



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS  
CAMPUS DE ARAGUAÍNA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL TROPICAL

**VALQUÍRIA SOUSA SILVA**

**ASSOCIAÇÃO ENZIMÁTICA EM DIETAS DE POEDEIRAS CRIADAS EM  
SISTEMA *FREE RANGE***

Araguaína/TO

2019

VALQUÍRIA SOUSA SILVA

**ASSOCIAÇÃO ENZIMÁTICA EM DIETAS DE POEDEIRAS CRIADAS EM  
SISTEMA *FREE RANGE***

Dissertação Apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência animal Tropical da Universidade Federal do Tocantins para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal Tropical.

Orientadora: DSc. Kênia Ferreira Rodrigues

Coorientador: DSc. Everton Luis Krabbe

Araguaína/TO

2019

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins**

---

S586a Silva, Valquíria Sousa.

Associação enzimática em Dietas de poedeiras criadas em sistema free range. / Valquíria Sousa Silva. – Araguaína, TO, 2019.

62 f.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Araguaína - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em Ciência Animal Tropical, 2019.

Orientador: Kênia Ferreira Rodrigues

Coorientador: Everton Luis Krabbe

1. Fitase. 2. Matriz Nutricional. 3. Qualidade de ovos. 4. Xilanase. I. Título

**CDD 636.089**

---

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

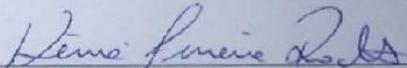
**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).**

**ASSOCIAÇÃO ENZIMÁTICA EM DIETAS DE POEDEIRAS CRIADAS EM  
SISTEMA *FREE RANGE***

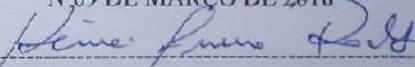
**VALQUÍRIA SOUSA SILVA**

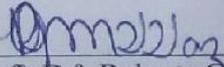
Dissertação aprovada como requisito para  
obtenção do título de Mestre em Ciência  
Animal Tropical, tendo sido julgada pela  
Banca Examinadora formada pelos  
professores:

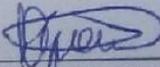
Aprovada em: 08 de fevereiro de 2019

  
\_\_\_\_\_  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Kênia Ferreira Rodrigues (Orientadora)  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS

\_\_\_\_\_  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Cristina Manno  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA  
Participação à distância de acordo com resolução do Consepe – UFT  
Nº09 DE MARÇO DE 2018

  
\_\_\_\_\_  
Presidente da Banca de Defesa e Orientadora

  
\_\_\_\_\_  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Roberta Gomes Marçal Vieira Vaz  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Danilo Vargas Gonçalves Vieira  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS

*Dedico aos meus pais, José Pereira da Silva e  
Valdir de Sousa Ribeiro e aos meus irmãos  
que sempre me apoiaram e acreditaram em  
mim, sendo meu alicerce em todos os  
momentos.*

*"Seja você quem for, seja qual for a posição social que você tenha na vida, a mais alta ou a mais baixa, tenha sempre como meta muita força, muita determinação e sempre faça tudo com muito amor e com muita fé em Deus, que um dia você chega lá. De alguma maneira você chega lá."*

*(Ayrton Senna)*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela sua infinita misericórdia, que me proporcionou alcançar essa grande conquista.

Aos meus pais, minha mãe Valdir de Sousa Ribeiro e meu pai José Pereira da Silva, pelo amor, educação e força para acreditar na vida e lutar por meus objetivos. Amo vocês.

Aos meus irmãos, Leandro, Neurivan, Guilherme, Eliandra e Valéria, por todo apoio e incentivo. Minha eterna gratidão!

Aos meus amigos, Felipe, Carol, Cris, Denise, Ana Kássia, Hérica, Laura e Gustavo, pelo companheirismo, compreensão, momentos de lazer e palavras de incentivo.

Aos meus amigos que a UFT me proporcionou conhecer, Rafael, Luciano, Cazuzza, Jessica, Orlandinho, Hanna, Aline, Edelson. Obrigada a todos!

A minha Orientadora professora Dra. Kênia Rodrigues pela orientação, ensinamentos e confiança.

Ao Dr. Everton Luis Krabbe meu Coorientador, pela oportunidade de desenvolver a pesquisa e por todo ensinamento.

A Embrapa Suínos e Aves em especial aos analistas Márcio Saatkamp, Vick Lilge Kowski, Levino Bassi, Diego Surek e Gizelle Bedendo.

Aos amigos que fiz na Embrapa e em Concórdia – SC, Andressa de Rossi, Maiara Bender, Caroline Marinho, Nayane Lima, Cristiéle Contreira, Ana Cé, Gabriela Bonassa, Tais Gaspareto e Vitória Guerra. Obrigada por tornarem meus dias em Concórdia inesquecíveis.

Ao grupo de pesquisa GEPA, em especial Carlinha, Aline, Ecione, Shayane, Laudinete e Mara por estarem sempre disponíveis para esclarecer minhas dúvidas, sou muito grata a vocês.

À Universidade Federal do Tocantins e ao Programa de pós-graduação em Ciência Animal Tropical e todos os professores, pela oportunidade do curso e ao CNPq, pelo financiamento de minha bolsa.

E a todos que de alguma forma me ajudaram alcançar esse objetivo, muito obrigada!

## RESUMO

O sistema *free range*, ou “ao ar livre”, surge como uma alternativa aos sistemas convencionais em gaiolas. A utilização de enzimas como aditivos alimentares para poedeiras comerciais pode aumentar a digestibilidade dos nutrientes dos ingredientes da dieta. Neste estudo, são abordadas as contribuições nutricionais das enzimas fitase e xilanase na produtividade e qualidade de ovos, considerando as novas tendências de produção *free range*. Foi realizado um experimento com 800 poedeiras da linhagem Isa Brown de 24 a 30 semanas de idade, distribuídas em um delineamento em blocos completos casualizado em esquema fatorial 2 x 2 (2 associações de enzimas (fitase e xilanase) x 2 matrizes nutricionais, sendo a primeira convencional de mercado e a segunda supervalorizada), totalizando quatro tratamentos com cinco repetições e 40 aves por unidade experimental. Os blocos foram estabelecidos de acordo com o peso das aves. Os tratamentos foram: **T1**: fitase (450 FTU/kg) + xilanase (12000 BXU/kg) + Matriz I (EMA, Kcal/kg: 100; Ca %: 0,16; Pd %: 0,15; Na %: 0,03; Lis. Dig %: 0,02.); **T2**: fitase (1500 FTU/kg) + Matriz I (EMA, Kcal/kg: 100; Ca %: 0,16; Pd %: 0,15; Na %: 0,03; Lis. Dig %: 0,02.); **T3**: fitase (450 FTU/kg) + xilanase (12000 BXU/kg) + Matriz II (EMA, Kcal/kg: 120; Ca %: 0,22; Pd %: 0,20; Na %: 0,04; Lis. Dig %: 0,05.); **T4**: Fitase 1500 FTU/kg) + Matriz II (EMA, Kcal/kg: 120; Ca %: 0,22; Pd %: 0,20; Na %: 0,04; Lis. Dig %: 0,05). Foram analisadas as variáveis de desempenho produtivo, qualidade externa e interna dos ovos. A associação de fitase ou fitase + xilanase, independente da matriz utilizada, conseguiu atender às exigências dos animais e manter o desempenho produtivo. Porém, a combinação de fitase (450 FTU/kg) + xilanase (12000 BXU/kg) e a adoção da matriz I (EMA, Kcal/kg: 100; Ca %: 0,16; Pd %: 0,15; Na %: 0,03; Lis. Dig %: 0,02) foi mais eficiente para manter a qualidade dos ovos de poedeiras criadas no sistema *free range*.

