observado não houve diferença estatística significativa ($p < 0,05$) para conversão alimentar em kg de ração/kg de ovo, conversão alimentar em kg de ração/dúzia de ovos pelo teste de Dunnet. Entretanto para a produção de ovos e o consumo de ração o nível de 9,8% de inclusão de torta de algodão foi significativamente semelhante ao tratamento controle. Já para o peso dos ovos, apenas o nível de 5,2% foi inferior ao tratamento controle.

Apata (2010) ao avaliar a inclusão de 15% de torta de algodão sem e com suplementação de complexo enzimático (amilase, glucanase, celulase, pectinase, xilanase, fitase e protease), observou que os parâmetros de consumo de ração, produção de ovos/dia e peso dos ovos foram semelhantes entre si, porém tiveram um pior

desempenho em relação ao tratamento controle, à base de milho e farelo de soja, sendo observado resultado semelhante no presente trabalho, para a dieta sem a adição de complexo enzimático que teve inclusão de 15,3%, porém para a dieta com 19,4% de inclusão de torta de algodão, apenas o peso dos ovos foram semelhantes a dieta controle, tendo os outros dois parâmetros o mesmo comportamento observado pelo autor citado.

Tabela 5 – Médias da produção de ovos, peso dos ovos, consumo de ração, conversão alimentar em kg de ração/kg de ovo, conversão alimentar em kg de ração/dúzia de ovos para os tratamentos com adição de complexo enzimático das aves entre 28 e 32 semanas de idade

Parâmetros	Níveis de inclusão de T.A.				CV
	0	5,2	9,8	19,4	
Produção de ovos, %	97,49a	88,61b	96,40a	87,51b	3,52
Peso dos ovos, g	58,15a	55,59b	56,58a	57,76a	2,82
Consumo de ração, g/dia	106,75a	100,01b	103,03a	94,83b	3,11
Conversão alimentar, g/g	1,92	2,00	1,90	1,91	5,28
Conversão alimentar, g/dúzia	1,33	1,33	1,29	1,30	3,99

Médias seguidas por letras diferentes nas linhas diferem estatisticamente pelo teste de Dunnet ($p < 0,05$); P: probabilidade.

Na tabela 6 estão apresentadas as médias da percentagem de casca, percentagem de gema, percentagem de albúmen, gravidade específica, cor da gema, altura de albúmen, espessura da casca e unidade Haugh para as dietas com adição de complexo enzimático e com diferentes níveis de inclusão de torta de algodão para as aves no primeiro ciclo, entre 28 e 32 semanas de idade.

Como pode ser observado não houve diferença estatística significativa ($p < 0,05$) para a percentagem de casca, percentagem de gema, percentagem de albúmen, gravidade específica, altura de albúmen, espessura da casca e unidade haugh pelo teste

de Dunnet. Entretanto, para a cor da gema apenas o nível de 5,2% de inclusão de torta de algodão foi significativamente semelhante ao tratamento controle.

Tabela 6 – Médias da percentagem de casca, percentagem de gema, percentagem de albúmen, gravidade específica, cor da gema, altura de albúmen, espessura da casca e unidade Haugh para os tratamentos com adição de complexo enzimático das aves entre 28 e 32 semanas de idade

Parâmetros	Níveis de inclusão de T.A.				
	0	5,2	9,8	19,4	CV
Percentagem de casca, %	10,17	10,52	9,91	10,42	2,71
Percentagem de gema, %	24,94	24,81	25,43	24,28	2,68
Percentagem de albúmen, %	64,89	64,67	64,66	65,31	1,08
Gravidade específica	1,093	1,094	1,90	1,93	0,19
Cor da gema	1,16a	1,30a	1,55b	1,54b	8,37
Altura de albúmen, mm	8,63	8,90	8,70	8,82	5,10
Espessura da casca, mm	0,42	0,40	0,39	0,38	6,02
Unidade Haugh	92,56	94,34	92,87	93,78	2,31

Médias seguidas por letras diferentes nas linhas diferem estatisticamente pelo teste de Dunnet ($p < 0,05$); P: probabilidade.

Em relação aos níveis de com inclusão de torta de algodão, tanto para os tratamentos com adição, como os sem adição de complexo enzimático, as cores mais amenas foram observadas nos tratamentos com 0% de inclusão, esse fato pode ser explicado por que o sorgo e o milho não conferiram coloração à gema, por outro lado a torta de algodão, por ter grande quantidade de pigmentos, acabou por intensificar a cor da gema nos níveis de inclusão, porém dando a ela uma tonalidade esverdeada.

Foi observado uma baixa produção de ovos, peso dos ovos e consumo de ração ocorrido nos níveis com maior inclusão de torta de algodão, aliado a crescente mortalidade, chegando a 11,67%, com achados *post-mortem*, como manchas no fígado,

sintomas também observados por Risco et al., (1992), ocorrida no primeiro ciclo (entre 28^a e 32^a semana), devido, provavelmente à intoxicação por alta quantidade de gossipol ingerido pelos animais.

Para avaliar esse efeito a partir da 32^a semana de idade das aves nas rações com substituição da soja por torta de algodão, foi adicionado 500g de sulfato ferro por tonelada de ração, considerando-se que o gossipol forma complexos com o ferro, detoxicando a torta de algodão Butolo (2002).

Na tabela 7 estão apresentados às médias da produção de ovos, peso do ovo, consumo de ração, conversão alimentar em kg de ração/kg de ovo e conversão alimentar em kg de ração/dúzia de ovos para as dietas sem adição de complexo enzimático e com diferentes níveis de inclusão de torta de algodão para as aves no segundo ciclo, entre 32 e 36 semanas de idade.

Como pode ser observado não houve diferença estatística significativa ($p < 0,05$) para o consumo de ração e conversão alimentar em kg de ração/kg de ovo pelo teste de Dunnet. Entretanto, para a produção de ovos o nível de 5% de inclusão de torta de algodão foi significativamente semelhante ao tratamento controle. Já para conversão alimentar em kg de ração/dúzia de ovos apenas o nível de inclusão de 15,3% foi semelhante a dieta controle. O mesmo padrão não ocorreu com o peso dos ovos, onde todos os níveis de inclusão foram inferiores ao tratamento controle.

A produção de ovos e peso dos ovos das aves entre 32 e 36 semanas de idade, continuou a cair em relação às mesmas aves antes da inclusão de sulfato de ferro, para os maiores níveis de substituição da proteína do farelo de soja pela proteína da torta de algodão, sendo, por exemplo, a queda da produção ao nível de 0%, de apenas 1,92%, chegando a 6,37% ao nível de 26,2%, ou seja, a adição de sulfato de ferro não alterou o efeito tóxico do gossipol sobre esses parâmetros. Porém o consumo de ração passa a não

ter diferença significativa entre os tratamentos com inclusão de torta de algodão e a dieta controle.

Tabela 7 – Médias da produção de ovos, peso dos ovos, consumo de ração, conversão alimentar em kg de ração/kg de ovo, conversão alimentar em kg de ração/dúzia de ovos para os tratamentos sem adição de complexo enzimático e suplementação de sulfato ferroso para aves entre 32 e 36 semanas de idade

Parâmetros	Níveis de inclusão de T.A.				
	0	5	15,3	26,2	CV
Produção de ovos, %	94,83a	88,86a	76,72b	84,90b	5,17
Peso dos ovos, g	61,12a	58,76b	57,01b	57,82b	2,51
Consumo de ração, g/dia	109,98	114,74	92,10	106,35	11,55
Conversão alimentar, g/g	1,89	2,18	2,16	2,14	12,48
Conversão alimentar, g/dúzia	1,39a	1,15b	1,25a	1,12b	8,02

Médias seguidas por letras diferentes nas linhas diferem estatisticamente pelo teste de Dunnet ($p < 0,05$); P: probabilidade.

A alta queda de produção de ovos observada ao nível de 15,3%, com a estabilização do consumo de ração, gerou uma alta conversão alimentar em kg de ração/dúzia de ovos, sendo a mesma a única que diverge significativamente ($p < 0,05$) do tratamento controle.

Na tabela 8 estão apresentadas as médias da percentagem de casca, percentagem de gema, percentagem de albúmen, gravidade específica, cor da gema, altura de albúmen, espessura da casca e unidade Haugh para as dietas sem adição de complexo enzimático e com diferentes níveis de inclusão de torta de algodão para as aves no segundo ciclo, entre 32 e 36 semanas de idade.

Como pode ser observado não houve diferença estatística significativa ($p < 0,05$) para a percentagem de gema, percentagem de albúmen, altura de albúmen e unidade haugh pelo teste de Dunnet. Entretanto, para a percentagem de casca e gravidade

específica apenas o nível de 20,6% de inclusão de torta de algodão foi significativamente diferente do tratamento controle. O mesmo padrão não ocorreu com a espessura da casca, onde apenas o nível de 5% de inclusão não foi semelhante ao tratamento controle. Já para a cor da gema apenas o nível de inclusão de 15,3% foi semelhante à dieta controle.

