



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA**  
**CURSO DE ZOOTECNIA**

**THOMÁS RIBEIRO DE SALES**

**QUALIDADE ÓSSEA DE POEDEIRAS LEVES ALIMENTADAS COM RAÇÕES**  
**CONTENDO TORTA DE GIRASSOL E COMPLEXO ENZIMÁTICO**

**FORTALEZA**

**2019**

THOMÁS RIBEIRO DE SALES

QUALIDADE ÓSSEA DE POEDEIRAS LEVES ALIMENTADAS COM RAÇÕES  
CONTENDO TORTA DE GIRASSOL E COMPLEXO ENZIMÁTICO

Monografia apresentada ao Curso de graduação em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Zootecnia.

Orientador: Prof. Dr. Ednardo Rodrigues Freitas.

Coorientador: Dr. Rafael Carlos Nepomuceno.

FORTALEZA

2019

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

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

---

- S155q Sales, Thomás.  
QUALIDADE ÓSSEA DE POEDEIRAS LEVES ALIMENTADAS COM RAÇÕES CONTENDO  
TORTA DE GIRASSOL E COMPLEXO ENZIMÁTICO / Thomás Sales. – 2019.  
40 f.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências  
Agrárias, Curso de Zootecnia, Fortaleza, 2019.  
Orientação: Prof. Dr. Ednardo Rodrigues Freitas .  
Coorientação: Prof. Dr. Rafael Carlos Nepomuceno.
1. Alimentos alternativos. 2. Enzimas exógenas. 3. Subprodutos. I. Título.

CDD 636.08

---

THOMÁS RIBEIRO DE SALES

QUALIDADE ÓSSEA DE POEDEIRAS LEVES ALIMENTADAS COM RAÇÕES  
CONTENDO TORTA DE GIRASSOL E COMPLEXO ENZIMÁTICO

Monografia apresentada ao Curso de graduação em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título bacharel em Zootecnia.

Aprovada em: \_\_/\_\_/\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

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

---

Dr. Thalles Ribeiro Gomes (Conselheiro)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Ms. Carla Nágila Cordeiro (Conselheira)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Aos meus pais, Vera Ribeiro de Sales e Márcio Farias de Sales pelos ensinamentos e por serem o alicerce do caminho que eu percorri.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus Pais, por estarem ao meu lado em todos os momentos, que apesar de todas as dificuldades nunca deixaram me faltar nada.

À minha noiva Letícia Chaves Crisóstomo, por ser minha real companheira e pelas noites em claro me auxiliando de todas as maneiras possíveis.

Aos meu dois melhores amigos Francisco Tiago Monteiro Bezerra e Jales Feitosa Freire, que com muitas risadas tornaram as dificuldades enfrentadas na vida acadêmica e pessoal mais brandas.

À toda minha Família, pela compreensão nos momentos de ausência.

Ao meu orientador Prof. Dr. Ednardo Rodrigues Freitas, pelos puxões de orelha que sempre me fizeram refletir tanto.

Ao meu coorientador Dr. Rafael Carlos Nepomuceno, pela paciência e disponibilidade.

À Universidade Federal do Ceará e ao Departamento de Zootecnia pela oportunidade de cursar a Graduação.

Aos meus colegas do setor de avicultura, pela oportunidade de buscar conhecimento.

“O cientista não é o homem que fornece as verdadeiras respostas; é quem faz as verdadeiras perguntas”

(Claude Lévi-Strauss)

## RESUMO

Objetivou-se avaliar os efeitos da inclusão de níveis de torta de girassol nas rações de poedeiras leves em fase de produção, associadas ou não a complexo enzimático, sobre os parâmetros de qualidade óssea. Foram utilizadas 200 poedeiras da linhagem *hy-line w36* no período de 38 a 60 semanas de idade, distribuídas em um delineamento experimental inteiramente casualizado, em um esquema fatorial 2x2+1, sendo dois níveis de inclusão de torta de girassol (14 e 21%), duas formas do complexo enzimático (presença ou ausência) mais um tratamento controle, à base de milho e farelo de soja, totalizando cinco tratamentos, cinco repetições e oito aves por unidade experimental. Não houve interação entre os níveis de torta de girassol com a ausência ou presença de complexo enzimático sobre nenhum dos parâmetros de qualidade óssea analisados. Não foi observado diferenças significativas nos parâmetros de qualidade da tíbia e do fêmur de aves alimentadas com ração controle e aquelas alimentadas com rações com inclusão da torta de girassol com ou sem complexo enzimático. Também não houve efeito significativo entre as rações com a inclusão de 14 e 21% de torta de girassol, bem como para rações com presença e ausência complexo enzimático para as variáveis estudadas. Concluiu-se que a utilização da torta de girassol na ração de poedeiras leves até o nível de 21% sem a adição de complexo enzimático ou com redução da matriz nutricional associado a adição de enzimas não compromete os parâmetros de qualidade óssea das aves em produção.

**Palavras-chave:** Alimentos alternativos, Enzimas exógenas, Subprodutos.

## ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effects of the inclusion of sunflower cake levels in light laying hens in production phase, associated or not with the enzymatic complex, on the bone quality parameters. 200 laying hens hy-line w36 were used from 38 to 60 weeks of age, distributed in a completely randomized experimental design, in a 2x2 + 1 factorial scheme, with two levels of sunflower cake inclusion (14 and 21%), two forms of the enzyme complex (presence or absence) and a control treatment, based on corn and soybean meal, totalizing five treatments, five repetitions and eight birds per experimental unit. There was no interaction between the levels of sunflower cake with absence or presence of enzyme complex on any of the bone quality parameters analyzed. No significant differences were observed in the tibia and femur quality parameters of birds fed with the control treatment and those fed with sunflower cake with or without enzyme complex. There was also no significant effect between diets with the inclusion of 14 and 21% sunflower cake, as well as diets with presence and absence of enzyme complex for the studied variables. It was concluded that the use of sunflower cake in light laying hens up to 21% without the addition of enzymatic complex or with the reduction of the nutritional matrix associated with the addition of enzymes does not compromise the bone quality parameters of laying hens.

**Keywords:** Alternative Foods, Exogenous Enzymes, By-Products.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição bromatológica de diferentes tortas de girassol	24
Tabela 2 – Composição nutricional e energética dos ingredientes testados	29
Tabela 3 – Biodisponibilidade nutricional e energética das enzimas	29
Tabela 4 – Composição centesimal e níveis nutricionais das rações experimentais contendo níveis de (TG) e (CE) para poedeiras comerciais leves em fase de produção	32
Tabela 5 – Parâmetros de qualidade óssea da tíbia de poedeiras leves alimentadas com rações contendo torta de girassol (TG) e complexo enzimático (CE)	34
Tabela 6 – Parâmetros de qualidade óssea do fêmur de poedeiras leves alimentadas com rações contendo torta de girassol (TG) e complexo enzimático (CE)	35

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA	Análise de variância
CCA	Centro de ciências agrárias
CE	Complexo enzimático
CEUA	Comissão de ética em uso animal
cm	Centímetros
CO	Comprimento ósseo
CV	Coeficiente de variação
DFO	Deformidade óssea
DO	Diâmetro ósseo
DZ	Departamento de zootecnia
EE	Extrato etéreo
EMA	Energia metabolizável aparente
FDA	Fibra em detergente ácido
FDN	Fibra em detergente neutro
FEDNA	Fundación española para el desarrollo de la nutrición animal
g	Gramas
g/ton	Gramas por toneladas
H	Horas
ISO	Índice de Seedor
Kcal	Quilocaloria
Kcal/kg	Quilocaloria por Quilograma
Kg	Quilograma
Kg/h	Quilograma por hora
Kgf/cm <sup>2</sup>	Quilograma-força por centímetro quadrado
kW	Kilowatt
mg	Miligrama
mg/mm	Miligrama por milímetro
MM	Matéria mineral
mm/min	Milímetros por minuto
MS	Matéria Seca

nm	Nanômetro
PB	Proteína bruta
PNA's	Polissacarídeos não amiláceos
PO	Peso ósseo
RO	Resistência óssea
TG	Torta de girassol
UFC	Universidade Federal do Ceará

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>18</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>20</b>
<b>2.1</b>	<b>Estrutura óssea.....</b>	<b>20</b>
<b>2.1.1</b>	<i>Componente da matriz extracelular óssea.....</i>	<b>20</b>
<b>2.2</b>	<b>Qualidade óssea em aves de postura.....</b>	<b>21</b>
<b>2.3</b>	<b>Torta de girassol como alimento alternativo.....</b>	<b>23</b>
<b>2.3.1</b>	<i>Fatores antinutricionais presentes na torta de girassol.....</i>	<b>24</b>
<b>2.4</b>	<b>Uso de complexo multienzimático na alimentação de aves.....</b>	<b>26</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>28</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>34</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>37</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>38</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Os programas de melhoramento genético têm desenvolvido linhagens comerciais cada vez mais produtivas, este aumento tem sido acompanhado de maneira diretamente proporcional pela demanda nutricional que está cada vez mais elevada (KEBREAB *et al.*, 2009). O aumento desta demanda levou as poedeiras comerciais a não conseguirem mais suprir as quantidades de minerais relativas a produção, somente através da alimentação, por isso o mecanismo de reabsorção óssea presente em aves se tornou cada vez mais presente nas poedeiras (SANDILANDS; MOINARD; SPARKS, 2009).