**Palavras-chaves:** Fitase. Matriz nutricional. Qualidade de ovos. Valorização. Xilanase.

## ABSTRACT

The *free range* system is an alternative to conventional cage systems. The use of enzymes as feed additives for commercial laying hens may increase the digestibility of nutrients from dietary ingredients. In this study, the nutritional contributions of phytase and xylanase enzymes in egg yield and quality are addressed, considering the new free range production trends. An experiment was carried out with 800 laying hens of the Isa Brown line from 24 to 30 weeks of age, distributed in a randomized complete block design in a 2 x 2 factorial scheme (2 associations of enzymes (phytase and xylanase) x 2 nutritional matrices, first conventional market and the second overvalued), totaling four treatments with five replicates and 40 birds per experimental unit. The blocks were established according to the weight of the birds. The treatments were: T1: phytase (450 FTU / kg) + xylanase (12000 BXU / kg) + Matrix I (EMA, Kcal / kg: 100; Ca%: 0.16; Pd%: 0.15; Na% 0.03, Lys. Dig%: 0.02); T2: phytase (1500 FTU / kg) + Matrix I (EMA, Kcal / kg: 100; Ca%: 0.16; Pd%: 0.15; Na%: 0.03; Lys Dig%: 0.02); T3: phytase (450 FTU / kg) + xylanase (12000 BXU / kg) + Matrix II (EMA, Kcal / kg: 120, Ca%: 0.22, Pd%: 0.20, Na%: 0.04; Lys. Dig%: 0.05); T4: Phytase 1500 FTU / kg) + Matrix II (EMA, Kcal / kg: 120, Ca%: 0.22, Pd%: 0.20, Na%: 0.04; Lys Dig%: 0.05). The variables of productive performance, external and internal quality of eggs were analyzed. The association of phytase or phytase + xylanase, regardless of the matrix used, was able to meet the requirements of the animals and maintain productive performance. However, the combination of phytase (450 FTU / kg) + xylanase (12000 BXU / kg) and the adoption of matrix I (EMA, Kcal / kg: 100, Ca%: 0.16, Pd%: 0.15, Na %: 0.03; Lys. Dig%: 0.02) was more efficient to maintain the egg quality of laying hens raised in the *free range* system

**Key-words:** Appreciation. Egg Quality. Nutritional Matrix. Phytase. Xylanase.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> - Esquema da utilização de energia pelos monogástricos e exemplo aproximado das perdas de energia da dieta .....	14
<b>Figura 2</b> – Molécula de ácido fítico.....	19
<b>Figura 2</b> – Molécula de fitato complexada com cátions e fração protéica.....	20
<b>Figura 3</b> – Vistas externa e interna do galpão onde as aves foram alojadas. ....	42

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Tratamentos utilizados no experimento.....	43
<b>Tabela 2</b> - Valorização na Dieta - Matriz Convencional (1) e supervalorizada (2).....	44
<b>Tabela 3</b> - Composição percentual das dietas experimentais. ....	45
<b>Tabela 4</b> – Desempenho produtivo de poedeiras semipesadas alimentadas com diferentes estratégias de associação enzimática no período de 24 a 30 semanas de idade.....	49
<b>Tabela 5</b> – Qualidade externa de ovos de poedeiras semipesadas alimentadas com diferentes estratégias de associação enzimática no período de 24 a 30 semanas de idade.....	51
<b>Tabela 6</b> - Desdobramento da interação para porcentagem de casca de poedeiras semipesadas alimentadas com diferentes estratégias de associação enzimática no período de 24 a 30 semanas de idade .....	52
<b>Tabela 7</b> – Qualidade interna de ovos de poedeiras semipesadas alimentadas com diferentes estratégias de associação enzimática no período de 24 a 30 semanas de idade.....	53

## LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

Ca	Cálcio
EB	Energia bruta
ED	Energia digestível
EL	Energia líquida
EM	Energia metabolizável
EMV	Energia metabolizável verdadeira
EMA	Energia metabolizável aparente
EMVn	Energia metabolizável verdadeira corrigida para nitrogênio
EMAn	Energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio
Fe	Ferro
FTU	Unidade de fitase ativa
K	Potássio
Kcal	Quilocalorias
Kg	Quilogramas
Kgf	Quilograma-força
mg	Miligramas
Mg	Magnésio
Mn	Manganês
mRNA	RNA mensageiro
Na	Sódio
P	Fósforo
PB	Proteína bruta
PNAs	Polissacarídeos não amiláceos
Zn	Zinco

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>12</b>
<b>2. CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>13</b>
<b>1 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>13</b>
<b>1.1 Sistema de produção <i>free range</i> para galinhas poedeiras .....</b>	<b>13</b>
<b>1.2 Considerações sobre a alimentação de galinhas poedeiras .....</b>	<b>14</b>
<b>1.2.1 Exigência em Energia Metabolizável.....</b>	<b>14</b>
<b>1.2.2 Efeito dos minerais na nutrição das poedeiras.....</b>	<b>17</b>
<b>1.2.2.1 Cálcio .....</b>	<b>17</b>
<b>1.2.2.2 Fósforo .....</b>	<b>18</b>
<b>1.3 Fatores antinutricionais .....</b>	<b>19</b>
<b>1.3.1 Fitato.....</b>	<b>20</b>
<b>1.3.2 Polissacarídeos não amiláceos (PNAs).....</b>	<b>22</b>
<b>1.4 Enzimas exógenas.....</b>	<b>23</b>
<b>1.4.1 Fitase.....</b>	<b>24</b>
<b>1.4.2 Xilanase.....</b>	<b>26</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>28</b>
<b>3 CAPÍTULO 2 .....</b>	<b>38</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>40</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>42</b>
<b>2.1 local e período experimental .....</b>	<b>42</b>
<b>2.2 Animais, instalações e manejo .....</b>	<b>42</b>
<b>2.3 Delineamento, tratamentos e dietas experimentais.....</b>	<b>43</b>
<b>2.4 Variáveis analisadas.....</b>	<b>45</b>
<b>2.4.1 Desempenho produtivo .....</b>	<b>46</b>
<b>2.4.2 Qualidade externa e interna dos ovos.....</b>	<b>46</b>

## SUMÁRIO

<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>49</b>
<b>4 CONCLUSÕES .....</b>	<b>55</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>56</b>

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil aloja aproximadamente 96 milhões de pintainhas anualmente, produzindo cerca de 39,9 bilhões de ovos por ano (ABPA, 2018). A perspectiva para os próximos anos é a continuidade deste crescimento, buscando maneiras de intensificar a produtividade visando o bem-estar animal.

A avicultura de postura passou por grandes avanços genéticos ao longo dos anos, melhorando a eficiência e aumentando a produtividade das aves. Consequentemente, este melhoramento genético também tornou as aves mais exigentes em termos de nutrientes (Costa et al., 2008), criando a necessidade de constantemente avaliar suas exigências nutricionais para o fornecimento adequado de energia e nutrientes, possibilitando a expressão máxima do potencial genético do animal.