Tabela 8 – Médias da percentagem de casca, percentagem de gema, percentagem de albúmen, gravidade específica, cor da gema, altura de albúmen, espessura da casca e unidade Haugh para os tratamentos sem adição de complexo enzimático e suplementação de sulfato ferroso para aves entre 32 e 36 semanas de idade

Parâmetros	Níveis de inclusão de T.A.				CV
	0	5	15,3	26,2	
Percentagem de casca, %	9,81a	10,31a	10,35a	10,48b	3,50
Percentagem de gema, %	25,04	25,20	24,20	24,84	3,75
Percentagem de albúmen, %	65,31	64,50	65,46	64,68	1,55
Gravidade específica	1,085a	1,090a	1,091a	1,093b	0,18
Cor da gema	1,17a	1,43b	1,33a	1,53b	11,64
Altura de albúmen, mm	9,14	9,14	9,42	9,27	6,12
Espessura da casca, mm	0,35a	0,38b	0,37a	0,37a	4,01
Unidade Haugh	94,27	95,17	96,58	95,87	2,76

Médias seguidas por letras diferentes nas linhas diferem estatisticamente pelo teste de Dunnet ($p < 0,05$); P: probabilidade.

A percentagem de gema e a gravidade específica continuam a ter maiores médias nos níveis de inclusão, passando a ter a melhor média o nível de 26,2% de inclusão, após a adição de sulfato de ferro, o que novamente indica um efeito positivo da torta de algodão sobre a qualidade da casca dos ovos, confirmado pela maior média de espessura de casca observada no nível de inclusão de 5%.

Na tabela 9 estão apresentados às médias da produção de ovos, peso do ovo, consumo de ração, conversão alimentar em kg de ração/kg de ovo e conversão alimentar em kg de ração/dúzia de ovos para as dietas com adição de complexo enzimático e com diferentes níveis de inclusão de torta de algodão para as aves no segundo ciclo, entre 32 e 36 semanas de idade.

Como pode ser observado não houve diferença estatística significativa ($p < 0,05$) para o peso do ovo e conversão alimentar em kg de ração/kg de ovo pelo teste de Dunnet. Para o consumo de ração, apenas o nível de 5,2% de inclusão de torta de algodão não foi significativamente semelhante ao tratamento controle. Já para a produção de ovos apenas o nível de inclusão de 9,8% foi semelhante a dieta controle. O mesmo padrão não ocorreu com a conversão alimentar em kg de ração/dúzia de ovos, onde todos os níveis de inclusão foram inferiores ao tratamento controle.

Tabela 9 – Médias da produção de ovos, peso dos ovos, consumo de ração, conversão alimentar em kg de ração/kg de ovo, conversão alimentar em kg de ração/dúzia de ovos para os tratamentos com adição de complexo enzimático e suplementação de sulfato ferroso para aves entre 32 e 36 semanas de idade

Parâmetros	Níveis de inclusão de T.A.				
	0	5,2	9,8	19,4	CV
Produção de ovos, %	91,37a	79,08b	89,22a	73,26b	6,35
Peso dos ovos, g	58,87	57,46	58,11	57,78	2,54
Consumo de ração, g/dia	106,49a	95,32b	98,53a	100,96a	5,58
Conversão alimentar, g/g	1,99	2,18	1,88	2,17	7,52
Conversão alimentar, g/dúzia	1,41a	1,12b	1,16b	1,15b	8,16

Médias seguidas por letras diferentes nas linhas diferem estatisticamente pelo teste de Dunnet ($p < 0,05$); P: probabilidade.

Na tabela 10 estão apresentadas as médias da percentagem de casca, percentagem de gema, percentagem de albúmen, gravidade específica, cor da gema,

altura de albúmen, espessura da casca e unidade Haugh para as dietas com adição de complexo enzimático e com diferentes níveis de inclusão de torta de algodão para as aves no segundo ciclo, entre 32 e 36 semanas de idade.

Como pode ser observado não houve diferença estatística significativa ($p < 0,05$) para a percentagem de casca, percentagem de gema, percentagem de albúmen, gravidade específica, altura de albúmen, espessura da casca e unidade Haugh. Entretanto, para a cor da gema apenas o nível de 9,8% de inclusão de torta de algodão foi significativamente semelhante ao tratamento controle.

Tabela 10 – Médias da percentagem de casca, percentagem de gema, percentagem de albúmen, gravidade específica, cor da gema, altura de albúmen, espessura da casca e unidade haugh para os tratamentos com adição de complexo enzimático e suplementação de sulfato ferroso para aves entre 32 e 36 semanas de idade

Parâmetros	Níveis de inclusão de T.A.				CV
	0	5,2	9,8	19,4	
Percentagem de casca, %	10,25	10,03	10,38	10,74	3,66
Percentagem de gema, %	25,19	25,45	24,38	24,57	4,35
Percentagem de albúmen, %	64,56	64,64	65,25	64,69	1,66
Gravidade específica	1,092	1,088	1,091	1,094	0,26
Cor da gema	1,11a	1,61b	1,32a	1,45b	14,10
Altura de albúmen, mm	8,69	9,17	9,04	8,77	5,18
Espessura da casca, mm	0,36	0,36	0,37	0,38	4,29
Unidade Haugh	93,07	95,13	95,02	93,49	2,57

Médias seguidas por letras diferentes nas linhas diferem estatisticamente pelo teste de Dunnet ($p < 0,05$); P: probabilidade.

Foi observado no segundo ciclo, com a adição do sulfato de ferro nas dietas com inclusão de torta de algodão, o mesmo comportamento avaliado no primeiro ciclo, tanto para os tratamentos com adição, como os sem adição de complexo enzimático, em

relação às cores mais amenas, que foram observadas nos tratamentos com 0% de inclusão.

Adeyemo e Longe (2008) ao estudarem o efeito da utilização de níveis crescentes de torta de algodão para dietas de galinhas poedeiras, até 60% de substituição da proteína do farelo de soja pela proteína da torta de algodão, sobre a produção e a qualidade dos ovos, não observaram diferença estatística significativa nos diferentes níveis de substituição para os parâmetros de consumo de ração, produção conversão alimentar em kg de ração /kg de ovo, espessura de casca, altura de albúmen, peso dos ovos e unidade Haugh. Resultados diferentes foram encontrados no presente estudo, uma vez que os resultados foram inconsistentes, onde houve, de modo geral, uma queda nas médias da produção de ovos, peso dos ovos e consumo de ração nos níveis de inclusão sem utilização de complexo enzimático, para as dietas do primeiro e segundo ciclo. Já para a conversão alimentar (kg de ração por/kg de ovo), altura de albúmen, espessura da casca, no primeiro ciclo, e unidade Haugh, os resultados se assemelham, não sendo observada diferença estatística significativa.

Rodrigues et al (2008) observaram em experimento onde foi avaliado o efeito de níveis crescentes do farelo de algodão, até 12% de inclusão na ração de poedeiras comerciais com ou sem a suplementação de fitase, que não houve diferença estatística significativa nos níveis de inclusão do farelo de algodão para o consumo de ração, produção de ovos, peso dos ovos, conversão alimentar em kg de ração/kg de massa de ovo, gravidade específica e espessura de casca, nem para o resultado da inclusão da fitase, excetuando-se para o consumo de ração que foi maior para os tratamentos com suplementação de fitase, o que se assemelha com este estudo, já que os tratamentos com adição do complexo enzimático, contendo fitase, que tiveram de modo geral maiores médias de consumo de ração consumo de ração.

Em estudo onde foi avaliado o efeito da utilização de torta de algodão sobre a desempenho de galinhas poedeiras, Reddy et al (1999) observaram que não houve diferença estatística significativa para produção de ovos, consumo de ração, conversão alimentar em kg de ração/dúzia de ovos, peso do ovo, espessura de casca e cor da gema. Resultados diferentes foram encontrados no presente estudo, onde com os tratamentos sem utilização de complexo enzimático das aves do primeiro e segundo ciclo, onde para os parâmetros de produção de ovos, peso dos ovos e consumo de ração, de modo geral tiveram suas piores médias ao nível de 26,2%. Já para a conversão alimentar (kg de ração por/dúzia de ovos) e espessura da casca, os resultados se assemelham, não sendo observada diferença estatística significativa.

CONCLUSÃO

Pode-se utilizar a torta de algodão até o nível de 5% de inclusão, ou 9,8% de inclusão com adição de complexo enzimático, desde que seja suplementada com uma fonte de ferro para atenuar os efeitos do gossipol.

REFERENCIAS

- Abd El-Maksoud, A., A.A. Salama, S.E.M. El-Sheikh, e R.E. Khidr. 2011. Effects of different levels of crude protein and dried yeast (*saccharomyces cerevisiae*) on performance of local laying hens. Egypt. Poult. Sci. 31: 259-273.
- Adeyemo, G.O., e Longe, O.G. 2008. Effects of Cottonseed Cake Based Diets on Performance and Egg Quality Characteristics of Layers. Pakist. Jour. of Nutr. 7 (4): 597-602.
- Apata, D.F. 2010. Effects of treatment methods on the nutritional value of cotton seed cake for laying hens. Inter. Jour. of Poutr. Sci. 9 (6): 602-605.

Champe, P.C., Harvey, R. A. 1989. Enzimas. in: Bioquímica ilustrada. 2.ed. São Paulo: Artes Médicas. p.53-66.

Cleóphas, G.M.L., Van Hartingsveldt, W., Somers, W.A.C. et al. 1995. Enzymes can play an important role in poultry nutrition. *World Poultry*, 11(4):12-15.

Barbosa, F. F., e Gattás, G. 2004. Farelo de algodão na alimentação de suínos e aves. *Rev. Eletr. Nutritime*. 15:147- 156.

Bühler, M., Limper, J., Müller, A. et al. 1998. Las enzimas en la nutrición animal. 1.ed. bonn: awt. 47p.

Butolo, J. E. 2002. Qualidade de ingredientes na alimentação animal. campinas: pfizer Saúde Animal. 430p.