A problemática relacionada a alta mobilização dos componentes da estrutura óssea das poedeiras, devido a sua dinâmica de reabsorção, como o aumento da fragilidade de ossos estruturais e a maior incidência de fraturas (CRESPO E SHIVAPRASAD, 2013), faz com que a busca por alimentos alternativos tenha uma preocupação maior quanto a disponibilidade de minerais, visto que a deficiência deles pode acarretar em redução da longevidade dos animais.

Em meio a uma imensa gama de alimentos alternativos capazes de substituir os alimentos convencionais, os subprodutos oriundos da extração de óleos vegetais possuem características nutricionais que favorecem sua implementação na alimentação animal. Devido as características que tornam o girassol uma cultura de elevado potencial produtivo, como a baixa incidência de pragas e doenças, boa qualidade dos grãos, alto rendimento de produção e ciclo agrícola curto (EMBRAPA, 2017), a torta de girassol, subproduto da extração do óleo através da prensagem mecânica se tornou uma excelente opção como fonte de alimento alternativo.

A composição bromatológica da torta de girassol foi analisada, e concluiu-se que a massa compacta resultante da prensagem mecânica da semente do girassol apresenta um excelente valor nutricional, possuindo 24,37% de proteína bruta, 23,80% de extrato etéreo e 4819kcal/kg de energia bruta, apresentando potencial para ser adicionada a alimentação animal. Porém, o alto teor de polissacarídeos não amiláceos, a presença de ácido clorogênico e ácido fítico, são considerados fatores antinutricionais na alimentação de aves, pois dificultam a digestão e absorção dos nutrientes, reduzindo assim a disponibilidade dos minerais, tornando-se necessário uma maior atenção na implementação deste ingrediente na dieta desses animais (BERWANGER *ET AL.* ,2014).

Frente a esse problema, a utilização de complexos enzimáticos é uma alternativa que pode mitigar os efeitos negativos dos fatores antinutricionais da torta de girassol, obtendo uma melhor eficiência de sua utilização na disponibilização de minerais, mantendo assim, a

produtividade e a longevidade do animal.

Assim, objetivou-se avaliar os efeitos da inclusão de níveis de torta de girassol nas rações de poedeiras leves em fase de produção, associadas ou não a complexo enzimático, sobre os parâmetros de qualidade óssea.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Estrutura óssea.

O tecido ósseo é classificado como tecido conjuntivo, constituído 22% de matriz óssea, 9% de água e 69% de matéria inorgânica, e possui inúmeras funções, dentre elas: participação no suporte do tecido muscular esquelético, proteção de órgãos vitais da cavidade torácica, estoque de cálcio e fósforo, regulação do equilíbrio ácido básico através do carbonato e fosfato presente na matriz óssea, além de atuar na síntese das células sanguíneas através da medula óssea (MACKIE *et al.*, 2011; JUNQUEIRA & CARNEIRO, 2013).

A formação do tecido ósseo depende de três tipos de células: osteócitos, osteoblastos e osteoclastos, as quais exercem suas funções de forma sinérgica e coordenada (LANYON, 1973).

Dentre as células citadas, os osteócitos são as que possuem maior representatividade (90% a 95%), estes são distribuídas de forma individual em lacunas dentro das lamelas (GUSMÃO & BELANGERO, 2009). A atuação dos osteócitos se dá pelos dendritos, os quais são prolongamentos do citoplasma, realizando a manutenção da matriz óssea.

Já os osteoblastos são as células responsáveis pela síntese da porção orgânica da matriz óssea, principalmente o colágeno tipo I, além de serem capazes de concentrar fosfato de cálcio, participando da mineralização da matriz. Uma vez que osteoblastos se tornam envoltos pela matriz óssea, passam a ser chamados de osteócitos.

Através de uma ligação na superfície óssea, os osteoclastos desempenham a função de reabsorção óssea, a qual ocorre através da formação da chamada zona circunferencial, localizada entre a célula e a superfície (TEITELBAUM, 2000). Nestas condições, um ambiente favorável a reabsorção óssea é criado, ocorrendo a dissolução dos cristais de hidroxiapatita e a degradação de fibrilas de colágeno (VÄÄNÄNEN, 2005).

#### 2.1.1 Componentes da matriz extracelular óssea

Os componentes da matriz orgânica têm como principal função a regulação das células produtoras da matriz óssea. A matriz óssea orgânica é composta majoritariamente por colágeno (cerca de 90% de sua composição) e outros compostos secundários, como a osteocalcina, osteopontina, fator de crescimento transformador e proteína morfogenética óssea

(COMPTON & LEE, 2014).

A combinação de cálcio e fósforo, gerando cristais de hidroxiapatita e outros íons, condiz com a porção inorgânica da matriz óssea, porção esta que apresenta como função primária conferir resistência ao tecido. (COMPTON & LEE, 2014).

A presença significativa de colágeno do tipo I na matriz extracelular óssea desempenha função estrutural sobre o tecido (GELSE; PÖSCHL; AIGNER, 2003), além disso, a constituição desta proteína é baseada na polimerização de subunidades de moléculas alongadas (tropocolágeno), manifestando-se em um arranjo espacial na forma de tripla hélice (FRATZL, 2003; FERREIRA *et al.* 2012), conformação a qual se mostra de extrema importância para o processo de mineralização, por causa dos espaços gerados através da organização dos feixes de colágeno (ZAITSEVA *et al.*, 2015).

Quanto as proteínas não-colagenosas, caracterizam-se como componentes da matriz extracelular expressas no esqueleto ou no osso maduro desempenhando várias funções no tecido ósseo. Sendo a proteína não colagenosa considerada mais abundante no tecido ósseo (WOLF, 1996), a osteocalcina apresenta em sua composição resíduos de y carboxi-glutâmico, que por sua vez exprime alta afinidade com a hidroxiapatita (LEE, 2000), desta maneira atuando como inibidor da mineralização da matriz óssea, resultando no controle de tal processo (INGRAM *et al.*, 1993).

A osteopontina é uma glicoproteína que se encontra nas periferias da matriz óssea recém-formada, sendo primordial no processo de mineralização óssea, caracterizando-se como marcador de diferenciação osteogênica, participando ainda na prevenção da precipitação prematura dos cristais de fosfato de cálcio na matriz colagênica (HELL *et al.*, 2011).

## **2.2 Qualidade óssea em aves de postura.**

São conhecidos diversos fatores que podem atuar sobre o desenvolvimento e manutenção do sistema esquelético de poedeiras comerciais em fase de produção, sendo eles fatores nutricionais, ambientais ou genéticos.

As elevadas taxas produtivas apresentadas por poedeiras, oriundas de programas de melhoramento genético das diversas linhagens comerciais, demonstraram uma alta demanda diária de cálcio para a mineralização da casca do ovo ( $\pm 2\text{g Ca por ovo}$ ) (KEBREAB *et al.*, 2009). Devido a este alto valor de demanda nutricional, é evidenciado a incapacidade da ave de suprir as quantidades de cálcio necessárias para a produção de ovos somente de maneira exógena (através da alimentação). Desta forma, faz-se fundamental a atuação do

mecanismo de reabsorção óssea (SANDILANDS; MOINARD; SPARKS, 2009).

Segundo Crespo e Shivaprasad (2013), tanto a intensa reabsorção, como a redução da mineralização óssea, podem resultar em um aumento da fragilidade de ossos estruturais e amplificar a incidência de fraturas, resultantes da perda de minerais e das modificações ocasionadas na estrutura do colágeno. Por conseguinte, o comprometimento da estrutura óssea de aves de postura influencia diretamente na produtividade e qualidade da casca dos ovos.