A nutrição é um dos pontos críticos na produção de aves e deve ser manejado adequadamente para garantir os altos níveis de produção, e o aumento da eficiência produtiva é consequência da adoção de estratégias nutricionais que resultam em melhor aproveitamento dos nutrientes e menores custos de produção.

A base da alimentação dos animais monogástricos é composta por ingredientes de origem vegetal, os quais apresentam diversos fatores antinutricionais, que interferem na digestibilidade. Porém, com o avanço das pesquisas, no que diz respeito à biotecnologia, tornou-se possível a adição de substâncias nas rações que melhorassem o aproveitamento destes ingredientes. Entre estas substâncias podemos citar as enzimas exógenas (BARBOSA et al., 2008; BARBOSA et al., 2012)

As enzimas exógenas além de complementar o efeito das enzimas digestivas endógenas produzidas no trato gastrintestinal dos animais, hidrolisam os complexos antinutricionais e melhoram o uso dos nutrientes dietéticos, permitindo a redução do teor de energia, fósforo, proteínas e aminoácidos na ração (CAMPASINO et al., 2015), o que leva a benefícios como a redução de nutrientes excretados no ambiente, bem como do custo da dieta.

Diante deste contexto, objetivou-se com o presente trabalho estudar as contribuições nutricionais das enzimas fitase e xilanase na produtividade e qualidade de ovos, considerando as novas tendências de produção *free range*.

## 2. CAPÍTULO 1

### 1 REVISÃO DE LITERATURA

#### 1.1 Sistema de produção *free range* para galinhas poedeiras

Os sistemas convencionais (gaiolas) de criação para produção de ovos é um aspecto preocupante quanto ao desenvolvimento de doenças e desempenho zootécnico das aves, pois afeta negativamente o bem-estar animal. Logo, a busca por modelos de criação que possam garantir o bem-estar animal, os índices produtivos, a saúde e a qualidade do produto final, leva ao desenvolvimento de sistemas alternativos de produção (HOOREBEKE; IMMENSEL; SCHULZ, 2010). Nesse contexto, o sistema *free range* ou “ao ar livre” surge como uma alternativa aos sistemas confinados.

Diferente do sistema de criação convencional em gaiolas, o sistema *free range* é um tipo de sistema alternativo, onde as aves além de ficarem soltas no galpão com acesso a ninhos, poleiros, local para banho de areia e maior espaço para se movimentar, ainda possuem acesso a piquete para forragear do lado externo do galpão (BESSEI, 2010). É um modelo de produção diferenciado, de baixa densidade, onde os animais têm acesso direto ao pasto, consumindo insetos e forragem típica do seu hábito alimentar, conferindo dessa maneira textura e cor diferenciada aos ovos (TAKAHASHI et al., 2006). Ressalta-se que este sistema possui um potencial benéfico sobre o bem-estar das aves, uma vez que não reprimem seus instintos e permite-lhes mostrar padrões de comportamento naturais, como movimentar-se, ciscar, abrir as asas, limpar as penas, pastejar, etc. (MIAO; GLATZ; RU, 2005; BESSEI, 2010).

A visão da sociedade com relação ao bem-estar animal está mudando, e isso tem ocorrido, principalmente, devido à rápida urbanização, combinada com o aumento do poder aquisitivo, demandando ações específicas com relação ao meio ambiente e às condições dos criatórios dos animais (MOURA et al., 2006). MESÍAS et al. (2011), em uma pesquisa, mostraram que os consumidores preferem os ovos produzidos em sistemas de produção alternativos, porque satisfazem suas crenças sobre o bem-estar animal ou porque acreditam que esses ovos são menos ricos em colesterol e gordura total.

Muitas empresas multinacionais do ramo alimentício da União Europeia, EUA, Canadá e América do Sul anunciaram que não irão mais utilizar ovos provenientes da criação

em gaiolas a partir de 2025, estas multinacionais informaram que só pretendem utilizar em sua cadeia de suprimentos ovos produzidos 100% no sistema *free range*.

Com o crescente aumento do consumo mundial de produtos advindos da produção animal, cada vez mais vai se buscar maneiras de intensificar a produtividade aliada ao bem-estar animal e a redução dos custos de produção, principalmente os custos com a alimentação.

## **1.2 Considerações sobre a alimentação de galinhas poedeiras**

No Brasil, aproximadamente 90% das dietas para poedeiras comerciais são compostas por ingredientes de origem vegetal, em especial o milho e o farelo de soja, os quais apresentam alta digestibilidade e boa composição nutricional (VIANA et al., 2011). Os valores gastos com estes ingredientes na alimentação podem representar até 70% dos custos totais de produção do setor, e pequenas melhorias na eficiência de utilização dos nutrientes nas rações podem resultar em grande economia (SANTOS; GRANGEIRO, 2012).

Outro ponto relevante e de extrema importância é que as aves podem não aproveitar de forma eficiente os nutrientes contidos na ração, devido aos fatores antinutricionais e ingredientes de baixa digestibilidade que podem provocar efeitos fisiológicos adversos ou diminuir a biodisponibilidade de nutrientes. Desta forma, uma ração que não seja equilibrada e que não atenda às necessidades nutricionais das aves pode afetar negativamente a produção e a qualidade dos ovos produzidos (ABREU et al., 2018).

Os diferentes nutrientes presentes na dieta de galinhas poedeiras possuem efeito direto sobre o desempenho e a produção de ovos. Os mais importantes e básicos incluem: energia, proteínas, minerais e vitaminas. Não só todos estes nutrientes devem estar presentes na dieta, mas também devem estar em quantidades suficientes para atender às exigências dos animais.

A formulação de dietas com níveis de minerais inadequados durante a fase de crescimento da ave pode acarretar em desequilíbrio na homeostase mineral e um inapropriado desenvolvimento dos ossos (PINTO et al., 2012). Na fase de postura esse desequilíbrio prejudica principalmente a qualidade dos ovos (ROSA et al., 2011).

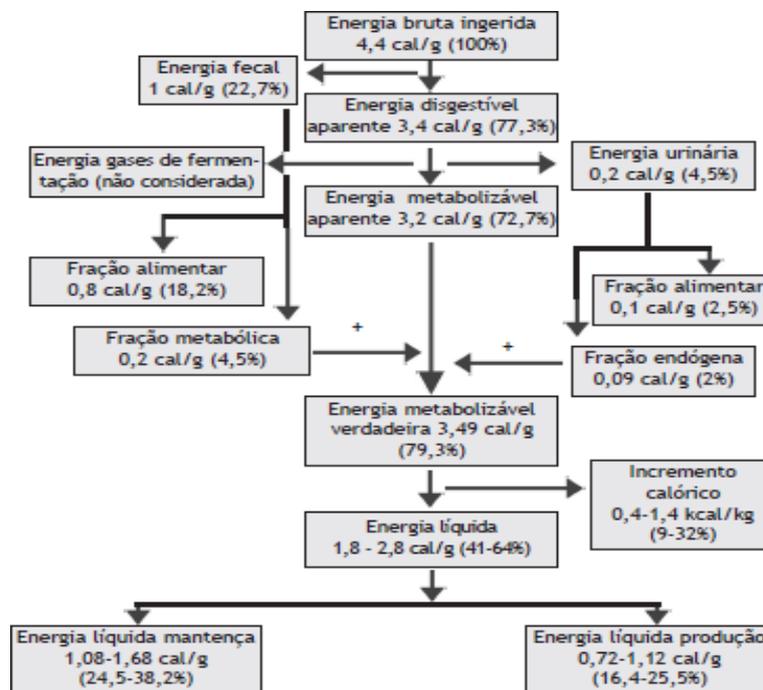
A energia possui influência direta sobre o desempenho das galinhas poedeiras, isto porque os animais alimentam-se primeiramente para atender suas necessidades energéticas, ou seja, consomem ração até atender suas exigências energéticas mínimas para manutenção e produção (ROLAND, 2010).