Ezequiel, J. M. B. 2002. Farelo de algodão como fonte alternativa de proteína alternativa de origem vegetal. in: simpósio sobre ingredientes na alimentação animal. Campinas, São Paulo. anais. Campinas:cbna. p.137-161.

Fireman, F. A. T., e Fireman, A. K. B. A. T. 1998. Enzimas na alimentação de suínos. *Ciência Rural*. 28:173-178.

Olerede, B.R., e Longe, O.G. 2000. Effect of replacing palm kernel cake with sheabutter cake on egg quality characteristics, haematology and serum chemistry of laying hens. *Nig. Jour. of Anim. Prod.*, 27: 19-23.

Penz jr., A. M. 1998. Enzimas em rações para aves e suínos. in: reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia, 35., 1998, Botucatu. simpósio sobre Aditivos na Produção de Ruminantes e Não Ruminantes. anais. Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia. 398p. p.165-178.

Reddy, G.S., Reddy, P.S., Reddy, P.V.V.S. 1999. Effect of dietary cotton seed cake on the performance of layers. *Ind. Jour. Anim. Nutr.* 16 (4), 295 - 300.

Risco C.A., Holmberg C.A., e Kutches A. 1992. Effect of graded concentrations of gossypol on calf performance: toxicological and pathological considerations. *Jour. of Dairy Sci.* 75:2787-2798.

Rodrigues, H.M., Silva, J.H.V., Ribeiro, M.L.G., et al. 2008. Inclusão do farelo de algodão “boiadeiro” na ração de poedeiras comerciais suplementadas ou não com fitase. *Zootec.* João Pessoa, PB – UFPB/ABZ

Rosa, A. P., e Uttpatel, R. 2007. Uso de enzimas em dietas para frangos de corte. in: viii 660 simpósio brasil sul de avicultura. 2007. anais. Chapecó.

Rostagno, H. S., Albino, L.F.T., Donzele, J.L., et al. 2011. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais – 3. ed. Viçosa, MG: UFV, DZO.

SAS Institute. sas/stat: guide for personal computer; version 9.1. Cary. 2003. 235p.

Stadelman, W., 1977. Egg quality of selected poultry breeds. *Poult. Sci.* 20: 205-212.

Tavares-Samay, A. M. A. 2012. Avaliação nutricional e energética do farelo de algodão com ou sem suplementação enzimática para frangos de corte. 2012 (Dissertação Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife - PE.

Thorne, M.H., R.K. Collins and B. Sheldon, 1991. Chromosomes analysis of early three different nocturnal lighting regimes. *Proc. of 6th Annual Conference of Animal.*

Capítulo 3 -

Torta de Algodão e Complexo Enzimático em Dietas de Poedeiras Comerciais

Torta de Algodão e Complexo Enzimático em Dietas de Poedeiras Comerciais

RESUMO: O experimento foi desenvolvido na granja OVONOVO, situada no município de Caruaru em Pernambuco, e teve como objetivo avaliar o desempenho de galinhas poedeiras alimentadas com rações contendo diferentes níveis de inclusão de torta de algodão com ou sem adição de complexo enzimático na fase de pico de produção. Foi realizado um ensaio de desempenho num período de 28 dias, utilizando-se 480 galinhas de postura de 39 a 43 semanas de idade, da linhagem Dekalb Brown. Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado com 8 tratamentos, seis repetições de dez aves por unidade experimental. Os tratamentos do período experimental foram divididos em dois grupos: as dietas sem adição de complexo enzimático e as dietas com adição do complexo enzimático, cada grupo com quatro dietas, sendo elas: uma dieta controle e três níveis de inclusão de torta de algodão, 11,1%, 20,1% e 25,2% para os grupos sem adição de complexo enzimático e 10,7%, 18,2% e 20,8%, para os grupos com adição de complexo enzimático, que tiveram valorização de 3,5% dos nutrientes e da energia das dietas, sendo suplementados os tratamentos com torta de algodão com 500g de sulfato de ferro por tonelada de ração. Os tratamentos foram avaliados quanto a produção de ovos, consumo de ração, peso do ovo, conversão alimentar por massa de ovo e por dúzia de ovo, gravidade específica, cor da gema, altura de albúmen e espessura da casca, percentagens de gema, albúmen e casca e a unidade Haugh. Conclui-se que a torta de algodão pode ser utilizada até o nível de 25,2% ou 20,8% de inclusão sem e com adição de complexo enzimático, respectivamente.

Palavras-chave: Alimento alternativo, enzima, qualidade dos ovos, desempenho produtivo.

Cake and Cotton Enzyme Complex in Diets of Laying Hens

ABSTRACT: The experiment was conducted at the farm OVONOVO, located in the municipality of Caruaru in Pernambuco, and its objective was evaluate the performance of laying hens fed diets containing different levels of inclusion of cottonseed meal with or without addition of enzyme complex phase peak production. One performance test was conducted within 28 days, using a 480-laying hens 39-43 weeks of age, Dekalb Brown. We used a completely randomized design with eight treatments, six replicates of ten birds per experimental unit. The treatments of the experiment were divided into two groups: the diets without added enzyme complex and diets with the addition of enzyme complex, each group of four diets, which are: a control diet and three inclusion levels of cottonseed meal , 11.1%, 20.1% and 25.2% for groups without the enzymatic 10.7%, 18.2% and 20.8% complex for groups with added enzyme complex which have risen 3.5% of the nutrients and energy of diets, treatments are supplemented with cottonseed meal with 500g of ferrous sulphate per ton of feed. The treatments were evaluated for egg production, feed intake, egg weight, feed conversion per egg mass per dozen egg specific gravity, yolk color, albumen height and shell thickness, percentage of yolk, albumen and bark and Haugh unit. It is concluded that cottonseed meal can be used up to the level of 25.2% or 20.8% inclusion without and with addition of enzyme complex, respectively.

Keywords : alternative food, enzyme, egg quality, productive performance.

INTRODUÇÃO

A torta de algodão é um coproduto obtido a partir do aquecimento e da prensagem mecânica do caroço de algodão durante o processo industrial para obtenção do óleo, que é destinado ao consumo humano. Comparado a outros alimentos proteicos, a torta de algodão apresenta baixos teores de energia metabolizável (2000 Kcal/kg), e de cálcio (0,19 – 0,23%). Apesar do alto teor de proteína bruta (PB) que variam de 28 a 43%, (Butolo, 2002), a torta de algodão apresenta a quantidade e a digestibilidade dos aminoácidos essenciais, principalmente a lisina, cerca de 20% inferiores àqueles encontrados no farelo de soja (Barbosa & Gattás, 2004).

A torta de algodão possui um princípio tóxico, denominado gossipol, que está presente na torta na forma livre ou sob a forma ligada, conjugada à lisina, sendo que esta forma não provoca efeitos tóxicos para suínos e aves, pois não é absorvida pelo TGI e na forma livre causa efeito tóxico. As poedeiras são mais sensíveis à forma livre e níveis iguais ou superiores a 0,024% já reduzem a produção de ovos e a eclodibilidade e, em nível acima de 0,05% de gossipol livre as galinhas produzem ovos com gemas verde oliva (Ezequiel, 2002).

O gossipol é um composto altamente reativo, que se liga rapidamente a diferentes substâncias, incluindo minerais e aminoácidos. Dentre os minerais aos quais ocorre a ligação, o principal é o ferro, dando origem ao complexo gossipol-ferro. Como o ferro presente neste complexo não é utilizado desenvolve-se uma deficiência neste metal, afetando principalmente a eritropoiese (Soto-Blanco, 2008). O gossipol também promove depressão significativa de albumina, globulinas, proteína total (Risco et al., 1992).

De acordo com Butolo (2002) altos níveis de gossipol podem ser tolerados se sais de ferro são adicionados a dieta na base de 1 a 2 ppm para cada ppm de gossipol

livre, entretanto, Ezequiel (2002) sugere a adição de quatro partes de sulfato ferroso para cada parte de gossipol livre.

A utilização de enzimas na alimentação de aves tem aumentado significativamente ao longo dos últimos anos, na tentativa de reduzir os custos das dietas, melhorar a conversão alimentar, e minimizar a excreção de nutrientes não digestíveis no meio ambiente, diminuindo a poluição ambiental e contribuindo também para melhorar o valor nutricional dos ingredientes, reduzindo a viscosidade da digesta e, conseqüentemente, aumentando a digestibilidade dos nutrientes (Rosa e Uttpatel, 2007).

Enzimas são proteínas globulares que agem como catalisadores biológicos, aumentando a velocidade das reações no organismo, sem serem, elas próprias, alteradas neste processo (Champe & Harvey, 1989; Fireman & Fireman, 1998). As enzimas digestivas têm um sítio ativo que permite suas atuações na ruptura de uma determinada ligação química (Penz Jr., 1998). Somente atuam em condições específicas de temperatura, pH e umidade (Bühler et al., 1998).

Algumas enzimas utilizadas em rações de aves são: xilanase, glucanase e pectinase que atuam na redução da viscosidade da digesta, celulasas auxiliam na degradação da celulose e liberação de nutrientes, proteases atuam na degradação de proteínas, amilases atuam na degradação do amido, fitase melhora a utilização do fósforo dos vegetais e na remoção do ácido fítico (Cleophas et al., 1995).