Estudos de Kim *et al.* (2004) constataram que à medida que a densidade mineral óssea decresce, os parâmetros de espessura e resistência da casca do ovo também reduzem. Portanto, podemos deduzir que o mecanismo de reabsorção óssea excessiva pode acarretar uma redução da massa óssea, sendo este um fator latente para o desenvolvimento de distúrbios esqueléticos e contratemplos na produção de aves, uma vez que a taxa de mineralização óssea ideal para aves de postura durante o período de crescimento reflete na qualidade do tecido ósseo ao longo do ciclo de postura (uma vez que o processo de redirecionamento dos minerais no tecido ósseo das aves é constante).

As atuais linhagens selecionadas para postura possuem grande capacidade de remodelação óssea, fenômeno que se repete mais de 300 vezes durante o ciclo de postura, o que equivale a aproximadamente 900 gramas de cálcio de todo o sistema esquelético da poedeira em seu ciclo produtivo (ANDERSON *et al.*, 2013). Essa intensa habilidade de remodelação justifica-se no fato de que 10% do cálcio pertencente às reservas esqueléticas são destinados para a formação da casca do ovo (ANDERSON *et al.*, 2013).

Frente à essa problemática, o osso medular se destaca com sua importante participação no processo de formação da casca do ovo durante o período noturno, enquanto as aves apresentam consumo de ração insuficiente para atender o nível de cálcio necessário para formação da casca do ovo. Assim, o reestabelecimento das reservas de osso medular ocorre durante os períodos de intervalo entre geração dos ovos subsequentes, ou em períodos que não ocorram formação de ovo (CLUNIES *et al.*, 1992).

Para garantir que não haja o comprometimento da estrutura óssea, são empregadas várias estratégias de manejo nutricional que vão desde a utilização de fontes de minerais inorgânicos ou orgânicos nas rações, para que haja o atendimento das exigências de nutricionais, quanto o uso de aditivos como os complexos enzimáticos, para a manutenção ou aumento da biodisponibilidade de nutrientes.

Todavia, frente a dependência de milho e soja, ingredientes majoritários usados nas rações de postura, há uma busca incessante por alimentos alternativos, seja no intuito de reduzir os custos operacionais como viabilizar a utilização de matéria prima mais acessível.

No entanto, além da avaliação dos parâmetros produtivos, algumas características inerentes aos alimentos podem vir a comprometer a qualidade óssea, a qualidade dos ovos e a longevidade produtiva, através de fatores antinutricionais presentes nos alimentos alternativos.

### **2.3 Torta de girassol como alimento alternativo**

Devido ao elevado potencial para a produção de sementes, o girassol é caracterizado por ser uma cultura de fácil trato, baixa incidência de pragas e doenças, boa qualidade dos grãos, alto rendimento de produção e de ciclo agrícola curto, de apenas 100 dias em média, além de apresentar alto teor de óleo nos seus grãos (EMBRAPA, 2017). Uma das vantagens do girassol em relação às demais culturas está em seu menor ciclo de produção, resistência ao frio e elevada capacidade de extrair a água no solo, uma opção para locais onde a deficiência hídrica impossibilita o cultivo de outras culturas tradicionais, como milho e sorgo (GONÇALVES *et al.*, 2015).

A semente de girassol apresenta uma casca altamente fibrosa com o objetivo de proteger o conteúdo interno contra a ação de qualquer condição que venha a comprometer as suas reservas naturais utilizadas na germinação. As reservas utilizadas para o desenvolvimento do girassol, possuem alto valor nutricional para a alimentação animal, sendo lipídeos (39,89%), proteínas (21,75%), e os minerais cálcio (0,33%) e fósforo (0,72%) que se encontram associadas a parede celular (MANTOVANI *et al.*, 2000).

A torta de girassol, obtida através do processo de prensagem mecânica para extração do óleo da semente, apresenta variação em sua composição bromatológica, os principais fatores que levam a essa condição são o método utilizado para extração, características do solo, fatores climáticos, etc (GENEAU-SBARTAI *et al.*, 2008). conforme pode ser observado na Tabela 1.

A massa compacta resultante do processo de extração do óleo da semente de girassol, apresenta elevado valor nutricional, porém, o elevado teor de fibra, a presença do ácido clorogênico e o ácido fítico, podem limitar a inclusão da torta de girassol na dieta de aves (Berwanger *et al.*, 2014).

Tabela 1 – Composição bromatológica de diferentes tortas de girassol

Itens	Goes <i>et al.</i> (2010)	Pereira <i>et al.</i> (2011)	Correia <i>et al.</i> (2012)	Oliveira <i>et al.</i> (2012)	Santos <i>et al.</i> (2012)	Berwanger <i>et al.</i> (2014)
MS (%)	87,43	83,65	97,18	91,62	93,50	92,17
PB (%)	30,33	22,33	27,33	26,06	26,00	24,37
EE (%)	-	11,63	4,19	20,50	22,10	23,80
FDN (%)	32,26	53,77	39,53	31,49	36,70	35,32
FDA (%)	20,83	16,68	28,71	27,73	28,80	22,30
MM (%)	4,70	-	5,45	4,06	4,70	4,10
Ca (%)	-	-	-	-	-	0,72
P (%)	-	-	-	-	-	0,23

Fonte: Cordeiro, 2018.

### 2.3.1 Fatores antinutricionais presentes na torta de girassol

Os PNA's são formados por ligações  $\beta$ -glicosídicas de unidades monoméricas, gerando um polímero de carboidratos, essas ligações são o principal fator pelo qual a digestibilidade destes compostos por animais não ruminantes é afetada, uma vez que não produzem enzimas capazes de hidrolisa-las (SINHA *et al.*, 2011).

A classificação dos PNA's é baseado de acordo com a afinidade que eles possuem com a água, ou seja, insolúveis como as celuloses, ligninas e algumas hemiceluloses e os solúveis como as pectinas,  $\beta$ -glucanas e arabinosilanos (TEIRLYNCK *et al.*, 2009).

A presença dos PNA's solúveis na alimentação de aves de postura comercial pode ocasionar redução na eficiência digestiva e absorção dos nutrientes em resposta ao impacto direto nas estruturas histológicas do intestino, devido apoptose das células epiteliais ao longo das vilosidades e das criptas, além do espessamento da mucosa intestinal (TEIRLYNCK *et al.*, 2009). Já a fibra insolúvel, causa o aumento da taxa de passagem da digesta, além de estimular o desenvolvimento de órgãos digestivos devido seu aspecto físico da fibra (HETLAND; CHOCT; SVIHUS, 2004).

O conteúdo de fibra da torta de girassol é composto em sua grande maioria por polissacarídeos não amiláceos insolúveis, representados por ramnose, arabinose, xilose, manose galactose e ácido urônico (ROSTAGNO *et al.*, (2017). Os polissacarídeos não amiláceos (PNA's) ou polissacarídeos estruturais da parede celular dos vegetais representam fração (10 a 75%) importante dos ingredientes de origem vegetal utilizados na alimentação de animais não-ruminantes (CHOCT, 2015).

A fibra dietética é um dos principais fatores que afeta a disponibilidade de nutrientes na alimentação de aves. De acordo com Montagne; Pluske; Hampson (2003) e

Mateos (2012), a adição de ingredientes com alto teor de fibra em sua composição pode afetar a dinâmica dos processos de digestão e absorção dos nutrientes das rações, devido alterações na taxa de passagem e viscosidade da digesta, além de mudanças sobre as características morfológicas do epitélio intestinal. É possível deduzir, portanto, que os potenciais benefícios e malefícios da fibra dietética na alimentação animal dependem essencialmente das características físico-químicas da fonte da fibra (YOKHANA; PARKINSON; FRANKEL, 2016).

Segundo pesquisas de Baye; Guyot; Mouquet-Rivier (2017), observou-se a possibilidade de ocorrer um efeito negativo da fibra alimentar em relação a absorção dos minerais da dieta pelo trato gastrointestinal em decorrência da formação de ligações específicas, indisponibilizando os minerais.

Ademais, estudos também ratificaram que o componente fibroso dos ingredientes interfere na digestibilidade do cálcio e fósforo no trato digestivo de animais não-ruminantes, sendo passível de gerar implicações sobre o balanço dos minerais e por conseguinte na mineralização óssea (NORTEY *et al.*, 2008).