### **1.2.1 Exigência em Energia Metabolizável**

A energia é o principal componente que influencia o desempenho da ave. Não é um nutriente, mas resulta da oxidação dos nutrientes (carboidratos, lipídeos e proteínas) durante o metabolismo. Pode ser definida como “a capacidade de realização de trabalho, e medida apenas por meio da sua transformação de uma forma para a outra” (Bertechini, 2012). Liberada na forma de calor pela oxidação dos nutrientes durante o metabolismo, a energia é responsável por diversos processos metabólicos que envolvem desde a manutenção das funções vitais, regulação da temperatura corporal até o máximo potencial produtivo do animal.

Pode-se assim dizer que a energia é liberada como calor ou é armazenada para posterior uso pelos processos metabólicos. A energia presente nos alimentos pode ser biologicamente dividida em: energia bruta (EB), energia digestível (ED), energia metabolizável (EM) e energia líquida (EL) sendo a EL a energia que o animal utiliza para manutenção e produção (Figura 1) (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2016).

**Figura 1** - Esquema da utilização de energia pelos monogástricos e exemplo aproximado das perdas de energia da dieta



Fonte: Sakomura; Rostagno, 2016.

A EB, segundo o NRC (1994), é a energia liberada como calor quando o alimento é completamente oxidado a dióxido de carbono e água. Os valores de energia são expressos em

calorias ou joule, sendo que uma caloria pode ser definida como a quantidade de calor necessária para elevar um grama de água de 14,5°C para 15,5°C.

A energia digestível (ED) representa a energia do alimento que é absorvida após o processo de digestão nos animais. É determinada pela diferença entre a EB do alimento ingerido e a energia bruta das fezes (NRC, 1994). Para as aves a ED não é usualmente utilizada pela dificuldade de separar as fezes da urina, sendo a energia metabolizável (EM) a forma normalmente utilizada, obtida pela diferença entre a EB dos alimentos e a EB das excretas (fezes e urina) e dos gases oriundos da digestão. Porém, a energia perdida na forma de gases nos monogástricos é muito baixa, sendo este desprezado nos cálculos da EM (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2016).

A EM pode ser quantificada como energia metabolizável aparente (EMA) ou energia metabolizável verdadeira (EMV). A EMA considera que toda energia das fezes e urina é derivada do alimento. Já, a EMV envolve a correção dos valores de EM pelas perdas endógenas e metabólicas (SIBBALD, 1982).

A EM também pode ser determinada e expressa como energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio (EMAn), e energia metabolizável verdadeira corrigida para balanço de nitrogênio (EMVn). A correção para balanço de nitrogênio permite que valores de energia metabolizável de aves com distintas exigências proteicas sejam comparados, uma vez que, aves em crescimento, por exemplo, uma parte considerável do nitrogênio consumido na dieta é retido para formação de tecidos e, em adultas, grande partes dos compostos nitrogenados são catabolizados e excretados sob a forma de ácido úrico (DE LANGE; BIRKETT, 2005; SAKOMURA; ROSTAGNO, 2016).

A energia representa o componente mais caro na formulação de uma ração. Portanto, é importante que sejam bem definidos os níveis de EMA a serem utilizados nas diferentes idades e a sua influência sobre os parâmetros produtivos e de qualidade de ovos (RIBEIRO et al., 2013). Os níveis de EM segundo Rostagno et al. (2017) para poedeiras comerciais leves e semipesadas na fase de postura são 2900 e 2850 kcal/kg, respectivamente.

O conteúdo energético da dieta é um dos principais fatores que controlam a quantidade de alimento ingerido pela galinha. Segundo Morris (2004) a ave aumenta o consumo de ração em função da densidade energética somente até o ponto em que sejam atendidos os requerimentos. Quanto maior teor de energia possuir um alimento, menor será a quantidade dele consumida pela ave e vice-versa.

## 1.2.2 Efeito dos minerais na nutrição das poedeiras

Assim como a EM, o aporte adequado de minerais para poedeiras comerciais é indispensável para a melhoria das qualidades interna e externa dos ovos. Entre os minerais de maior importância pode-se citar o cálcio (Ca) e o fósforo (P). O Ca destaca-se pela importância para o crescimento e manutenção do tecido ósseo, além do equilíbrio eletrolítico, contração muscular e formação da casca do ovo. O P é um importante constituinte da molécula de energia (ATP) e está intrinsecamente relacionado com o cálcio (ROSA et al., 2011).

### 1.2.2.1 Cálcio

O cálcio (Ca) é um macromineral essencial metabolicamente mais ativo, que desempenha papel crítico em muitos processos biológicos. Atua na regulação da contração muscular, na transmissão de impulsos nervosos, na coagulação sanguínea, na ativação de sistemas enzimáticos e adesão celular, na reprodução e na formação do ovo e mineralização óssea (LI et al., 2018).

A utilização do cálcio pelo organismo depende da idade e da espécie animal, uma vez que as recomendações nutricionais variam entre as fases de crescimento e produção. Nas aves em crescimento, esse mineral é utilizado na formação óssea, enquanto, que na fase de produção, é utilizado na formação da casca do ovo, cujo peso médio é de 5 a 6 g, dos quais aproximadamente 2 g são apenas de cálcio (NUNES et al., 2006).

As concentrações de cálcio no sangue e nos tecidos devem ser mantidas constantes. Para que ocorra um intercâmbio contínuo entre os níveis de cálcio sanguíneo e o dos ossos, o cálcio dietético absorvido deve ser rapidamente depositado no tecido ósseo e utilizado conforme as necessidades metabólicas (JUNQUEIRA e CARNEIRO, 2004). Segundo Highfill (1998), se houver diminuição na concentração de cálcio no sangue, rapidamente o cálcio é mobilizado dos ossos para elevar o nível sanguíneo ao normal. O cálcio acumulado nos ossos durante o crescimento serve também como reservatório para ser utilizado durante toda a vida do animal.

Na carência de cálcio dietético para a formação da casca, o osso medular pode fornecer até 59% de cálcio livre para o sangue, sendo 48% deste utilizado para formação da casca do ovo (MENDONÇA JÚNIOR, 1993). Já o excesso de cálcio nas dietas pode causar antagonismo na absorção de minerais, influenciando na manutenção da homeostase do animal

(PASTORE et al., 2012). Os níveis de cálcio para poedeiras comerciais leves e semipesadas na fase de postura são 4,4 e 3,8% de cálcio, respectivamente (ROSTAGNO et al., 2017)

Conforme a poedeira envelhece observa-se aumento no peso do ovo em até 20%, mas sem aumento proporcional no peso da casca. A deposição de cálcio na casca corresponde a, aproximadamente, 10% do total deste mineral presente no organismo e com o avançar da idade da ave esta deposição não aumenta, resultando na queda da qualidade da casca (NUNES et al., 2006).