Considerando os fatos exposto, com esta pesquisa objetivou-se avaliar o desempenho produtivo e a qualidade dos ovos de galinhas poedeiras semipesadas alimentadas com rações com substituição da proteína do farelo de soja pela proteína da torta de algodão suplementada com sulfato de ferro com ou sem adição de complexo multienzimático.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram desenvolvidos nas instalações da granja OVONOVO, situada no município de Caruaru localizada no agreste de Pernambuco, tendo início em outubro de 2012. A granja está localizada em região de clima tropical do tipo semiárido, mas que devido à altitude modesta (554,8 m) apresenta um quadro de aridez menos severa. Fica a 140 km do litoral (Latitude: 08°17'00''S; Longitude: 35°58'34''W) e está sujeito ao regime de chuvas de outono-inverno típicas da zona leste oriental do Nordeste.

Foi realizado um ensaio de desempenho com aves de 36 semanas de idade, onde inicialmente 600 poedeiras da linhagem Dekalb Brown as aves foram pesadas, distribuídas uniformemente nas gaiolas e tiveram sua produção de ovos acompanhada por um período de 14 dias. Em seguida os tratamentos foram distribuídos uniformemente de acordo com a produção de ovos de cada parcela, de forma a garantir a homogeneidade nas unidades experimentais. Então realizou-se um período de adaptação de 7 dias das aves para cada tratamento, posteriormente iniciou-se o período experimental.

No período experimental foram utilizadas 480 aves, alojadas em gaiolas de aço galvanizado (1,00x0,40x0,45m), com dez aves por unidade experimental equipadas com comedouro tipo calha e bebedouro tipo copo. O ensaio de desempenho teve duração de 28 dias, onde as aves receberam ração e água à vontade e foram submetidas a um programa de luz de 17 horas diárias. A mortalidade das aves em experimento também foi registrada.

Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado composto de oito tratamentos e seis repetições de dez aves por unidade experimental.

Os tratamentos do período experimental foram divididos em dois grupos: as dietas sem adição de complexo enzimático e as dietas com adição do complexo enzimático, cada grupo com quatro dietas, sendo elas: uma dieta controle e três níveis de inclusão de torta de algodão, 11,1%, 20,1% e 25,2% para os grupos sem adição de complexo enzimático e 10,7%, 18,2% e 20,8%, para os grupos com adição de complexo enzimático.

Para o cálculo das dietas experimentais foi considerado a composição da torta de algodão determinada por Tavares-Samay (2012), uma vez que a matéria prima foi obtida da mesma fonte de fornecimento (tabela 1).

Tabela 1 – Composição química da torta de algodão, com base na matéria natural

Nutrientes	Torta de algodão
Matéria Seca, %	94,58
Proteína Bruta, %	24,28
Matéria Mineral, %	5,38
Cálcio, %	0,23
Fosforo disponível, %	0,29
Sódio, %	0,04
Potássio, %	0,6
Gordura livre, %	0,047
Fibra bruta, %	23,09
Energia Metabolizável Aparente, kcal/kg	1878
Aminoácidos Digestíveis	
Metionina, %	0,35
Metionina + Cistina, %	0,64
Lisina, %	0,91
Treonina, %	0,67
Triptofano, %	0,39
Arginina, %	2,55
Isoleucina, %	0,84
Leucina, %	1,29
Valina, %	1,00
Histidina, %	0,61
Fenilalanina, %	1,26

Valores determinados em experimentos prévios realizados por Tavares-Samay (2012).

Foram formuladas rações para o experimento com base nos ingredientes disponíveis na granja, que na época do mesmo eram milho, milho e soja (Tabela 2).

Tabela 3 – Composição percentual das dietas experimentais em função dos níveis de inclusão da torta de algodão para o segundo período experimental

Ingredientes	Níveis de inclusão de torta de algodão sem adição de enzimas (%)				Níveis de inclusão de torta de algodão com adição de enzimas (%)			
	0%	11,1%	20,1%	25,2%	0%	10,7%	18,2%	20,8%
Milheto	8,7	4,6	17,2	49,7	31,6	1,8	18,0	56,9
Milho	56,8	51,8	33,7	---	40,2	57,9	37,4	---
Far. Soja	19,9	15,0	10,0	5,0	15,2	15,0	10,0	5,0
Algodão	---	11,1	20,1	25,2	---	10,7	18,2	20,8
Calcário	8,75	8,84	8,91	8,97	8,92	8,86	8,92	8,96
Óleo Soja	1,60	4,70	6,29	7,20	---	1,72	3,45	4,50
Farinha Osso	2,94	2,58	2,34	2,20	2,75	2,57	2,39	2,21
Sal Comum	0,45	0,45	0,45	0,46	0,48	0,44	0,45	0,46
Bionit	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Premix ¹	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Sulf. Ferro	---	0,05	0,05	0,05	---	0,05	0,05	0,05
Sulf. Potássio	---	0,04	0,11	0,22	---	0,10	0,20	0,25
L-Lys.	---	0,03	0,09	0,17	0,08	0,03	0,10	0,19
DL-Met.	0,18	0,19	0,19	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
L-Threo.	---	---	---	0,01	---	---	---	---
Enzima	---	---	---	---	0,03	0,03	0,03	0,03
Inerte	0,03	0,03	0,03	0,03	---	---	---	---
Total	100	100	100	100	100	100	100	100
Nutrientes e Energia								
	0%	11,1%	20,1%	25,2%	0%	10,7%	18,2%	20,8%
EM (kcal/kg)	2,86	2,86	2,86	2,86	2,86	2,86	2,86	2,86
PB, %	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8
Cálcio, %	3,85	3,85	3,85	3,85	3,88	3,85	3,85	3,85
Fósf. Dig. , %	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
Met. Dig. , %	0,41	0,41	0,41	0,42	0,41	0,40	0,41	0,42
M+C. Dig. , %	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62
Lys. Dig. , %	0,68	0,68	0,68	0,68	0,69	0,68	0,68	0,68
Thr. Dig. , %	0,56	0,53	0,52	0,52	0,55	0,54	0,52	0,52
Trip. Dig. , %	0,17	0,17	0,18	0,19	0,16	0,16	0,18	0,19
Sódio, %	0,21	0,21	0,21	0,21	0,22	0,21	0,21	0,21
Potássio, %	0,58	0,56	0,54	0,54	0,54	0,60	0,60	0,60
Gordura, %	4,73	7,38	8,83	9,83	3,43	4,78	6,44	6,44
FB, %	2,34	5,23	7,00	7,82	2,69	4,49	6,22	6,22

¹ Adsorvente de aflotoxinas (micotoxina);

² Quantidade/kg de Produto: vit. A 8000000 UI, vit. D3 2000000 UI, vit. E 15000 mg, vit. K3 1960 mg, vit. B2 4000 mg, vit. B6 1000 mg, vit. B12 10000 mcg, niacina 19800 mg, ác. pantotênico 5350 mg, ác. fólico 200 mg, manganês, 32500 mg, zinco 5000 mg, ferro 20000 mg, cobre 4000 mg, iodo 1500 mg, selênio 250 mg, cobalto 200 mg, antioxidante 100000 mg.

Para os tratamentos com adição de complexo enzimático foi aplicada uma valorização de 3,5% (valor sugerido pelo fabricante) dos ingredientes no cálculo da ração, aplicados aos valores dos nutrientes e da energia, para que as rações ao serem calculadas com esses ingredientes valorizados tivessem um déficit de 3,5% de cada nutriente e energia, gerando rações com diferentes composições.

As rações foram formuladas de forma a serem isoenergéticas e isoprotéicas atendendo as recomendações para categoria de aves semi-pesadas de acordo com os dados contidos na Tabela Brasileira para Aves e Suínos (Rostagno et al. 2011).

O complexo enzimático foi disponibilizado pela Bioenzima Ltda. contendo celulase, pectinase, β -glucanase, xilanase, protease, fitase e amilase.

Durante todo o período experimental os ovos foram coletados diariamente três vezes ao dia, no início da manhã (07:00), no meio do dia (11:00) e no fim da tarde (16:00), colocados em bandejas devidamente identificadas e ao final do dia os mesmos eram contabilizados e pesados, para obtenção do peso médio e do percentual de postura. Ao final de cada semana as sobras de ração foram pesadas para determinação do consumo de ração semanal. Com a produção de ovos (%), os pesos médios dos ovos (g) da semana e o consumo de ração (g) foram calculados: consumo de ração em gramas por ave por dia e a conversão alimentar por massa de ovo e por dúzia de ovo. Para o cálculo das conversões alimentares foram utilizadas as formulas:

Conversão alimentar (Kg/Kg) = Média de Consumo de Ração / peso médio do ovo

Conversão alimentar (Kg/dúzia) = Média de Consumo de Ração / dúzia do ovo

No período final de cada ciclo, seis ovos por unidade experimental foram avaliados quanto aos parâmetros de qualidade dos ovos: peso do ovo (g), gravidade específica, cor da gema, altura de albúmen (mm), peso da gema (g), peso da casca (g) e espessura da casca (mm), sendo posteriormente calculadas as percentagens de gema, albúmen e casca e a unidade Haugh, que foi calculado pela fórmula:

$$UH = 100 \log (h - 1,7 \times W^{0,37} + 7,57),$$

Sendo: UH: Unidade Haugh; h: altura do albúmen, em milímetro; w: o peso do ovo, em grama.

Para avaliar a gravidade específica os ovos foram imersos em seis baldes com gravidades específicas diferentes, 1,075, 1,080, 1,085, 1,090, 1,095, 1,100, obtidas por diferentes concentrações de sal e água e aferido com uso de densímetro. A avaliação de cor da gema foi feita por comparação utilizando um leque de escala colorimétrica, a altura de albúmen e espessura da casca foram medidas com a utilização de um paquímetro digital. Por fim as cascas foram lavadas e postas para secar ao ar pelo período de 12 horas para posteriormente serem pesadas.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo Teste Dunnet. O pacote computacional utilizado para as análises estatísticas foi o SAS versão 9.0 (2003). As diferenças foram consideradas significativas quando $P < 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 8 estão apresentados às médias da produção de ovos, peso do ovo, consumo de ração, conversão alimentar em kg de ração/kg de ovo e conversão alimentar

em kg de ração/dúzia de ovos para as dietas sem adição de complexo enzimático e com diferentes níveis de inclusão de torta de algodão.