Gallinger; Suárez; Irazusta, (2004) demonstraram a sensibilidade do tecido ósseo das aves referente à composição dos ingredientes das rações, ao analisarem a inclusão do farelo de arroz na ração de frangos de corte sobre a taxa de mineralização óssea. Foi possível observar uma diminuição da porcentagem de cinza óssea relativa à tíbia das aves alimentadas com nível de 20% de farelo de arroz, demonstrando, portanto, comprometimento no aproveitamento dos nutrientes da dieta em decorrência de fatores antinutricionais presentes no farelo de arroz empregado no experimento.

Entretanto, Cruz *et al.* (2012), ao testar o efeito dos níveis de FDN nas rações de frangas (7<sup>a</sup> a 17<sup>a</sup> semana de idade) sobre os parâmetros de qualidade óssea durante a fase de crescimento, concluiu-se que o nível de fibra na dieta não alterou o desenvolvimento ósseo durante o período de criação das aves. Outro estudo de resultado semelhante foi o de Freitas *et al.* (2014), no qual constatou-se que a utilização de níveis de fibra na alimentação de frangas (7<sup>a</sup> a 12<sup>a</sup> semana de idade) não demonstrou influência sobre os parâmetros de qualidade óssea das aves.

Brum *et al.* (2007), utilizando farelo de arroz integral na alimentação de poedeiras, afirmaram que os níveis crescentes de farelo de arroz, reduziu de forma linear a conversão alimentar, efeito atribuído a fração fibrosa do alimento.

O ácido fítico, também conhecido como fitato, é um composto presente em diversos alimentos de origem vegetal, principalmente em sementes (5 a 50g/kg)

(EECKHOUT & PAEPE, 1994; SELLE; COWIESON; RAVINDRAN, 2009). A capacidade que o fitato possui de complexação com cátions bivalentes e trivalentes (LELLIS et al., 2010), faz com que haja a redução da disponibilidade dos minerais (CAMPESTRINE et al., 2005).

Além da atuação do ácido fítico sobre os minerais, ele possui a capacidade de se complexar também com proteínas e enzimas proteolíticas, essa propriedade compromete tanto a digestibilidade dos aminoácidos como compromete a atuação das enzimas endógenas sobre a fração proteica da dieta (KIES *et al.*, 2006; SELLE *et al.*, 2012).

Segundo Fireman et al. (1999), foi possível visualizar influência negativa do ácido fítico sobre a biodisponibilidade de cátions livres, dentre eles o Ca e o P, em poedeiras alimentadas com farelo de arroz desengordurado.

A presença do ácido clorogênico na semente do girassol, aproximadamente 1-4% da sua composição, afeta a fração protéica presente nos alimentos, através de processos oxidativos, conferindo-lhe uma cor verde escura e reduzindo sua digestibilidade (SCHARLACK; ARACAVAL; RODRIGUES, 2017).

Os efeitos negativos causados por fatores antinutricionais presentes nos subprodutos da semente de girassol, podem ser minimizados com a adição de enzimas exógenas nas rações que melhorem a digestibilidade dos nutrientes encapsulados, disponibilizando os minerais, principalmente o fósforo contido na molécula de fitato, bem como carboidratos e proteínas.

#### **2.4 Uso de complexo multienzimático na alimentação de aves**

O uso de complexo multienzimáticos na alimentação das aves se constitui como uma alternativa na mitigação dos efeitos antinutricionais presente na torta de girassol.

Após a implementação de enzimas exógenas na alimentação de animais não-ruminantes, houve um grande avanço na nutrição animal, sendo tal prática amplamente estudada atualmente (ADEOLA & COWIESON, 2011). Segundo Humer; Schwarz; Schedle (2015), a síntese comercial de novas enzimas exógenas são produtos de técnicas de modificação genética de microrganismos como fungos, bactérias e leveduras. Dentre as enzimas de maior utilização nas rações para aves e suínos, destacam-se as carboidrases, fitases e proteases.

As enzimas carboidrases abrangem aquelas que atuam sobre as moléculas dos polímeros de carboidratos, sendo a xilanase e a glucanase as enzimas de maior uso, correspondentes a 80% do mercado global de carboidrases (ADEOLA & COWIESON, 2011).

O mecanismo de ação dessas enzimas sobre os carboidratos fibrosos das rações consiste na hidrólise das ligações glicosídicas, que por sua vez não são clivadas pelas enzimas endógenas dos animais não-ruminantes. Por conseguinte, essa ação de hidrólise reduz o efeito antinutricional da fração dos PNA's, através da liberação dos nutrientes encapsulados na parede celular dos vegetais, bem como redução da viscosidade da digesta (O'NEILL; SMITH; BEDFORD, 2014).

Já as enzimas fitases, também conhecidas como mio-inositol (1,2,3,4,5,6)-hexafosfato fosfohidrolase, desempenham ação específica catalisando a hidrólise da molécula de fitato nos vegetais, ocasionando uma série de ésteres inferiores de fosfato de mio-inositol, através de reações de desfosforilação, produzindo inositol e seis moléculas inorgânicas de fósforo (SELLE & RAVINDRAN, 2007), tornando-o disponível para absorção (KUMAR *et al.*, 2012).

Por fim, muito tem-se utilizado enzimas proteases exógenas, tais como as formas análogas das enzimas endógenas, quimiotripsina, tripsina e elastase, na alimentação animal objetivando melhorar a digestibilidade dos aminoácidos dos ingredientes, além de trazer benefício econômico (VIEIRA; STEFANELLO; CEMIN, 2016). O uso de proteases exógenas também se justifica com o intuito de evitar a proliferação de bactérias patogênicas, uma vez que otimizada a digestão de proteínas, diminui-se a quantidade de resíduos de aminoácidos no intestino delgado, potencialmente utilizados como substrato para fermentação de bactérias proteolíticas (LIBAO-MERCADO *et al.*, 2009; QAISRANI *et al.*, 2014).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O respectivo estudo foi realizado no setor de avicultura do Departamento de Zootecnia (DZ) do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal do Ceará (UFC) localizada na cidade de Fortaleza - CE. Todos os procedimentos de metodologia experimental empregados no presente estudo foram revisados e aprovados pela Comissão de Ética em Uso Animal (CEUA-UFC) sob o número de protocolo 46/2017.

As aves foram criadas conforme a recomendação de manejo destacada no manual da linhagem estudada (*hy-linew36*) até atingirem a idade adequada para o início da pesquisa. Os experimentos foram realizados em galpão convencional de postura, provido de gaiolas de arame galvanizado de 1 metro de comprimento com 4 subdivisões de 25x45x40 cm (comprimento x largura x altura) com capacidade para alojar 2 aves por subdivisão, sendo estas dispostas em sistema piramidal e equipadas com comedouros lineares tipo calha de chapa galvanizada, bebedouros tipo *nipple* e bandeja coletora de ovos.

A torta de girassol foi obtida a partir das sementes de girassol, através do método de prensagem mecânica para remoção do óleo, com a utilização de uma prensa mecânica da empresa Scott Tech, modelo ERT 40-V1, com potência de 0,75 KW e capacidade de processamento de semente de girassol de 6kg/h.

A glicerina de origem vegetal do tipo bruta proveniente do algodão foi fornecida pela Usina de Biodiesel do Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste, em Caetés/PE. Conforme relatos na literatura (FONTINELE *et al.*, 2017; DUARTE *et al.*, 2014; BOSO, K. M. 2011; MELO *et al.*, 2010), a glicerina bruta oriunda da produção do biodiesel pode ser incluída até o nível de 10% em substituição a fontes energéticas convencionais, para poedeiras em fase de produção sem comprometer seu desempenho ou a qualidade dos ovos. Na presente pesquisa foi incluído 7% de glicerina bruta proveniente da produção do biodiesel em todas as dietas, como substituição a fontes energéticas convencionais.

A composição nutricional (matéria seca, proteína bruta e extrato etéreo) da torta de girassol e da glicerina bruta foram analisados previamente de acordo com a metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002) no laboratório de nutrição animal (LANA/DZ/CCA/UFC) e a energia metabolizável determinada através de ensaio de metabolismo utilizando galos (Tabela 1). Os teores de minerais, e aminoácidos foram estimados com base na tabela de FEDNA, 2010.