A regulação de todo esse sistema homeostático do cálcio no organismo é eficientemente atingida através da ação combinada de três órgãos-sistema: trato gastrointestinal, rim e osso. O trato gastrointestinal é a via primordial de absorção do cálcio dietético, o rim é o órgão base da regulação plasmática de cálcio e o osso, o principal reservatório dinâmico de cálcio no organismo (HOENDEROP; NILIUS; BINDELS, 2005).

As galinhas poedeiras requerem altos níveis de cálcio sérico para a formação da casca do ovo. Estes altos níveis são obtidos por meio da desmineralização óssea e pelo aumento da absorção intestinal. A vitamina D ativa (1,25 dihidroxicolecalciferol) é secretada pelos rins, de modo que esta regule a absorção de cálcio pela indução de mRNA e a síntese de proteínas transportadoras de membrana (HOENDEROP; NILIU; BINDELS, 2005). A absorção é particularmente no duodeno e no jejuno, sendo a velocidade maior que a de qualquer outro íon, exceto o sódio (Na) (PELICIA et al., 2009).

O cálcio e o fósforo interagem durante a absorção, metabolismo e excreção. Entretanto, elevado nível de fósforo na dieta pode causar deficiência de cálcio reduzindo o desempenho e a qualidade do ovo nas poedeiras. Estes minerais estão intimamente associados ao metabolismo das aves, se apresentando no organismo isoladamente ou combinados.

#### *1.2.2.2 Fósforo*

O fósforo (P) é importante mineral estrutural presente nos componentes fosfatados das membranas celulares; participa dos processos fisiológicos, enzimáticos, na absorção de nutrientes, na mineralização óssea além de ser um dos minerais que mais onera nos custos das rações (SELLE; RAVINDRAN, 2007). É o segundo mineral mais abundante na composição dos tecidos animais, sendo 80% presentes nos ossos e dentes, e o restante está distribuído entre fluidos e outros tecidos. A estrutura óssea é composta por 16% de fósforo e 36% de cálcio, podendo atuar como reserva lábil em situações em que a dieta não atende à exigência da ave (PINHEIRO et al., 2011).

O fósforo desempenha papel importante na formação e metabolismo da casca do ovo, sendo parte do papel a redução da acidose sanguínea. Na formação da casca o nível de fósforo no sangue é alto, causando um aumento na excreção de fosfato pelo rim; durante a excreção, o fosfato carrega íons de  $H^+$ , auxiliando na manutenção dos níveis de bicarbonato, consequentemente reduzindo a acidose (PELICIA et al., 2009).

Do total de fósforo utilizado pelas poedeiras durante o processo de formação do ovo, a maior porção é incorporada à gema sob a forma de fosfolipídeos e fosfoproteínas. Uma pequena parte é depositada na casca para formar o fosfato de cálcio e uma fração menor é utilizada na formação da clara (CAVALHEIRO et al., 1983).

O aumento do fósforo no plasma pode resultar na diminuição da gravidade específica do ovo, pois quando em excesso, o fósforo pode dificultar a liberação de cálcio ósseo e a mineralização adequada da casca (PASTORE et al., 2012; LEI et al., 2011; LI et al., 2018). A quantidade de fósforo presente no ovo é de 20 mg na casca, e 130 a 140 mg na gema; já no sangue a concentração é de 35 a 45 mg/100ml de sangue (HARMS, 1982),

Para que aconteça absorção de fósforo, há a necessidade de um equilíbrio entre os íons Ca e P, chamado de relação Ca: P. A relação é imprescindível devido ao excesso de cálcio afetar no consumo de ração e a qualidade de casca, de forma que o aumento de cálcio dietético reduz a taxa de absorção ao nível intestinal (ANDRIGUETTO et al., 2002).

A absorção do fósforo é feita no intestino delgado. No duodeno é absorvido por mecanismo de transporte ativo com co-transporte do íon sódio, no jejuno e íleo ocorre por mecanismo passivo, sendo dependente principalmente da sua concentração no lúmen e é independente dos níveis de outros nutrientes e da energia. A taxa de transporte ativo é aumentada pela presença do hormônio calcitrol, forma ativa da vitamina D3 [ $1,25 (OH)_2 D_3$ ] (QUINTERO-PINTO et al., 2011).

Os níveis de fósforo disponível segundo Rostagno et al. (2017) para poedeiras comerciais leves e semipesadas são 0,37 e 0,31% de fósforo, respectivamente. Porém, cerca 60 a 80% do teor de fósforo dos cereais está sob a forma de fitato, um fator antinutricional e, portanto, indisponível para os monogástricos. Como aves não podem hidrolisar o fitato, uma vez que não sintetizam enzimas digestivas específicas, a utilização de fontes exógenas do mineral é indispensável para evitar sua deficiência no metabolismo do animal (BROCH et al., 2018).

### **1.3 Fatores antinutricionais**

Segundo Campestrini (2005), “fatores antinutricionais são aqueles gerados nos alimentos *in natura*, pelo metabolismo normal da espécie da qual o material se origina, e, por mecanismos diferentes como decomposição ou inativação de alguns nutrientes, diminuição digestiva ou metabólica do alimento, exercendo efeito contrário à nutrição adequada”.

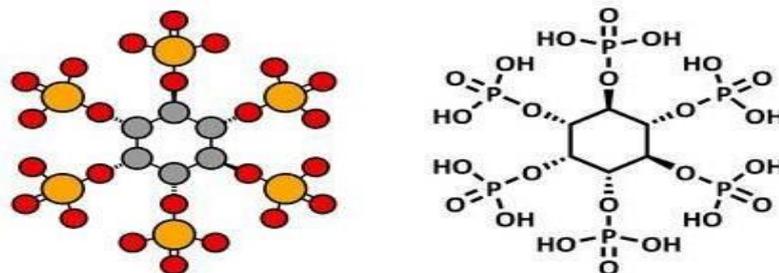
Para Benevides et al. (2011), o conceito de fatores antinutricionais refere-se a compostos presentes em ingredientes de origem vegetal que, ao serem ingeridos, reduzem o valor nutritivo desses alimentos, de maneira que, interferem na digestibilidade, absorção e utilização de nutrientes.

Os ingredientes vegetais apresentam diversos fatores antinutricionais de ocorrência natural. Os inibidores de proteínas (tripsina, quimiotripsina), as hemaglutininas (lectinas), os oxalatos (oxalato de cálcio), os taninos (polifenóis), o nitrito ( $\text{NO}_3^-$ ), o nitrato ( $\text{NO}_2^-$ ), o fitato (ácido fítico) e os polissacarídeos não amiláceos (PNAs) são alguns exemplos destes compostos (NIKMARAM et al., 2017). O fitato reduz a biodisponibilidade de certos minerais, principalmente o fósforo, e os PNAs (polissacarídeos não amiláceos) solúveis aumentam a viscosidade da digesta e reduzem a absorção dos nutrientes.