Como pode ser observado não houve diferença estatística significativa ($p < 0,05$) para a produção de ovos, peso dos ovos e conversão alimentar em kg de ração/kg de ovo pelo teste de Dunnet. Entretanto, para conversão alimentar em kg de ração/dúzia de ovos apenas o nível de inclusão de 20,1% não foi semelhante a dieta controle. O mesmo padrão não ocorreu com o consumo de ração, onde todos os níveis de inclusão foram superiores ao tratamento controle.

Tabela 8 – Médias da produção de ovos, peso dos ovos, consumo de ração, conversão alimentar em kg de ração/kg de ovo, conversão alimentar em kg de ração/dúzia de ovos para os tratamentos sem adição de complexo enzimático

Parâmetros	Níveis de inclusão de T.A.				
	0	11,1	20,1	25,2	CV
Produção de ovos, %	83,43	86,12	81,61	88,68	6,15
Peso dos ovos, g	59,01	61,01	60,00	60,87	2,89
Consumo de ração, g/dia	96,26a	104,64b	105,19b	111,99b	4,71
Conversão alimentar, g/g	1,96	2,00	2,17	2,03	6,97
Conversão alimentar, g/dúzia	1,39a	1,46a	1,56b	1,48a	6,51

Médias seguidas por letras diferentes nas linhas diferem estatisticamente pelo teste de Dunnet ($p < 0,05$); P: probabilidade.

O consumo de ração foi semelhante entre os diferentes níveis de inclusão de torta de algodão, porém divergiram da dieta controle que teve um consumo abaixo do esperado em relação a sua categoria/peso/idade e atrelado a uma boa produção levou a melhor conversão alimentar em kg de ração/dúzia de ovos ao nível de 0% inclusão.

Na tabela 9 estão apresentadas as médias da percentagem de casca, percentagem de gema, percentagem de albúmen, gravidade específica, cor da gema, altura de

albúmen, espessura da casca e unidade Haugh para as dietas sem adição de complexo enzimático e com diferentes níveis de inclusão de torta de algodão.

Como pode ser observado não houve diferença estatística significativa ($p < 0,05$) para a percentagem de casca e gravidade específica pelo teste de Dunnet. Entretanto, para a percentagem de gema e cor da gema apenas o nível de 11,1% de inclusão de torta de algodão foi significativamente semelhante ao tratamento controle. já para a altura de albúmen e unidade Haugh, apenas o nível de 20,1% foi diferiu estatisticamente da dieta controle. O mesmo padrão não ocorreu com a percentagem de albúmen e espessura da casca, onde nenhum nível de inclusão não foi semelhante ao tratamento controle.

Tabela 9 – Médias da percentagem de casca, percentagem de gema, percentagem de albúmen, gravidade específica, cor da gema, altura de albúmen, espessura da casca e unidade Haugh para os tratamentos sem adição de complexo enzimático

Parâmetros	Níveis de inclusão de T.A.				CV
	0	11,1	20,1	25,2	
Percentagem de casca, %	10,17	10,28	10,29	10,39	2,68
Percentagem de gema, %	23,89a	24,73a	25,23b	25,15b	2,20
Percentagem de albúmen, %	65,92a	64,91b	64,48b	64,70b	0,96
Gravidade específica	1,093	1,092	1,092	1,091	0,17
Cor da gema	4,14a	4,15a	3,78b	3,63b	5,34
Altura de albúmen, mm	9,54a	9,13a	8,68b	8,98a	6,03
Espessura da casca, mm	0,35a	0,38b	0,37b	0,38b	2,46
Unidade Haugh	96,95a	94,13a	91,69b	93,71a	3,53

Médias seguidas por letras diferentes nas linhas diferem estatisticamente pelo teste de Dunnet ($p < 0,05$); P: probabilidade.

A qualidade do albúmen teve seu melhor desempenho ao nível de 0%, pois a percentagem de albúmen, altura de albúmen e unidade Haugh tiveram suas maiores médias nesse nível.

Em relação à cor da gema pode ser observado que os tratamentos com menor nível de inclusão apresentaram cores mais intensas, provavelmente devido ao fato de que, apesar da torta de algodão possuir uma grande quantidade de pigmentos, os mesmos proporcionam uma coloração esverdeada em tons escuros e opacos, já o milho, que também possui uma boa quantidade de pigmentos, deixa a gema com uma cor laranja com tons mais claros e intensos.

Na tabela 10 estão apresentados às médias da produção de ovos, peso do ovo, consumo de ração, conversão alimentar em kg de ração/kg de ovo e conversão alimentar em kg de ração/dúzia de ovos para as dietas com adição de complexo enzimático e com diferentes níveis de inclusão de torta de algodão.

Como pode ser observado não houve diferença estatística significativa ($p < 0,05$) para nenhum dos parâmetros de produção pelo teste de Dunnet.

Tabela 10 – Médias da produção de ovos, peso dos ovos, consumo de ração, conversão alimentar em kg de ração/kg de ovo, conversão alimentar em kg de ração/dúzia de ovos para os tratamentos com adição de complexo enzimático

Parâmetros	Níveis de inclusão de T.A.				CV
	0	10,7	18,2	20,8	
Produção de ovos, %	84,65	87,80	83,19	84,96	6,62
Peso dos ovos, g	60,52	60,53	60,39	60,40	2,42
Consumo de ração, g/dia	106,04	106,18	107,95	105,68	8,96
Conversão alimentar, g/g	2,08	2,00	2,16	2,05	7,90
Conversão alimentar, g/dúzia	1,51	1,45	1,56	1,49	8,29

Médias seguidas por letras diferentes nas linhas diferem estatisticamente pelo teste de Dunnet ($p < 0,05$); P: probabilidade.

Apata (2010) ao avaliar a inclusão de 15% de torta de algodão sem suplementação de ferro, com adição de complexo enzimático (amilase, glucanase,

celulase, pectinase, xilanase, fitase e protease) ou com adição de sulfato ferroso a 0,2%, observou que os parâmetros de consumo de ração, produção de ovos/dia e peso dos ovos foram semelhantes entre si, porém tiveram um pior desempenho em relação ao tratamento controle, à base de milho e farelo de soja. Resultados contrários foram obtidos em nossa pesquisa, onde de forma geral não houve diferença estatística para esses parâmetros em relação a dieta controle, tendo apenas um menor consumo e menor conversão alimentar em kg de ração/dúzia de ovos, para os tratamentos sem adição de complexo enzimático.

Na tabela 11 estão apresentadas as médias da percentagem de casca, percentagem de gema, percentagem de albúmen, gravidade específica, cor da gema, altura de albúmen, espessura da casca e unidade Haugh para as dietas com adição de complexo enzimático e com diferentes níveis de inclusão de torta de algodão.

Tabela 11 – Médias da percentagem de casca, percentagem de gema, percentagem de albúmen, gravidade específica, cor da gema, altura de albúmen, espessura da casca e unidade haugh para os tratamentos com adição de complexo enzimático

Parâmetros	Níveis de inclusão de T.A.				CV
	0	10,7	18,2	20,8	
Percentagem de casca, %	10,09a	10,14a	10,18a	10,53b	2,52
Percentagem de gema, %	24,94	24,41	25,00	25,22	2,66
Percentagem de albúmen, %	64,97	65,57	64,83	64,25	1,16
Gravidade específica	1,091	1,091	1,091	1,093	0,17
Cor da gema	4,17	4,18	3,86	3,95	5,61
Altura de albúmen, mm	8,91	8,89	8,70	8,98	4,21
Espessura da casca, mm	0,34a	0,36a	0,37b	0,39b	3,51
Unidade Haugh	93,52	93,51	92,34	94,01	1,81

Médias seguidas por letras diferentes nas linhas diferem estatisticamente pelo teste de Dunnet ($p < 0,05$); P: probabilidade.

Como pode ser observado não houve diferença estatística significativa ($p < 0,05$) para a percentagem de gema, percentagem de albúmen, gravidade específica, cor da gema, altura de albúmen e unidade Haugh pelo teste de Dunnet. Entretanto, para a percentagem de casca apenas o nível de 20,8% de inclusão de torta de algodão foi significativamente diferente do tratamento controle. Já para a espessura da casca apenas o nível de inclusão de 10,7% foi semelhante à dieta controle.

De forma geral, quanto maior foi a inclusão de torta de algodão, maiores foram as espessuras de casca, portanto a inclusão de torta de algodão melhorou a espessura da casca já que de acordo com Stadelman (1977) a esse parâmetro é uma das melhores medidas da qualidade da casca, que é confirmado pela maior percentagem de casca ao nível de 20,8% de inclusão, para as dietas com adição de complexo enzimático.

Essa melhor qualidade da casca para os tratamentos com utilização de complexo enzimático, pode ser explicado por a uma possível solubilização do cálcio devido atuação da fitase do complexo enzimático, quebrando o fitato que tem propriedade antinutricional, comprometendo a utilização do cálcio e minerais-traços (Selle & Ravindran, 2007).