Tabela 2 - Composição nutricional e energética da torta de girassol e glicerina bruta

Parâmetros	Torta de girassol	Glicerina bruta
EMA kcal/kg	2.774	3.582
Matéria Seca (%)	90,04	91,6
Proteína Bruta (%)	26,26	0,18
Extrato Etéreo (%)	15,22	
Cálcio (%)*	0,3	
Fósforo disponível (%)*	0,1	
Sódio (%)**	0,03	0,06
Cloro (%)*	0,09	
Potássio (%)*	1,28	
Lisina digestível (%)*	0,7	
Metionina digestível (%)*	0,49	
Metionina + Cistina digestível (%)*	0,8	
Treonina digestível (%)*	0,73	
Triptofano digestível (%)*	0,27	

\*Estimados com base na tabela de FEDNA, 2010, expressos na matéria natural; \*\*Dados disponibilizados pelo fornecedor

O complexo enzimático (Poultrygrow 250<sup>TM</sup>; ProFare<sup>TM</sup> EZ 309; ®finase EC) utilizado era composto por enzimas como carboidrases ( $\alpha$ -galactosidase, xylanase e  $\beta$ -glucanase), proteases (Elastase, Tripsina e Quimiotripsina) e fitase, e foi incluído na formulação das rações, de acordo com a recomendação de cada fabricante, e estão especificadas na Tabela 3, a matriz nutricional e energética destas enzimas.

Tabela 3 - Biodisponibilidade nutricional e energética das enzimas

Matriz Nutricional	Carboidrases <sup>1</sup>	Proteases <sup>2</sup>	Fitase <sup>3</sup>	Contribuição total
Energia metabolizável (kcal/kg)	30,000	25,000	49,000	104,000
Proteína bruta (%)	0,000	0,500	0,401	0,901
Cálcio (%)	0,000	0,000	0,157	0,157
Fósforo digestível (%)	0,000	0,000	0,143	0,143
Sódio (%)	0,000	0,000	0,033	0,033
Metionina digestível (%)	0,000	0,014	0,016	0,050
Metionina + cistina digestível (%)	0,000	0,024	0,036	0,060
Lisina digestível (%)	0,000	0,032	0,016	0,048
Treonina digestível (%)	0,000	0,021	0,032	0,056
Triptofano digestível (%)	0,000	0,005	0,024	0,029
Valina digestível (%)	0,000	0,026	0,000	0,026
Arginina digestível (%)	0,000	0,033	0,000	0,033
Leucina digestível (%)	0,000	0,046	0,000	0,046

<sup>1</sup>Poultrygrow 250<sup>TM</sup>; <sup>2</sup>ProFare<sup>TM</sup> EZ 309; <sup>3</sup>®finase EC

Para a realização do experimento foram utilizadas 200 poedeiras da linhagem *hy-line W36* entre 38 e 60 semanas de idade, no primeiro ciclo de produção. As aves foram

selecionadas com base no peso ( $1.430,00 \pm 174$  g) e produção de ovos (91,00%), e distribuídas conforme as recomendações de Sakomura e Rostagno (2007), seguindo um delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial ( $2 \times 2 + 1$ ), constituídos por cinco tratamentos, cinco repetições com oito aves por unidade experimental. Os tratamentos foram constituídos por rações, sendo uma ração controle, a base de milho e farelo de soja, e outras quatro rações com os níveis de 14 e 21% de torta de girassol e com presença ou ausência de complexo enzimático, conforme descrição abaixo:

- T1 - ração com 0% de torta de girassol, sem complexo enzimático;
- T2 – ração com 14% de torta de girassol, sem complexo enzimático;
- T3 – ração com 21% de torta de girassol, sem complexo enzimático;
- T4 – ração com 14% de torta de girassol, com complexo enzimático;
- T5 – ração com 21% de torta de girassol, com complexo enzimático;

As rações experimentais (Tabela 4) foram formuladas de acordo com as exigências nutricionais propostas pelo manual da linhagem *hy-line w36* para serem isoenergéticas e isonutrientes, exceto as rações que continham o complexo enzimático (T4 e T5), que foram calculadas reduzindo a matriz nutricional e energética considerando a contribuição das enzimas (Tabela 3). Também foram considerados os valores nutricionais e energéticos dos ingredientes apresentados por Rostagno *et al.* (2017), exceto para a torta de girassol e glicerina bruta.

O período experimental foi de 147 dias divididos em 7 períodos com duração de 21 dias cada. Durante todo o experimento a ração e a água foram oferecidas à vontade e o programa de luz utilizado foi de 16 horas de luz por dia. O monitoramento das condições ambientais foi realizado por meio datalogger com registro temperaturas e umidade relativa do ar programado a cada 10 minutos, sendo as médias de temperatura e umidade relativa do ar de  $27,7^{\circ}\text{C}$  e 71%, respectivamente.

Os ossos escolhidos para análise foram a tíbia e o fêmur em função do aspecto representativo, tamanho e facilidade de remoção. Assim, ao final da 60ª semana de idade as aves foram pesadas e selecionou-se uma ave por unidade experimental, com base no peso médio da parcela, em seguida foram submetidas a jejum alimentar de 6 horas, posteriormente as mesmas foram eutanasiadas (insensibilizadas por eletronarcose, seguida de sangria), depenadas e as coxa e sobrecoxa direita e esquerda foram removidas, identificadas, congeladas em freezer a  $-20^{\circ}\text{C}$ , onde permaneceram até o momento da remoção do tecido

muscular.

Para a remoção do tecido muscular, as peças foram retiradas do freezer e descongeladas em geladeira (temperatura de 4°C por 12 horas) e depois colocadas sobre as bancadas para que o material atingisse a temperatura ambiente. Em seguida, coxa e sobrecoxa foram mergulhadas em água fervente por 10 minutos, a ação da temperatura contribuiu com o pré-cozimento do tecido muscular favorecendo sua remoção do osso com auxílio de bisturi (BRUNO, 2002).

Para a mensuração do comprimento e peso foram utilizados os ossos direitos, com auxílio de um paquímetro digital (mm) e uma balança de precisão (0,01g), respectivamente. A avaliação da densidade óssea (mg/mm) foi realizada através do índice de Seedor, alcançado através da divisão do valor do peso (mg/mm) pelo comprimento (mm) do osso avaliado (SEEDOR; QUARTUCCIO; THOMPSON, 1991).

Tabela 4 - Composição centesimal e níveis nutricionais das rações experimentais contendo níveis de torta de girassol e complexo enzimático para poedeiras comerciais leves em fase de produção

INGREDIENTES	Rações experimentais <sup>1</sup>				
	CONTROLE	14%TG	21%TG	14%TG+CE	21%TG+CE
Milho	57,70	49,83	45,99	51,48	48,26
Farelo de soja 45%	20,69	14,33	11,16	14,05	10,45
Óleo de soja	0,67	1,13	1,36	0,00	0,00
Torta de girassol	0,00	14,00	21,00	14,00	21,00
Glicerina bruta	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
Protenose (60%) <sup>4</sup>	0,00	1,36	1,13	0,00	0,00
Sal comum	0,40	0,40	0,40	0,32	0,32
DL – metionina	0,17	0,15	0,14	0,12	0,10
L-lisina	0,09	0,18	0,23	0,14	0,20
Premix vitamínico <sup>2</sup>	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Premix mineral <sup>3</sup>	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Complexo enzimático <sup>5</sup>	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03
L – treonina	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00
Inerte	0,00	0,00	0,00	1,95	1,75
TOTAL	100	100	100	100	100
COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL E ENERGÉTICA CALCULADA					
Energia	2.800	2.800	2.800	2.696	2.696
Metabolizável(kcal/kg)					
Proteína bruta (%)	15,20	15,20	15,20	14,30	14,30
Matéria seca (%)	89,72	90,04	90,20	89,95	90,07
FDA (%)	3,76	7,11	8,78	7,03	8,70
FDN (%)	9,82	14,31	16,55	14,38	16,65
Cálcio (%)	4,35	4,35	4,35	4,19	4,19
Fósforo disponível (%)	0,46	0,46	0,46	0,32	0,32
Sódio (%)	0,18	0,18	0,18	0,15	0,15
Lisina total (%)	0,80	0,67	0,61	0,62	0,56
Metionina + cistina total (%)	0,67	0,53	0,46	0,46	0,39
Metionina total (%)	0,41	0,33	0,29	0,28	0,24
Treonina total (%)	0,59	0,45	0,39	0,41	0,34
Triptofano total (%)	0,17	0,12	0,10	0,12	0,09

<sup>1</sup>TG – torta de girassol | CE – complexo enzimático; <sup>2</sup>Premix vitamínico Rovimix matrizes (Roche), composição/kg: vit. A - 12.000.000 U.I.; vit. D3 - 3.600.000 U.I.; vit. E - 3.500 U.I.; vit. B1 - 2.500 mg; vit B2 - 8.000 mg; vit. B6 - 3.000 mg; ácido pantotênico - 12.000 mg; biotina - 200 mg; vit. K - 3.000 mg; ácido fólico - 3.500 mg; ácido nicotínico - 40.000 mg; vit. B12 - 20.000 mcg; selênio - 130 mg; q.s.p. 1.000g; <sup>3</sup>Premix mineral – Rologimix Aves (Roche), composição/kg: manganês -160 g; ferro - 100 g; zinco - 100 g; cobre - 20 g; cobalto - 2 g; iodo - 2 g; q.s.p. - 1.000 g. <sup>4</sup>Protenose (60%) – glúten de milho; <sup>5</sup>Complexo enzimático: protease (10g), carboidrase (10g) e fitase (10g).