### 1.3.1 Fitato

O ácido fítico é a principal forma de armazenamento de fósforo nos vegetais, sendo constituído por seis grupos de fosfato negativamente ligados a 12 átomos de hidrogênio em um anel de inositol (Figura 2). O ácido fítico é o termo dado à forma de ácido livre totalmente protonado enquanto fitato é associado com os sais mistos de ácido fítico e Ca, Mg, K, Zn, Fe e Mn. No entanto, o ácido fítico e o fitato são frequentemente usados como sinônimos (ANGEL et al., 2002, BARUAH et al., 2005; LEI et al., 2011, COWIESON et al., 2016).

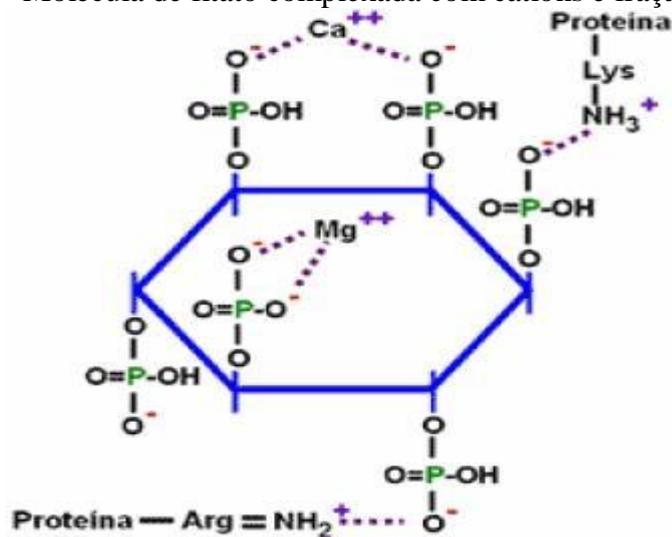
**Figura 2** – Molécula de ácido fítico.



Fonte: Molekuul, 2019.

Como mencionado, além de ligar-se com minerais, o ácido fítico tem a habilidade de se ligar à proteína. A interação com a proteína é dependente das condições de pH, pois esta se dá por uma ligação iônica. Em condições de pH ácido, o ácido fítico forma complexo com a proteína na presença de cátions bivalentes, formando um composto chamado fitina, o que torna a proteína indisponível ao animal. Os complexos ácido fítico-mineral-proteína (Figura 3), são de difícil digestão, reduzindo assim, a utilização das proteínas, aminoácidos, minerais e a energia. Estes complexos ocorrem naturalmente em ingredientes de origem vegetal e podem ser formados na porção inicial do trato gastrointestinal (RAVINDRAN et al. 1999).

**Figura 2** – Molécula de fitato complexada com cátions e fração protéica.



Fonte: Fernandez, 2007.

O fósforo do ácido fítico é pouco disponível para os animais monogástricos, apenas um terço pode ser utilizado pelas aves devido a sua insuficiência em degradar efetivamente o fitato (BARUAH et al., 2005; LEI et al., 2013). O fitato solúvel pode ainda inibir no duodeno dissacaridases e reduzir a atividade da bomba  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ ATPase (COWIESON; RAVINDRAN; SELLE, 2008), estimular a secreção endógena de ácido acético e aumentar o fluxo de aminoácidos endógenos ileais (LIU et al., 2008), bem como aumentar as perdas de sódio endógeno (ZYLA ET AL., 2012) e inibir atividades da  $\alpha$ -amilases, tripsina e pepsina (KAZEMPOUR; JAHANIAN, 2017).

O fitato ainda é um importante agressor da mucosa intestinal das aves, pois altera o turnover das células intestinais, aumentando a produção de mucinas e consequentemente a perda de nitrogênio endógeno. Portanto à sua hidrólise não pode ser somente atribuída a liberação de nutrientes, mas melhora na saúde intestinal da ave (COWIESON et al., 2009).

### 1.3.2 Polissacarídeos não amiláceos (PNAs)

Nos grãos de cereais a maior parte dos carboidratos presentes ocorre na forma de amido; porém, na fração da parede celular, ocorrem outras formas variadas de carboidrato como: celulose, hemicelulose e pectina, as quais são chamadas de polissacarídeos não amiláceos (PNAs). Estes são de baixa digestibilidade para aves e pouco contribuem para o fornecimento total de energia, além de provocar efeitos adversos na digestão quando em concentrações altas (WILLIAMS et al., 2014).

PNAs são macromoléculas de polímeros de açúcares simples (monossacarídeos) unidas por ligações tipo beta, resistentes à hidrólise no trato gastrointestinal, tornando-as indigeríveis aos animais monogástricos. São classificados de acordo com sua solubilidade, sendo divididos em PNAs solúveis em água (pectinas e hemicelulose (arabinoxilanos, D-xilanos,  $\beta$ -glucanos, D-mananos, galactomananos, xiloglucanos, raminogalacturonas)) e PNAs insolúveis em água (celuloses e ligninas) (LIU; BAIDOO, 2006; TAVERNARI et al., 2008)

As fibras solúveis em água formam sistemas viscosos e tendem a prejudicar a absorção de nutrientes. (PACHECO; SGARBIERI, 2001). A viscosidade no intestino age como uma barreira entre enzima e substrato e os produtos da digestão, influenciando diretamente a digestibilidade e absorção dos carboidratos, lipídeos e aminoácidos (CHESSON, 2001).

O aumento da viscosidade da digesta também promove a proliferação bacteriana. Os microrganismos que geralmente seriam encontrados em grandes quantidades nos cecos das aves tendem a migrar para o intestino delgado onde é o lugar de maior absorção de nutrientes. Dessa forma, alta carga bacteriana pode irritar a mucosa do intestino e resultar em um revestimento mais espesso com microvilosidades danificadas e, conseqüentemente, redução da absorção de nutrientes e afetando negativamente a saúde do animal (CHOCT et al., 1996, CHESSON, 2001).

O conteúdo de PNAs pode variar entre as diferentes espécies de cereais. Segundo Bertechini (2012), a porcentagem de PNAs no milho e no farelo de soja chegar até 9,0 e 30,2%, respectivamente. Na soja esses compostos são em sua maioria encontrados na forma de pectinas, hemiceluloses e oligossacarídeos (rafinose e estaquiose), que quando em altas concentrações podem causar efeitos deletérios nos animais.

De maneira geral, os PNAs causam inibição dos micro e macronutrientes afetando o desempenho e a produção das aves. Uma forma de reduzir a inibição da absorção de

nutrientes em nível intestinal é o uso de enzimas exógenas, pois essas aumentam a disponibilidade de nutrientes, melhorando a eficiência alimentar reduzindo os custos com a alimentação (STEFANELLO et al., 2015).

#### **1.4 Enzimas exógenas**

Enzimas são proteínas globulares, que catalisam e aceleram as reações químicas no organismo sem sofrerem alterações no processo, dependendo de certas condições tais como temperatura, pH e concentração da própria enzima. Não são consumidas durante as reações que catalisam; no entanto, seu poder de catalisação depende da integridade de sua conformação proteica e de seus reagentes, chamados de substrato (HARVEY; FERRIER, 2012).

Para que ocorra a quebra da ligação química, a enzima possui um sítio ativo onde o substrato se liga, formando um complexo enzima-substrato, ligação que causa uma alteração na conformação da enzima permitindo a catálise (LEHNINGER, 2002).