Adeyemo e Longe (2008) ao estudarem o efeito da utilização de níveis crescentes de torta de algodão para dietas de galinhas poedeiras, até 60% de substituição da proteína do farelo de soja pela proteína da torta de algodão, sobre a produção e a qualidade dos ovos, não observaram diferença estatística significativa nos diferentes níveis de substituição para os parâmetros de consumo de ração, produção conversão alimentar em kg de ração /kg de ovo, espessura de casca, altura de albúmen, peso dos ovos e unidade Haugh. Resultados diferentes foram observados nesse estudo, onde os tratamentos sem utilização de complexo enzimático, para os parâmetros de consumo de ração, altura de albúmen, espessura da casca e unidade Haugh. Já para a produção de

ovos, peso dos ovos e conversão alimentar (kg de ração por/kg de ovo), os resultados se assemelham, não sendo observada diferença estatística significativa.

Rodrigues et al (2008) observaram em experimento onde foi avaliado o efeito de níveis crescentes do farelo de algodão, até 12% de inclusão na ração de poedeiras comerciais com ou sem a suplementação de fitase, que não houve diferença estatística significativa nos níveis de inclusão do farelo de algodão para o consumo de ração, produção de ovos, peso dos ovos, conversão alimentar em kg de ração/kg de massa de ovo, gravidade específica e espessura de casca, nem para o resultado da inclusão da fitase, excetuando-se para o consumo de ração que foi maior para os tratamentos com suplementação de fitase, o que difere deste estudo, já que os tratamentos com adição do complexo enzimático, contendo fitase, não apresentaram diferença estatística significativa para o consumo de ração. Porém, para espessura de casca, foi observado diferença estatística significativa ($p < 0,05$) nesse estudo.

Em estudo onde foi avaliado o efeito da utilização de torta de algodão sobre a desempenho de galinhas poedeiras, Reddy et al (1999) observaram que não houve diferença estatística significativa para produção de ovos, consumo de ração, conversão alimentar em kg de ração/dúzia de ovos, peso do ovo, espessura de casca e cor da gema. Resultados diferentes foram observados nesse estudo, onde os tratamentos sem utilização de complexo multi enzimático, para os parâmetros de produção de ovos, consumo de ração, espessura da casca e cor da gema. Já para o peso dos ovos e conversão alimentar (kg de ração por/dúzia de ovos), os resultados se assemelham, não sendo observada diferença estatística significativa. Porém quando se utilizou o complexo enzimático, os resultados de desempenho e qualitativos se assemelham evidenciando efeito significativo no uso das enzimas, mesmo com uma redução em 3,5% nos valores nutricionais. Vale ressaltar que a redução na quantidade de torta de

algodão na ordem de 4,4%, compensou financeiramente o custo da inclusão do complexo enzimático.

CONCLUSÃO

Pode-se utilizar a torta de algodão até o nível de 25,2% ou 20,8% de inclusão sem e com adição de complexo enzimático, respectivamente.

REFERENCIAS

Adeyemo, G.O., e Longe, O.G. 2008. Effects of Cottonseed Cake Based Diets on Performance and Egg Quality Characteristics of Layers. *Pakist. Jour. of Nutr.* 7 (4): 597-602.

Apata, D.F. 2010. Effects of treatment methods on the nutritional value of cotton seed cake for laying hens. *Inter Jour. of Poult. Sci.* 9 (6): 602-605.

Champe, P.C., e Harvey, R. A. Enzimas. in: *Bioquímica ilustrada*. 2.ed. São Paulo: Artes Médicas, 1989. p.53-66.

Cleóphas, G.M.L., Van Hartingsveldt, W., Somers, W.A.C. et al. 1995. Enzymes can play an important role in poultry nutrition. *World Poult.*, 11(4):12-15.

Barbosa, F. F., e Gattás, G. 2004. Farelo de algodão na alimentação de suínos e aves. *Rev. eletr. Nutritime.* 15:147- 156.

Bühler, M., Limper, J., Müller, A. et al. 1998. *Las enzimas en la nutrición animal*. 1.ed. bonn: awt. 47p.

Butolo, J. E. 2002. *Qualidade de ingredientes na alimentação animal*. campinas: pfizer Saúde Animal. 430p.

Ezequiel, J. M. B. 2002. Farelo de algodão como fonte alternativa de proteína alternativa de origem vegetal. in: *simpósio sobre ingredientes na alimentação animal*. Campinas, São Paulo. anais. Campinas:cbna. p.137-161.

Lima, R. A. *Torta de algodão e complexo enzimático em dietas de poedeiras comerciais.*

Fireman, F. A. T., e Fireman, A. K. B. A. T. 1998. Enzimas na alimentação de suínos. *Ciência Rural*. 28:173-178.

Penz jr., A. M. 1998. Enzimas em rações para aves e suínos. in: reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia, 35., 1998, Botucatu. simpósio sobre Aditivos na Produção de Ruminantes e Não Ruminantes. anais. Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia. 398p. p.165-178.

Reddy,G.S., Reddy, P.S., Reddy, P.V.V.S. 1999. Effect of dietary cotton seed cake on the performance of layers. *Ind. Jour. of Anim. Nutr.* 16 (4), 295 - 300.

Risco C.A., Holmberg C.A., e Kutches A. 1992. Effect of graded concentrations of gossypol on calf performance: toxicological and pathological considerations. *Jour. of Dairy Sci.* 75:2787-2798.

Rodrigues, H.M., Silva, J.H.V., Ribeiro, M.L.G., et al. 2008. Inclusão do farelo de algodão “boiadeiro” na ração de poedeiras comerciais suplementadas ou não com fitase. *Zootec. João Pessoa, PB – UFPB/ABZ*

Rosa, A. P., Uttpatel, R. 2007. Uso de enzimas em dietas para frangos de corte. in: viii 660 simpósio brasil sul de avicultura. 2007. anais. Chapecó.

Rostagno, H. S., Albino, L.F.T., Donzele, J.L., et al. 2011. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais – 3. ed. Viçosa, MG: UFV, DZO.

SAS Institute. *sas/stat: guide for personal computer; version 9.1.* Cary. 2003. 235p.

Stadelman, W., 1977. Egg quality of selected poultry breeds. *Poult. Sci.* 20: 205-212.

Soto-Blanco B. 2008. Gossipol e fatores anti-nutricionais da soja, p.531-545. In: Spinosa H.S., Górnaiak S.L. & Palermo Neto J. (ed.) *Toxicologia Aplicada à Veterinária.* Manole, São Paulo.

Lima, R. A. Torta de algodão e complexo enzimático em dietas de poedeiras comerciais.

Tavares-Samay, A. M. A. Avaliação nutricional e energética do farelo de algodão com ou sem suplementação enzimática para frangos de corte. 2012 (Dissertação Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife - PE. 2012.

ANEXOS

Manuscript preparation: Style and form

General

Papers must be written in English. The text and all supporting materials must use American spelling and usage as given in *The American Heritage Dictionary*, *Webster's Third International Dictionary*, or the *Oxford American English Dictionary*. Authors should follow the style and form recommended in *Scientific Style and Format. The CBE Manual for Authors, Editors, and Publishers*. 6th ed. Council of Biology Editors Style Manual Committee. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK.

Manuscripts should be prepared with Microsoft Word and uploaded using the fewest files possible to facilitate the review and editing process.

Authors whose primary language is not English are strongly encouraged to use an English-language service to facilitate the preparation of their manuscript. A partial list of services can be found in the *Poultry Science* Manuscript checklist.

Preparing the Manuscript File

Manuscripts should be typed double-spaced, with lines and pages numbered consecutively, using Times New Roman font at 12 points. All special characters (e.g., Greek, math, symbols) should be inserted using the symbols palette available in this font. Complex math should be entered using MathType from Design Science (<http://www.dessci.com>). Equations created using the new Equation Builder feature in Microsoft Word 2007 may not be compatible with earlier versions of Word or other software used in our journal composition system. Tables and figures should be placed in separate sections at the end of the manuscript (not placed in the text). Failure to follow these instructions may result in an immediate rejection of the manuscript.

Headings

Major Headings. Major headings are centered (except ABSTRACT), all capitals, boldface, and consist of ABSTRACT, INTRODUCTION, MATERIALS AND METHODS, RESULTS, DISCUSSION (or RESULTS AND DISCUSSION), ACKNOWLEDGMENTS (optional), APPENDIX (optional), and REFERENCES.

First Subheadings. First subheadings are placed on a separate line, begin at the left margin, the first letter of all important words is capitalized, and the headings are boldface and italic. Text that follows a first subheading should be in a new paragraph.

Second Subheadings. Second subheadings begin the first line of a paragraph. They are indented, boldface, italic, and followed by a period. The first letter of each important word should be capitalized. The text follows immediately after the final period of the subheading.

Title Page

The title page shall begin with a running head (short title) of not more than 45 characters. The running head is centered, is in all capital letters, and shall appear on the top of the title page. No abbreviations should be used.

The title of the paper must be in boldface; the first letter of the article title and proper names are capitalized, and the remainder of the title is lowercase. The title must have no abbreviations, and numbers must be given in words rather than in numerals (e.g., One-Day-Old Broilers).

Under the title, names of authors should be typed (first name or initial, middle initial, last name). Affiliations will be footnoted using the following symbols: *, †, ‡, §, #, ¶, and be placed below the author names. Do not give authors' titles, positions, or degrees. Numbered footnotes may be used to provide supplementary information, such as present address, acknowledgment of grants, and experiment station or journal series number. The corresponding author should be indicated with a numbered footnote (e.g., 1Corresponding author: myname@university.edu). Note that there is no period after the corresponding author's e-mail address.