Os parâmetros de resistência e deformidade óssea foram determinados no osso esquerdo, com auxílio de uma prensa mecânica Triaxial da marca Testop/Ronald top com capacidade 150 kg. Os ossos foram colocados em posição horizontal, apoiados em suas extremidades em um suporte, e depois aplicada uma força de compressão no centro de cada

osso. A velocidade de descida do pistão foi de 1.223 mm/min. A quantidade máxima de força aplicada no osso antes da sua ruptura foi considerada a resistência à quebra ( $\text{kgf/cm}^2$ ), sendo esta mensurada através de um extensômetro analógico. A deformidade do osso (mm) também foi medida registrando-se, em extensômetro analógico, a flexão de cada osso em relação a sua posição horizontal, até antes da sua ruptura pela ação da força aplicada.

Os ossos utilizados para a mensuração do comprimento e peso foram empregados para análise de matéria seca e matéria mineral. Os ossos foram retirados do freezer e colocados em uma bancada para ocorrer o descongelamento. Em seguida, os mesmos foram colocados em recipientes adequados e pesados em balança analítica digital com precisão de 0,001 gramas e encaminhados para estufa de ventilação forçada a  $55^\circ\text{C}$  por 72h. Subsequentemente, as amostras foram retiradas da estufa e desengorduradas em um extrator de Soxhlet por oito horas, retornando para estufa de ventilação forçada a  $55^\circ\text{C}$  por mais 72h, sendo pesadas novamente para obter o peso das amostras de ossos desengorduradas. Ao término dessa etapa, os ossos foram triturados em moinho tipo bola, e submetidos a determinação do teor de matéria seca (MS) e matéria mineral (MM).

As análises estatísticas dos dados foram realizada através do software “*Statistical Analyses System*” (SAS, 2000). Os dados foram analisados pelo procedimento ANOVA do SAS segundo um modelo fatorial ( $2 \times 2 + 1$ ) (2 níveis de inclusão de torta de girassol x 2 formulações, considerando a ausência ou presença de complexo enzimático, e uma ração controle). A comparação de médias foi realizada pelo teste SNK ao nível de 5 % de significância.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados médios obtidos para os parâmetros ósseos da tíbia de poedeira alimentados com rações contendo torta de girassol e complexo enzimático são apresentados na Tabela 5.

Não houve interação entre os níveis de torta de girassol e as rações com ausência e presença de complexo enzimático sobre nenhum dos parâmetros de qualidade óssea analisados. Da mesma forma, não foi observado diferenças significativas nos parâmetros de qualidade da tíbia de aves alimentadas com a ração controle e as aves alimentadas com rações contendo torta de girassol com ou sem complexo enzimático. Também não houve efeito significativo entre a rações com a inclusão de 14 e 21% de torta de girassol, bem como para rações com presença e ausência complexo enzimático para as variáveis estudadas.

Tabela 5. Parâmetros de qualidade óssea da tíbia de poedeiras leves alimentadas com rações contendo torta de girassol (TG) e complexo enzimático (CE)

Rações	PO (g)	CO (mm)	DO (mm)	ISO (mg/mm)	DFO (mm)	RO (kgf/cm <sup>2</sup> )	MS (%)	MM (%)
0% de TG	5,82	111,25	7,31	52,31	1,61	17,23	64,14	58,52
14% de TG	6,13	113,32	7,60	54,02	1,59	17,92	59,92	57,06
14% de TG+CE	6,08	113,33	7,36	53,55	1,67	19,57	58,79	57,70
21% de TG	6,22	111,02	7,56	55,89	1,64	19,04	58,26	56,51
21% de TG + CE	6,25	112,75	7,48	55,36	1,69	19,46	57,52	57,97
Média	6,10	112,34	7,46	54,23	1,64	18,65	59,73	57,55
CV (%)	10,17	3,19	6,41	8,01	15,58	16,86	5,88	3,54
Nível de torta de girassol								
14%	6,17	112,17	7,58	54,96	1,61	18,48	59,09	56,78
21%	6,16	113,04	7,42	54,46	1,68	19,52	58,16	57,84
Complexo enzimático								
Ausência	6,10	113,33	7,48	53,79	1,63	18,75	59,36	57,38
Presença	6,24	111,89	7,52	55,63	1,66	19,25	57,89	57,24
ANOVA					<i>p-valor</i>			
Rações	0,82	0,74	0,84	0,71	0,97	0,71	0,06	0,57
Nível	0,97	0,60	0,45	0,82	0,56	0,48	0,42	0,27
Enzimas	0,66	0,39	0,84	0,39	0,80	0,73	0,22	0,88
Nível X Enzimas	0,90	0,61	0,71	0,99	0,88	0,67	0,87	0,66

PO = Peso Ósseo, CO = Comprimento do Ósseo, DO = Diâmetro Ósseo, ISO = Índice de Seedor, DFO = Deformidade Óssea, RO = Resistência do Óssea, MS = Matéria Seca do Osso, MM = Matéria Mineral do Osso; Efeito estatístico não significativo pelo Teste de SNK ( $P > 0,05$ ).

Fonte: elaboração próprio autor.

Os resultados obtidos para os parâmetros de qualidade óssea do fêmur de poedeira submetidas as rações contendo torta de girassol e complexo enzimático são apresentados na Tabela 6.

De forma similar aos resultados obtidos para a tíbia, não houve interação entre os níveis de torta de girassol e as rações com ausência e presença de complexo enzimático sobre nenhuma das variáveis analisadas. Também, não foi observado diferenças significativas na comparação entre as aves alimentadas com ração controle e aves alimentadas com rações contendo torta de girassol com ou sem complexo enzimático em todos os parâmetros de qualidade óssea do fêmur. E, considerando apenas as rações que tiveram a inclusão de torta de girassol e presença ou ausência complexo enzimático, não foi observado efeito significativo entre o nível 14 e 21% de torta de girassol, e as rações com inclusão ou não de complexo enzimático em nenhum dos parâmetros avaliados.

Tabela 6. Parâmetros de qualidade óssea do fêmur de poedeiras leves alimentadas com rações contendo torta de girassol (TG) e complexo enzimático (CE)

Rações	PO (g)	CO (mm)	C (mm)	ISO (mg/mm)	DFO (mm)	RO (kgf/cm <sup>2</sup> )	MS (%)	MM (%)
0% de TG	5,19	78,29	6,77	66,35	1,85	12,78	55,78	55,40
14% de TG	5,61	77,99	6,90	71,95	2,16	14,66	54,45	55,06
14% de TG+CE	5,52	78,46	6,68	70,26	2,21	13,87	50,82	54,68
21% de TG	5,84	79,70	6,94	73,24	2,27	14,14	54,02	53,92
21% de TG + CE	5,65	79,29	6,90	71,23	2,41	13,72	52,67	54,43
Média	5,56	78,75	6,84	70,61	2,18	13,83	53,55	54,70
CV (%)	7,89	2,60	4,33	6,13	14,99	16,79	8,95	3,64
Nível de torta de girassol								
14%	5,73	78,85	6,92	72,60	2,21	14,4	53,24	54,49
21%	5,59	78,87	6,79	70,75	2,31	13,8	51,74	54,56
Complexo enzimático								
Ausência	5,57	78,23	6,79	71,11	2,18	14,27	51,63	54,87
Presença	5,75	79,49	6,92	72,24	2,34	13,93	53,34	54,18
ANOVA					<i>p-valor</i>			
Rações	0,25	0,66	0,62	0,16	0,13	0,78	0,55	0,80
Nível	0,52	0,98	0,37	0,40	0,52	0,59	0,55	0,93
Enzimas	0,42	0,23	0,37	0,60	0,32	0,76	0,50	0,43
Nível X Enzimas	0,82	0,67	0,51	0,94	0,76	0,87	0,96	0,61

PO = Peso Ósseo, CO = Comprimento do Ósseo, C = Circunferência Óssea, ISO = Índice de Seedor, DFO = Deformidade Óssea, RO = Resistência do Óssea, MS = Matéria Seca do Osso, MM = Matéria Mineral do Osso; Efeito estatístico não significativo pelo Teste de SNK (P>0,05).