Cada enzima é específica para certo substrato. Em virtude de seu alto grau de especificidade, sua estrutura espacial é adequada para atuar somente no seu substrato, ligado ao sítio ativo onde ocorrem os processos metabólicos. Segundo Clarkson (2001) as enzimas podem ser divididas em seis classes (Oxidoreductases, Transferases, Hidrolases, Liases, Isomerasas, Ligases). Na nutrição animal só se faz uso das Hidrolases, as quais são classificados de acordo com o tipo de substrato que a mesma irá atuar (Carboidrases, Proteases, Fitases e Lipases).

A finalidade das enzimas incorporadas às dietas é complementar o efeito das enzimas digestivas endógenas produzidas no trato gastrointestinal dos animais. A importância dessas enzimas está no fato de que os ingredientes vegetais possuem fatores antinutricionais e/ou substâncias que não são completamente digeridas pelas enzimas digestivas, e a adição das enzimas exógenas geralmente melhora o aproveitamento destes compostos (CLASSEN, 1996; BERTECHINI, 2012).

A incorporação de enzimas nas formulações pode ser feita de duas maneiras. A primeira é a aplicação “on top”, que consiste na suplementação da enzima, como qualquer outro aditivo, sobre uma formulação padrão, com o objetivo de melhorar o desempenho das aves. A segunda forma seria considerar a matriz nutricional da enzima, ou seja, ajustar a formulação da dieta, por meio da redução nos nutrientes e adicionar as enzimas exógenas para restaurar o valor nutricional da dieta padrão (MENEGETTI et al., 2011).

A suplementação com enzimas exógenas melhora a eficiência de produção das aves pelo aumento da biodisponibilidade de nutrientes presentes na parede celular dos vegetais; dessa forma, diminui a variação da qualidade nutricional das dietas, permitindo a digestão mais rápida e completa, reduzindo a excreção fecal de nutrientes e, conseqüentemente, a poluição ambiental, além de reduzir a incidência de excretas úmidas quando as aves são alimentadas com dietas de alta viscosidade. A inclusão de enzimas também pode reduzir o alto investimento energético do animal para a síntese enzimática. (BEDFORD, 2000; PARIZA; COOK, 2010).

Sob o ponto de vista da nutrição, a viabilização técnica das enzimas exógenas é um marco importante, pois permite melhor aproveitamento dos nutrientes. A fitase e a xilanase são algumas das enzimas mais estudadas e utilizadas na nutrição de galinhas poedeiras, pois estas melhoram a utilização do fósforo, cálcio, aminoácidos e energia metabolizável, o que representa uma economia significativa no custo final da formulação das dietas (VIANA et al., 2009).

#### 1.4.1 Fitase

As fitases são enzimas exógenas capazes de catalisar a degradação de fitato (mio-inositolhexafosfato) liberando o ortofosfato e fosfatos de inositol para serem absorvidos. Ao hidrolisar o fitato, a enzima além de liberar o fósforo, libera outros nutrientes, incluindo aminoácidos, minerais, como Ca, Fe, Mg, K, e Mn e a energia metabolizável e ainda reduz a excreção de fósforo para o meio ambiente (KESHAVARZ; AUSTIC, 2004, KIM et al., 2017).

As técnicas de biologia molecular tornaram o uso da fitase economicamente viável, com isso sua utilização nas dietas avícolas tem sido considerada uma alternativa para redução de custos e aumento da eficiência da produção. A enzima pode ser produzida por microorganismos como fungos do gênero *Aspergillus*, principalmente os fungos *Aspergillus niger* e *Aspergillus ficuum*, bactérias (*Pseudomonas* e *Bacillus subtilis*) e leveduras (SEBASTIAN et al., 1998).

A fitase para o uso comercial como suplemento de enzima exógena em dietas é mais facilmente obtida usando cultura de fungos do gênero *Aspergillus*, através de técnicas de recombinação de DNA. Este processo envolve fermentação, extração, separação e purificação do produto (SEBASTIAN et al., 1998).

A atividade da enzima é expressa por FTU (unidade de fitase ativa) ou simplesmente U, definida como a quantidade de enzima necessária para liberar um  $\mu\text{mol}$  de fósforo

inorgânico por minuto em condição de temperatura de 37°, pH 5,5, em substrato de sódio (FUKAYAMA et al., 2008).

A inclusão de fitase na ração de poedeiras é uma das maneiras de melhorar a disponibilidade do fósforo de origem vegetal (25 a 70%) e, conseqüentemente, diminuir a quantidade de fósforo de fontes exógenas na dieta, minimizando os custos com a alimentação (PLUMSTEAD et al., 2007).

O nível de inclusão padrão de fitase exógena adicionada à maioria das dietas de aves é de 500 FTU / kg. Recentemente tem havido um aumento no interesse em incluir fitase em níveis mais altos do que a inclusão padrão (superdosagem) devido a melhorias no desempenho. Acredita-se que essa melhora no desempenho seja devido à maior degradação do fitato, aumento da liberação de mio-inositol e redução dos efeitos antinutricionais do fitato (TAYLOR et al., 2018).

Segundo Lesson (2000), quando a fitase for incluída na formulação de rações, os níveis de cálcio e fósforo devem ser inferiores aos normalmente utilizados, isso para que não ocorra uma redução acentuada do efeito da fitase. A aplicação apropriada das matrizes de Ca e P no uso de fitase são importantes, não apenas no reconhecimento dos valores diretos de liberação de nutrientes da fitase, mas também para criar um ambiente no lúmen intestinal que seja passível de degradação rápida e completa do fitato (COWIESON et al., 2016). Simons et al. (1990) relataram que suplementação de fitase para uma dieta com níveis baixos de fósforo aumentou a biodisponibilidade do fósforo para mais de 60% e diminuiu sua quantidade nas fezes em 50%.

Efeitos benéficos da suplementação dietética de fitase sobre o consumo de ração, produção de ovos, peso dos ovos, casca de ovo de poedeiras alimentadas com dietas a base de milho e farelo de soja ou uma combinação com trigo têm sido frequentemente publicados (WU et al., 2006; YAO et al., 2007; LEI et al., 2011; GAO et al., 2013). Meyer e Parsons, (2011) também confirmaram que uma dieta à base de milho e farelo de soja contendo 150 FTU de fitase/kg de ração melhorou o desempenho de poedeiras de 32 a 62 semanas de idade. De Morelos (2011) observou que a adição de fitase em dietas baseadas em sorgo e farelo de soja com redução energética aumentou a massa de ovos, sem alterar a produção de ovos.

A adição de fitase em rações com baixo nível de P tem proporcionado valores de energia metabolizável aparente superior aos encontrados em ração com nível normal de P e sem suplementação enzimática (LAN et al., 2002). Ravindran et al. (2000) observaram que a fitase adicionada (400 FTU/ kg de ração) aumentou a EMA em 5,34% em dietas de poedeiras na fase de postura.

O P está localizado dentro das células vegetais dos cereais e a presença de PNAs na parede celular pode reduzir a disponibilidade de conteúdo por encapsulamento. A presença dos PNAs em alimentos vegetais pode limitar a acessibilidade da fitase em liberar o P, levando a redução da degradação do fitato (KIM et al., 2005). Assim, a utilização de caboidrases, em especial a xilanase, pode aumentar a eficácia da fitase, aumentando sua acessibilidade ao fitato melhorando a liberação do P.