The title page shall include the name and full address of the corresponding author. Telephone and FAX numbers and e-mail address must also be provided. The title page must indicate the appropriate scientific section for the paper (i.e., Education and Production; Environment, Well-Being, and Behavior; Genetics; Immunology, Health, and Disease; Metabolism and Nutrition; Molecular, Cellular, and Developmental Biology; Physiology, Endocrinology, and Reproduction; or Processing, Products, and Food Safety).

Authors may create a full title page as a one-page document, in a file separate from the rest of the paper. This file can be uploaded and marked "not for review."

Authors who choose to upload manuscripts with a full title page at the beginning will have their papers forwarded to reviewers as is.

Abbreviations

Author-derived abbreviations should be defined at first use in the abstract and again in the body of the manuscript. The abbreviation will be shown in bold type at first use in the body of the manuscript. Refer to the Miscellaneous Usage Notes for more information on abbreviations.

Abstract

The Abstract disseminates scientific information through abstracting journals and through convenience for the readers. The Abstract, consisting of not more than 325 words, appears at the beginning of the manuscript with the word ABSTRACT without a following period. It must summarize the major objectives, methods, results, conclusions, and practical applications of the research. The Abstract must consist of complete sentences and use of abbreviations should be limited. References to other work and footnotes are not permitted. The Abstract and Key Words must be on a separate sheet of paper.

Key Words

The Abstract shall be followed by a maximum of five key words or phrases to be used for subject indexing. These should include important words from the title and the running head and should be singular, not plural, terms (e.g., broiler, not broilers). Authors should consult a current "Subject Index" in *Poultry Science* for additional key words. Key words should be formatted as follows: **Key words:** . . .

Introduction

The Introduction, while brief, should provide the reader with information necessary for understanding research presented in the paper. Previous work on the topic should be summarized, and the objectives of the current research must be clearly stated.

Materials and Methods

All sources of products, equipment, and chemicals used in the experiments must be specified parenthetically at first mention in text, tables, and figures [i.e., (model 123,

ABC Corp., Provo, UT)]. Model and catalog numbers should be included. Information shall include the full corporate name (including division, branch, or other subordinate part of the corporation, if applicable), city, and state (country if outside the United States), or Web address. Street addresses need not be given unless the reader would not be able to determine the full address for mailing purposes easily by consulting standard references.

Age, sex, breed, and strain or genetic stock of animals used in the experiments shall be specified. Animal care guidelines should be referenced if appropriate. Papers must contain analyzed values for those dietary ingredients that are crucial to the experiment. Papers dealing with the effects of feed additives or graded levels of a specific nutrient must give analyzed values for the relevant additive or nutrient in the diet(s). If products were used that contain different potentially active compounds, then analyzed values for these compounds must be given for the diet(s). Exceptions can only be made if appropriate methods are not available. In other papers, authors should state whether experimental diets meet or exceed the National Research Council (1994) requirements as appropriate. If not, crude protein and metabolizable energy levels should be stated. For layer diets, calcium and phosphorus contents should also be specified.

When describing the composition of diets and vitamin premixes, the concentration of vitamins A and E should be expressed as IU/kg on the basis of the following equivalents:

Vitamin A

1 IU = 0.3 µg of all-*trans* retinol

1 IU = 0.344 µg of retinyl acetate

1 IU = 0.552 µg of retinyl palmitate

1 IU = 0.60 µg of β-carotene

Vitamin E

1 IU = 1 mg of DL-α-tocopheryl acetate

1 IU = 0.91 mg of DL-α-tocopherol

1 IU = 0.67 mg of DL-α-tocopherol

In the instance of vitamin D3, cholecalciferol is the acceptable term on the basis that 1 IU of vitamin D3 = 0.025 µg of cholecalciferol.

The sources of vitamins A and E must be specified in parentheses immediately following the stated concentrations.

Statistical Analysis. Biology should be emphasized, but the use of incorrect or inadequate statistical methods to analyze and interpret biological data is not acceptable. Consultation with a statistician is recommended. Statistical methods commonly used in the animal sciences need not be described in detail, but adequate references should be provided. The statistical model, classes, blocks, and experimental unit must be designated. Any restrictions used in estimating parameters should be defined. Reference to a statistical package without reporting the sources of variation (classes) and other salient features of the analysis, such as covariance or orthogonal contrasts, is not sufficient. A statement of the results of statistical analysis should justify the interpretations and conclusions. When possible, results of similar experiments should be pooled statistically. Do not report a number of similar experiments separately.

The experimental unit is the smallest unit to which an individual treatment is imposed. For group-fed animals, the group of animals in the pen is the experimental unit; therefore, groups must be replicated. Repeated chemical analyses of the same sample usually do not constitute independent experimental units. Measurements on the same experimental unit over time also are not independent and must not be considered as independent experimental units. For analysis of time effects, use time-sequence analysis.

Usual assumptions are that errors in the statistical models are normally and independently distributed with constant variance. Most standard methods are robust to deviations from these assumptions, but occasionally data transformations or other techniques are helpful. For example, it is recommended that percentage data between 0 and 20 and between 80 and 100 be subjected to arc sin transformation prior to analysis. Most statistical procedures are based on the assumption that experimental units have been assigned to treatments at random. If animals are stratified by ancestry or weight or if some other initial measurement should be accounted for, the model should include a blocking factor, or the initial measurement should be included as a covariate. A parameter [mean (μ), variance (σ^2)], which defines or describes a population, is estimated by a statistic (\bar{x} , s^2). The term **parameter** is not appropriate to describe a variable, observation, trait, characteristic, or measurement taken in an experiment. Standard designs are adequately described by name and size (e.g., "a randomized complete block design with 6 treatments in 5 blocks"). For a factorial set of treatments,

an adequate description might be as follows: "Total sulfur amino acids at 0.70 or 0.80% of the diet and Lys at 1.10, 1.20, or 1.30% of the diet were used in a 2×3 factorial arrangement in 5 randomized complete blocks consisting of initial BW." Note that **a factorial arrangement is not a design**; the term "design" refers to the method of grouping experimental units into homogeneous groups or blocks (i.e., the way in which the randomization is restricted).

Standard deviation refers to the variability in a sample or a population. The standard error (calculated from error variance) is the estimated sampling error of a statistic such as the sample mean. When a standard deviation or standard error is given, the number of degrees of freedom on which it rests should be specified. When any statistical value (as mean or difference of 2 means) is mentioned, its standard error or confidence limit should be given. The fact that differences are not "statistically significant" is no reason for omitting standard errors. They are of value when results from several experiments are combined in the future. They also are useful to the reader as measures of efficiency of experimental techniques. A value attached by " \pm " to a number implies that the second value is its standard error (not its standard deviation). Adequate reporting may require only 1) the number of observations, 2) arithmetic treatment means, and 3) an estimate of experimental error.

For more complex experiments, tables of subclass means and tables of analyses of variance or covariance may be included. When the analysis of variance contains several error terms, such as in split-plot and repeated measures designs, the text should indicate clearly which mean square was used for the denominator of each F statistic. Unbalanced factorial data can present special problems. Accordingly, it is well to state how the computing was done and how the parameters were estimated. Approximations should be accompanied by cautions concerning possible biases.

Contrasts (preferably orthogonal) are used to answer specific questions for which the experiment was designed; they should form the basis for comparing treatment means. Nonorthogonal contrasts may be evaluated by Bonferroni t statistics. The exact contrasts tested should be described for the reader. Multiple-range tests are not appropriate when treatments are orthogonally arranged. Fixed-range, pairwise, multiple-comparison tests should be used only to compare means of treatments that are unstructured or not related. Least squares means are the correct means to use for all data, but arithmetic means are identical to least squares means unless the design is unbalanced or contains missing values or an adjustment is being made for a covariate.

In factorial treatment arrangements, means for main effects should be presented when important interactions are not present. However, means for individual treatment combinations also should be provided in table or text so that future researchers may combine data from several experiments to detect important interactions. An interaction may not be detected in a given experiment because of a limitation in the number of observations.

The terms significant and highly significant traditionally have been reserved for $P < 0.05$ and $P < 0.01$, respectively; however, reporting the P -value is preferred to the use of these terms. For example, use ". . . there was a difference ($P < 0.05$) between control and treated samples" rather than ". . . there was a significant ($P < 0.05$) difference between control and treated samples." When available, the observed significance level (e.g., $P = 0.027$) should be presented rather than merely $P < 0.05$ or $P < 0.01$, thereby allowing the reader to decide what to reject. Other probability (α) levels may be discussed if properly qualified so that the reader is not misled. Do not report P -values to more than 3 places after the decimal. Regardless of the probability level used, failure to reject a hypothesis should be based on the relative consequences of type I and II errors. A "nonsignificant" relationship should not be interpreted to suggest the absence of a relationship. An inadequate number of experimental units or insufficient control of variation limits the power to detect relationships. Avoid the ambiguous use of $P > 0.05$ to declare nonsignificance, such as indicating that a difference is not significant at $P > 0.05$ and subsequently declaring another difference significant (or a tendency) at $P < 0.09$. In addition, readers may incorrectly interpret the use of $P > 0.05$ as the probability of a β error, not an α error.

Present only meaningful digits. A practical rule is to round values so that the change caused by rounding is less than one-tenth of the standard error. Such rounding increases the variance of the reported value by less than 1%, so that less than 1% of the relevant information contained in the data is sacrificed. Significant digits in data reported should be restricted to 3 beyond the decimal point, unless warranted by the use of specific methods.