Fonte: elaboração próprio autor.

Na literatura podem ser encontrados diversos relatos da ação antinutricional da fibra, fitato e ácido clorogênico sobre a disponibilidade nutrientes da dieta. A fibra insolúvel, predominante na torta de girassol (ROSTAGNO *et al.*, 2017), tende a aumentar da taxa de passagem juntamente com o efeito abrasivo e aumento da descamação do epitélio intestinal (MONTAGNE, PLUSKE, HAMPSON, 2003; MATEOS *et al.*, 2012); o fitato tende a quelatar

com minerais bivalentes e resíduos de aminoácidos (SELLE *et al.*, 2009); enquanto que o ácido clorogênico tende a oxidar a fração proteica da ração, reduzindo assim a sua digestibilidade dos nutrientes (SCHARLACK; ARACAVAL; RODRIGUES, 2017). A menor disponibilidade de minerais e aminoácidos pode comprometer a manutenção das matrizes mineral e orgânica dos ossos e conseqüentemente da sua qualidade. Frente a isso a hipótese dessa pesquisa era que a utilização de até 21% de torta de girassol pudesse comprometer a alguns dos parâmetros de qualidade na comparação com o tratamento controle, o que não ocorreu, mostrando que os níveis de 14 e 21% de torta de girassol podem ser utilizados na ração de poedeiras leves sem afetar a qualidade óssea.

Conte *et al.* (2003) sugere que a ausência de resultados significativos nos parâmetros de qualidade óssea dos tratamentos não suplementados com complexos enzimáticos pode ser devido ao mecanismo de homeostase que ajusta a absorção de minerais, reduzindo ou aumentando a excreção dos mesmos.

A ausência de efeito da inclusão da torta de girassol, sobre os parâmetros de qualidade óssea do estudo está de acordo com os resultados na literatura. Conforme Cruz *et al.* (2012), o nível de 18,5% de FDN na ração não influenciou o crescimento, qualidade e a composição da tíbia de frangas na 17ª semana de idade.

Por outro lado, as rações que tiveram adição do complexo enzimático mostraram desempenho semelhante aquelas que não tiveram a adição de enzimas, comprovando o efeito positivo das enzimas considerando que a matriz nutricional das rações foi reduzida proporcionalmente a contribuição das enzimas.

## **5 CONCLUSÃO**

A utilização da torta de girassol na ração poedeiras leves até o nível de 21% sem a adição de complexo enzimático ou com redução da matriz nutricional associado a adição de enzimas não compromete os parâmetros de qualidade óssea das aves em produção.

## REFERÊNCIAS

- ADEOLA, O.; COWIESON, A. J. Board-invited review: opportunities and challenges in using exogenous enzymes to improve nonruminant animal production. **Journal of Animal Science**, [s.l.], v. 89, n. 10, p. 3189-3218, 2011.
- ANDERSON, K. E. *et al.* Changes in commercial laying stock performance, 1958-2011: thirty-seven flocks of the North Carolina random sample and subsequent layer performance and management tests. **World's Poultry Science Journal**, [s.l.], 69, n. 3, p. 489-514, 2013.
- BAYE, K.; GUYOT, J.; MOUQUET-RIVIER, C. The unresolved role of dietary fibers on mineral absorption. **Critical reviews in food science and nutrition**, [s.l.], v. 57, n. 5, p. 949-957, 2017.
- BERWANGER, E. *et al.* Nutritional and energy values of sunflower cake for broilers. **Semina: ciências agrárias**, [s.l.], v. 35, n. 6, p. 3429-3438, 2014.
- BOSO, K. M. O. **Utilização de diferentes tipos de glicerina na alimentação de poedeiras comerciais. 2011.** Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Maringá.
- BRUM, B. *et al.* **Utilização de farelo de arroz integral na dieta para poedeiras UFSM-V 2003 na fase de produção.** R. Bras. Agrociência. Pelotas, v.13, n.4, p.541-546, out-dez, 2007.
- BRUNO, L.G.D. **Desenvolvimento ósseo em frangos de corte: Influência da restrição alimentar e da temperatura ambiente.** 2002, Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.
- CAMPESTRINI, E.; SILVA, V.T.M. da; APPELT, M.D. Utilização de enzimas na alimentação animal. **Revista Eletrônica Nutritime**, Viçosa, v.2, n.6, p.259-272, 2005.
- CHOCT, M. Feed non-starch polysaccharides for monogastric animals: classification and function. **Animal Production Science**, [s.l.], v. 55, n. 12, p. 1360-1366, 2015.
- CLUNIES, M.; EMSLIE, J.; LEESON, S. Effect of dietary calcium level on medullary bone calcium reserves and shell weight of leghorn hens. **Poultry Science**, [s.l.], v. 71, n. 8, p. 1348-1356, 1992.
- COMPTON, J T.; LEE, F. Y. A review of osteocyte function and the emerging importance of sclerostin. **The Journal of Bone and Joint Surgery**, [s.l.], v. 96, n. 19, p. 1659-1668, 2014.
- CONTE, A.J. *et al.* Efeito da fitase e xilanase sobre o desempenho e as características ósseas de frangos de corte alimentados com dietas contendo farelo de arroz. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa. v.32, n.5, p.1147-1156, 2003.
- CORDEIRO, C. N. **DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA E VALORES DE ENERGIA METABOLIZÁVEL DA TORTA DE GIRASSOL E SEU USO NA ALIMENTAÇÃO DE CODORNAS DE CORTE.** 2018. 70 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Zootecnia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

CRESPO, R.; SHIVAPRASAD, H. L. Developmental, metabolic, and other noninfectious disorders. **Diseases of Poultry**, [s.l.], p. 1233-1270, 2013.

CRUZ, C. E. B. *et al.* Bone quality of laying hens fed different levels of fiber in the growth phase (7 to 17 weeks of age). **Revista Brasileira de Zootecnia**, [s.l.], v. 41, n. 9, p. 2032-2038, 2012.

DUARTE, C. R. A. *et al.* Mixed crude glycerin in laying hen diets: live performance and egg quality and fatty acid profile. **Brazilian Journal of Poultry Science**, Campinas, v. 16, n. 4, p. 351-358, 2014.

EECKHOUT, W.; PAEPE, M. Total phosphorus, phytate-phosphorus and phytase activity in plant feedstuffs. **Animal Feed Science and Technology**, [s.l.], v. 47, n. 1-2, p. 19-29, 1994.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA E AGROPECUARIA - EMBRAPA, 2007. Girassol. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agrossilvipastoril/sitio-tecnologico/trilhatecnologica/tecnologias/culturas/girassol>>. Acesso em: 10 out. 2019.

FERREIRA, A. M. *et al.* Collagen for bone tissue regeneration. **Acta biomaterialia**, [s.l.], v. 8, n. 9, p. 3191-3200, 2012.

FIREMAN, A.K.B.A.T.; LÓPEZ, J.; FIREMAN, F.A.T. Qualidade da casca do ovo de poedeiras alimentadas com diferentes níveis de farelo de arroz desengordurado e fitase. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v.7, n.2, p.97- 108, 1999.

FRATZL, P. Cellulose and collagen: from fibres to tissues. **Current Opinion in Colloid & Interface Science**, [s.l.], v. 8, n. 1, p. 32-39, 2003.

GALLINGER, C. I.; SUÁREZ, D. M.; IRAZUSTA, A. Effects of rice bran inclusion on performance and bone mineralization in broiler chicks. **Journal of Applied Poultry Research**, [s.l.], v. 13, n. 2, p. 183-190, 2004.

GELSE, K.; PÖSCHL, E.; AIGNER, T. Collagens — structure, function, and biosynthesis. **Advanced Drug Delivery Reviews**, [s.l.], v. 55, n. 12, p. 1531-1546, 2003.

GENEAU-SBARTAI, C. *et al.* Sunflower cake as a natural composite: composition and plastic properties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s.l.], v. 56, n. 23, p. 11198-11208, 2008.

GUSMÃO, C. V. B.; BELANGERO, W. D. Como a célula óssea reconhece o estímulo mecânico? **Revista Brasileira de Ortopedia**, [s.l.], v. 44, n. 4, p. 299-305, 2009.

HELL, R. C. R. *et al.* Efeito da triiodotironina na expressão das proteínas ósseas durante a diferenciação osteogênica de células-tronco mesenquimais. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, [s.l.], v. 55, p. 339-44, 2011.

HETLAND, H.; CHOCT, M.; SVIHUS, B. Role of insoluble non-starch polysaccharides in poultry nutrition. **World's Poultry Science Journal**, [s.l.], v. 60, n. 4, p. 415-422, 2004.

HUMER, E.; SCHWARZ, C.; SCHEDULE, K. Phytate in pig and poultry nutrition. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, [s.l.], v. 99, n. 4, p. 605-625, 2015.

INGRAM, R. T. et al. Distribution of noncollagenous proteins in the matrix of adult human bone: evidence of anatomic and functional heterogeneity. **Journal of Bone and Mineral Research**, [s.l.], v. 8, n. 9, p. 1019-1029, 1993.

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. Tecido ósseo. In: Histologia básica. 12 ed. Rio de Janeiro: **Guanabara-Koogan**, 2013. cap. 8, p. 132-148.

KEBREAB, E. et al. Development and evaluation of a dynamic model of calcium and phosphorus flows in layers. **Poultry Science**, [s.l.], v. 88, n. 3, p. 680-689, 2009.

KIES, A. K. et al. Interaction between protein, phytate, and microbial phytase. In vitro studies. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s.l.], v. 54, n. 5, p. 1753-1758, 2006.

KIM, W. K. et al. Comparative assessment of bone among wild-type, restricted ovulator and out-of-production hens. **British Poultry Science**, [s.l.], v. 45, n. 4, p. 463-470, 2004.

KUMAR, V. et al. Phytate and phytase in fish nutrition. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, [s.l.], v. 96, n. 3, p. 335-364, 2012.

LANYON, L. E. Analysis of surface bone strain in the calcaneus of sheep during normal locomotion: strain analysis of the calcaneus. **Journal of Biomechanics**, [s.l.], v. 6, n. 1, p. 41-42, 1973.

LEE, A. J.; HODGES, S.; EASTELL, R. Measurement of osteocalcin. **Annals of Clinical Biochemistry**, [s.l.], v. 37, n. 4, p. 432-446, 2000.

LELIS, G. R. et al. Suplementação dietética de fitase sobre o metabolismo de nutrientes de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa. v.39, n.8, p.1768-1773, 2010.

LIBAO-MERCADO, A. J. O. et al. Dietary and endogenous amino acids are the main contributors to microbial protein in the upper gut of normally nourished pigs. **The Journal of Nutrition**, [s.l.], v. 139, n. 6, p. 1088-1094, 2009.

MACKIE, E. J.; TATARCZUCH, L.; MIRAMS, M. The skeleton: a multi-functional complex organ: the growth plate chondrocyte and endochondral ossification. **Journal of Endocrinology**, [s.l.], v. 40, p. 109-121, 2011.

MANTOVANI, C. et al. Composição química e valor energético do farelo e da semente de girassol para frangos de corte. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, [s.l.], v. 22, p. 745-749, 2000.

MATEOS, G. G. et al. Poultry response to high levels of dietary fiber sources varying in physical and chemical characteristics. **Journal of Applied Poultry Research**, [s.l.], v. 21, n. 1, p. 156-174, 2012. MATEOS et al., 2012.

MONTAGNE, L.; PLUSKE, J. R.; HAMPSON, D. J. A review of interactions between dietary fibre and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. **Animal Feed Science and Technology**, [s.l.], v. 108, n. 1-4, p. 95-117, 2003.

NORTEY, T. N. *et al.* Effects of xylanase supplementation on the apparent digestibility and digestible content of energy, amino acids, phosphorus, and calcium in wheat and wheat by-products from dry milling fed to grower pigs. **Journal of Animal Science**, [s.l.], v. 86, n. 12, p. 3450-3464, 2008.

O'NEILL, H. V. M.; SMITH, J. A.; BEDFORD, M. R. Multicarbohydrase enzymes for non-ruminants. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, [s.l.], v. 27, n. 2, p. 290, 2014.

QAISRANI, S. N. *et al.* Protein source and dietary structure influence growth performance, gut morphology, and hindgut fermentation characteristics in broilers. **Poultry Science**, [s.l.], v. 93, n. 12, p. 3053-3064, 2014.

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

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; HANNAS, M. I. *et al.* **Tabelas brasileiras para aves e suínos**: composição de alimentos e exigências nutricionais. 4. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2017.

SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2007, 283p.

SANDILANDS, V.; MOINARD, C.; SPARKS, N. H. C. Providing laying hens with perches: fulfilling behavioural needs but causing injury? **British Poultry Science**, [s.l.], v. 50, n. 4, p. 395-406, 2009.

SAS Institute. **SAS Users guide**: Statistics. Version 8. Carry, NC, 2000.

SCHARLACK, N. K.; ARACAVAL, K. K.; RODRIGUES, C. E. C. Effect of the type and level of hydration of alcoholic solvents on the simultaneous extraction of oil and chlorogenic acids from sunflower seed press cake. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [s.l.], v. 97, n. 13, p. 4612-4620, 2017.

SEEDOR, J. G.; QUARTUCCIO, H. A.; THOMPSON, D. D. The bisphosphonate alendronate (MK-217) inhibits bone loss due to ovariectomy in rats. **Journal of Bone and Mineral Research**, [s.l.], v. 6, n. 4, p. 339-346, 1991.

SELLE, P.H. *et al.* Consequences of calcium interactions with phytate and phytase for poultry and pigs. **Livestock Science**, v.124,p.126-141, 2009. Available from: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1871141309000249>>. Acesso em: 10 out. 2019.

SELLE, P. H. *et al.* Protein-phytate interactions in pig and poultry nutrition: a reappraisal. **Nutrition Research Reviews**, [s.l.], v. 25, n. 1, p. 1-17, 2012.

SELLE, P. H.; COWIESON, A. J.; RAVINDRAN, V. Consequences of calcium interactions with phytate and phytase for poultry and pigs. **Livestock Science**, [s.l.], v. 124, n. 1-3, p. 126-141, 2009.

SELLE, P. H.; RAVINDRAN, V. Microbial phytase in poultry nutrition. **Animal Feed Science and Technology**, [s.l.], v. 135, n. 1-2, p. 1-41, 2007.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa, MG: UFV, 2002.

SINHA, A. K. *et al.* Non-starch polysaccharides and their role in fish nutrition—A review. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 127, n. 4, p. 1409-1426, 2011.

TEIRLYNCK, E. *et al.* The cereal type in feed influences gut wall morphology and intestinal immune cell infiltration in broiler chickens. **British Journal of Nutrition**, [s.l.], v. 102, n. 10, p. 1453-1461, 2009.

TEITELBAUM, S. L. Bone resorption by osteoclasts. **Science**, [s.l.], v. 289, n. 5484, p. 1504-1508, 2000.

VÄÄNÄNEN, K. Mechanism of osteoclast mediated bone resorption—rationale for the design of new therapeutics. **Advanced Drug Delivery Reviews**, [s.l.], v. 57, n. 7, p. 959-971, 2005.

VIEIRA, S. L.; STEFANELLO, C.; CEMIN, H. S. Lowering the dietary protein levels by the use of synthetic amino acids and the use of a mono component protease. **Animal Feed Science and Technology**, [s.l.], v. 221, p. 262-266, 2016.

WOLF, G. Function of the bone protein osteocalcin: definitive evidence. **Nutrition Reviews**, [s.l.], v. 54, n. 10, p. 332-333, 1996.

YOKHANA, J. S.; PARKINSON, G.; FRANKEL, T. L. Effect of insoluble fiber supplementation applied at different ages on digestive organ weight and digestive enzymes of layer-strain poultry. **Poultry Science**, [s.l.], v. 95, n. 3, p. 550-559, 2016.

ZAITSEVA, O. V.; SHANDRENKO, S. G.; VELIKY, M. M. Biochemical markers of bone collagen type I metabolism. **The Ukrainian Biochemical Journal**, [s.l.], v. 87, n 1, p. 21-32, 2015.