Results and Discussion

Results and Discussion sections may be combined, or they may appear in separate sections. If separate, the Results section shall contain only the results and summary of the author's experiments; there should be no literature comparisons. Those

comparisons should appear in the Discussion section. Manuscripts reporting sequence data must have GenBank accession numbers prior to submitting. One of the hallmarks for experimental evidence is repeatability. Care should be taken to ensure that experiments are adequately replicated. The results of experiments must be replicated, either by replicating treatments within experiments or by repeating experiments.

Acknowledgments

An Acknowledgments section, if desired, shall follow the Discussion section. Acknowledgments of individuals should include affiliations but not titles, such as Dr., Mr., or Ms. Affiliations shall include institution, city, and state.

Appendix

A technical Appendix, if desired, shall follow the Discussion section or Acknowledgments, if present. The Appendix may contain supplementary material, explanations, and elaborations that are not essential to other major sections but are helpful to the reader. Novel computer programs or mathematical computations would be appropriate. The Appendix will not be a repository for raw data.

References

Citations in Text. In the body of the manuscript, refer to authors as follows: Smith and Jones (1992) or Smith and Jones (1990, 1992). If the sentence structure requires that the authors' names be included in parentheses, the proper format is (Smith and Jones, 1982; Jones, 1988a,b; Jones et al., 1993). Where there are more than two authors of one article, the first author's name is followed by the abbreviation et al. More than one article listed in the same sentence of text must be in chronological order first, and alphabetical order for two publications in the same year. Work that has not been accepted for publication shall be listed in the text as: "J. E. Jones (institution, city, and state, personal communication)." The author's own unpublished work should be listed in the text as "(J. Smith, unpublished data)." Personal communications and unpublished data must not be included in the References section.

References Section. To be listed in the References section, papers must be published or accepted for publication. Manuscripts submitted for publication can be cited as "personal communication" or "unpublished data" in the text.

Citation of abstracts, conference proceedings, and other works that have not been peer reviewed is strongly discouraged unless essential to the paper. Abstract and proceedings references are not appropriate citations in the Materials and Methods section of a paper.

In the References section, references shall first be listed alphabetically by author(s)' last name(s), and then chronologically. The year of publication follows the authors' names. As with text citations, two or more publications by the same author or set of authors in the same year shall be differentiated by adding lowercase letters after the date. The dates for papers with the same first author that would be abbreviated in the text as et al., even though the second and subsequent authors differ, shall also be differentiated by letters. All authors' names must appear in the Reference section. Journals shall be abbreviated according to the conventional ISO abbreviations given in journals database of the National Library of Medicine (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?db=journals>). One-word titles must be spelled out. Inclusive page numbers must be provided. Sample references are given below. Consult recent issues of *Poultry Science* for examples not included below.

Article:

Bagley, L. G., and V. L. Christensen. 1991. Hatchability and physiology of turkey embryos incubated at sea level with increased eggshell permeability. *Poult. Sci.* 70:1412-1418.

Bagley, L. G., V. L. Christensen, and R. P. Gildersleeve. 1990. Hematological indices of turkey embryos incubated at high altitude as affected by oxygen and shell permeability. *Poult. Sci.* 69:2035-2039.

Witter, R. L., and I. M. Gimeno. 2006. Susceptibility of adult chickens, with and without prior vaccination, to challenge with Marek's disease virus. *Avian Dis.* 50:354-365. doi:10.1637/7498-010306R.1

Book:

Metcalfe, J., M. K. Stock, and R. L. Ingermann. 1984. The effects of oxygen on growth and development of the chick embryo. Pages 205-219 in *Respiration and Metabolism of Embryonic Vertebrates*. R. S. Seymour, ed. Dr. W. Junk, Dordrecht, the Netherlands.

National Research Council. 1994. *Nutrient Requirements of Poultry*. 9th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.

Federal Register:

Department of Agriculture, Plant and Animal Health Inspection Service. 2004. Blood and tissue collection at slaughtering and rendering establishments, final rule. 9CFR part 71. Fed. Regist. 69:10137-10151.

Other:

Choct, M., and R. J. Hughes. 1996. Long-chain hydrocarbons as a marker for digestibility studies in poultry. Proc. Aust. Poult. Sci. Symp. 8:186. (Abstr.)

Dyro, F. M. 2005. Arsenic. WebMD. (<http://www.emedicine.com/neuro/topic20.htm>) Accessed Feb. 2006.

El Halawani, M. E., and I. Rosenboim. 2004. Method to enhance reproductive performance in poultry. Univ. Minnesota, assignee. US Pat. No. 6,766,767.

Hruby, M., J. C. Remus, and E. E. M. Pierson. 2004. Nutritional strategies to meet the challenge of feeding poultry without antibiotic growth promotants. Proc. 2nd Mid-Atlantic Nutr. Conf., Timonium, MD. Univ. Maryland, College Park.

Luzuriaga, D. A. 1999. Application of computer vision and electronic nose technologies for quality assessment of color and odor of shrimp and salmon. PhD Diss. Univ. Florida, Gainesville.

Peak, S. D., and J. Brake. 2000. The influence of feeding program on broiler breeder male mortality. Poult. Sci. 79(Suppl. 1):2. (Abstr.)

Tables

Tables must be created using the MS Word table feature and inserted in the manuscript after the references section. When possible, tables should be organized to fit across the page without running broadside. Be aware of the dimensions of the printed page when planning tables (use of more than 15 columns will create layout problems). Place the table number and title on the same line above the table. The table title does not require a period. Do not use vertical lines and use few horizontal lines. Use of bold and italic typefaces in the table body should be done sparingly; such use must be defined in a footnote. Each table must be on a separate page. To facilitate placement of all tables into the manuscript file (just after the references) authors should use "section breaks" rather than "page breaks" at the end of the manuscript (before the tables) and between tables.

Units of measure for each variable must be indicated. Papers with several tables must use consistent format. All columns must have appropriate headings.

Abbreviations not found on the inside front cover of the journal must be defined in each table and must match those used in the text. Footnotes to tables should be marked by superscript numbers. Each footnote should begin a new line.

Superscript letters shall be used for the separation of means in the body of the table and explanatory footnotes must be provided [i.e., "Means within a row lacking a common superscript differ ($P < 0.05$)."]; other significant P -values may be specified. Comparison of means within rows and columns should be indicated by different series of superscripts (e.g., a,b, . . . in rows; x z . . . in columns) The first alphabetical letter in the series (e.g., a or A) shall be used to indicate the largest mean. Lowercase superscripts indicate $P \leq 0.05$. Uppercase letters indicate $P \leq 0.01$ or less. Probability values may be indicated as follows: * $P \leq 0.05$, ** $P \leq 0.01$, *** $P \leq 0.001$, and † $P \leq 0.10$. Consult a recent issue of *Poultry Science* for examples of tables.

Figures

To facilitate review, figures should be placed at the end of the manuscript (separated by section breaks). Each figure should be placed on a separate page, and identified by the manuscript number and the figure number. A figure with multiple panels or parts should appear on one page (e.g., if Figure 1 has parts a, b, and c, place all of these on the same page). Figure captions should be typed (double spaced) on a separate page.

Figure Size. Prepare figures at final size for publication. Figures should be prepared to fit one column (8.9 cm wide), 2 columns (14 cm wide), or full-page width (19 cm wide).

Font Size. Ensure that all type within the figure and axis labels are readable at final publication size. A minimum type size of 8 points (after reduction) should be used.

Fonts. Use Helvetica or Times New Roman. Symbols may be inserted using the Symbol palette in Times New Roman.

Line Weight. For line graphs, use a minimum stroke weight of 1 point for all lines. If multiple lines are to be distinguished, use solid, long-dash, short-dash, and dotted lines. Avoid the use of color, gray, or shaded lines, as these will not reproduce well. Lines with different symbols for the data points may also be used to distinguish curves.

Axis Labels. Each axis should have a description and a unit. Units may be separated from the descriptor by a comma or parentheses, and should be consistent within a manuscript.

Shading and Fill Patterns. For bar charts, use different fill patterns if needed (e.g., black, white, gray, diagonal stripes). Avoid the use of multiple shades of gray, as they will not be easily distinguishable in print.

Symbols. Identify curves and data points using the following symbols only: □, ■, ○, ●, ▲, ▼, n, ,, e, r, +, or ×. Symbols should be defined in a key on the figure if possible.

File Formats. Figures can be submitted in Word, PDF, EPS, TIFF, and JPEG. Avoid PowerPoint files and other formats. For the best printed quality, line art should be prepared at 600 ppi. Grayscale and color images and photomicrographs should be at least 300 ppi.

Grayscale Figures. If figures are to be reproduced in grayscale (black and white), submit in grayscale. Often color will mask contrast problems that are apparent only when the figure is reproduced in grayscale.

Color Figures. If figures are to appear in color in the print journal, files must be submitted in CMYK color (not RGB).

Photomicrographs. Photomicrographs must have their unmagnified size designated, either in the caption or with a scale bar on the figure. Reduction for publication can make a magnification power designation (e.g., 100×) inappropriate.

Caption. The caption should provide sufficient information that the figure can be understood with excessive reference to the text. All author-derived abbreviations used in the figure should be defined in the caption.

General Tips. Avoid the use of three-dimensional bar charts, unless essential to the presentation of the data. Use the simplest shading scheme possible to present the data clearly. Ensure that data, symbols, axis labels, lines, and key are clear and easily readable at final publication size.

Color Figures. Submitted color images should be at least 300 ppi. The cost to publish each color figure is \$995; a surcharge for color reprints ordered will be assessed. Authors must agree in writing to bear the costs of color production after acceptance and prior to publication of the paper.