#### 1.4.2 Xilanase

A xilanase não é sintetizada pelos animais monogástricos. É produzida, assim como outras glicosidases (celulase, gluconase) somente por microorganismos (bactérias, fungos e protozoários), que utilizam a xilose, o produto resultante da hidrólise da xilana, como fonte de carbono. A enzima é adicionada a dietas com o objetivo de diminuir a viscosidade da digesta e aumentar a digestão de compostos como xilanos e principalmente de arabinoxilanos (PALOHEIMO, PIIRONEN, VEHMAANPERÄ, 2011).

A xilanase tem funções de hidrólise das ligações  $\beta$ -1,4 que estão expressos na xilana vegetal (componentes da hemicelulose). Esses componentes de hemiceluloses são constituídos de vários polímeros, formados por diferentes resíduos de açúcares (KHENG; OMAR, 2005).

BXU é a quantidade de enzima necessária à liberação de 0,06 micromoles de açúcares redutores (xilose equivalentes), a partir da xilana, por minuto a pH 5.3 aos 50 graus

Os efeitos benéficos das xilanases na utilização de nutrientes estão relacionados a dois fatores: redução da viscosidade da digesta, resultando em aumento da despolarização de arabinoxilanos em componentes de menor peso molecular; e liberação dos nutrientes encapsulados nas estruturas da parede celular, favorecendo o contato dos nutrientes com as enzimas endógenas (RAVINDRAN et al., 1999).

Para que ocorra eficácia na utilização das xilanases, dois pontos devem ser levados em consideração: o primeiro é a presença de níveis adequados de substrato para que as enzimas possam atuar, no caso das xilanases fontes de fibras com alta concentração de xilanos proporcionam um meio adequado para maior eficiência enzimática. Outro ponto é o pH do meio, xilanases possuem atividade ótima em pH mais baixo, como encontramos no proventrículo e moela, e podem perder eficiência ao encontrar meios com pH não ótimos.

O uso da xilanase pode aumentar a concentração no soro sanguíneo do peptídeo YY, hormônio produzido por células endócrinas no íleo e cólon. Este hormônio promove uma

redução da taxa de esvaziamento gástrico, elevando o tempo de permanência da digesta no trato gastrintestinal da ave, melhorando o aproveitamento de nutrientes (SINGH et al., 2012; TAYLOR et al., 2018).

De acordo com Souza et al. (2012), a suplementação de xilanase (12000 BXU/kg de ração) na dieta de poedeiras com 14 semanas de idade, foi eficaz na redução da viscosidade da digesta, melhorando a digestibilidade e absorção de proteínas, e provavelmente diminuindo a quantidade de substrato disponível para fermentação bacteriana na porção final do intestino das aves na fase de recria.

Alguns trabalhos evidenciam que a enzima promove desempenho e qualidade dos ovos satisfatórios para as poedeiras no pico de postura. Viana et al. (2009) avaliaram o efeito da adição da enzima xilanase sobre o desempenho de 288 poedeiras, submetidas a dois níveis de energia metabolizável (2.900 e 2.755 kcal/kg) e a suplementação ou não de xilanase (37,5 g/t de ração) observaram que suplementação de xilanase não causou efeito deletério sobre o desempenho das poedeiras.

Bobek et al. (2014), utilizaram 432 poedeiras Hy-Line W36 distribuídas em um fatorial 3 X 2, três níveis de energia (2900, 2823 e 2746 kcal/kg) e suplementação ou não de xilanase (0 e 1500 BXU/kg), observaram uma melhora na produção de ovos e na massa de ovos para as poedeiras que receberam dietas com xilanase, independente do nível da energia da ração, no período de 31 a 40 semanas de idade.

Novak et al. (2007) observaram maior retenção de energia (kcal / ave / dia) para aves submetidas a dietas com redução do nível de energia e suplementação do complexo enzimático (amilase + protease + xilanase) durante o período de crescimento (10 a 15 semanas).

As enzimas são de grande interesse para a sustentabilidade da cadeia produtiva, pois contribui para maximizar a digestão dos componentes naturais das rações e reduzir as excreções para o ambiente, otimizando a produção animal.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABPA - **Associação Brasileira de proteína animal**. Relatório anual ABPA 2017. Disponível em: <http://abpa-br.com.br/setores/suinocultura/publicacoes/relatorios-anuais>. Acesso em 27 de outubro de 2018.

ABREU, M. T.; FASSANI, E. J.; SILVEIRA, M. M. B. M.; VIVEIROS, M. P. Complexo enzimático à base de xilanase,  $\beta$ -glucanase e fitase em rações para poedeiras comerciais leves em pico de produção. **Boletim de Indústria Animal**, v 75, 2018.

ANDRIGUETTO, J. M. **Nutrição animal: as bases e fundamentos da nutrição animal**. 4. ed. São Paulo: Nobel, 2002.

ANGEL, R.; TAMIM, N. M.; APPLGATE, T. J.; DHANDU, A. S.; ELLESTAD, L. E. Phytic Acid Chemistry: Influence on phytin-phosphorus availability and phytase efficacy. **Journal App. Poul.Res.** v 11 n 4, p. 471-480, 2002.

BARBOSA, N. A. A.; SAKOMURA, N. K.; FERNANDES, J. B. K.; BARROS, L. R. Enzimas exógenas no desempenho e na digestibilidade ileal de nutrientes em frangos de corte- **Pesquisa agropecuara brasileira**, v.43, n.6, p.755-762, 2008.

BARBOSA, N, A, A.; SAKOMURA, N, K.; BONATO, M, A.; HAUSCHILD, L.; OVIEDORONDON, E, Enzimas exógenas em dietas de frangos de corte: desempenho, **Ciência Rural**, vol. 42, n. 8, 2012.

BARUAH, K.; PAL, A.K.; SAHU, N.P.; JAIN, K.K.; MUKHERJEE, S.C. DEBNATH, D. Dietary protein level, microbial phytase, citric acid and their interactions on bone mineralization of Labeorohita (Hamilton) juveniles. **Aquaculture Research**, v 36, p.803–812, 2005.

BEDFORD, M.R. Exogenous enzymes in monogastric nutrition their current value and future benefits. **Animal Feed Scienceand Technology**, v.86, p.1-13, 2000.

BENEVIDES, C. M. D. J.; SOUZA, M. V.; SOUZA, R. D. B.; LOPES, M. V. Fatores antinutricionais em alimentos: revisão. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 18 n. 2, p. 67-79, 2011.

BERTECHINI, A. G. **Nutrição de monogástrico**. 2. Ed. Lavras, MG: Editora UFLA, p. 41, 2012.

BESSEI, W. Behaviour of laying hens in small group systems in the view of animal welfare. **Archive fur Geflugelkd**, v.74, p.6-12, 2010.

BOBECK, E. A.; NACHTRIEB, N. A.; BATAL, A. B.; PERSIA, M. E. Effects of xylanase supplementation of corn-soybean meal-dried distiller's grain diets on performance, metabolizable energy, and body composition when fed to first-cycle laying hens. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 23 n. 2, p. 174-180, 2014.

BROCH, J.; NUNES, R. V.; EYNG, C.; PESTI, G. M.; DE SOUZA, C.; SANGALLI, G. G.; TEIXEIRA, L. Effect of dietary phytasesuperdosing on broiler performance. **Animal Feed Science and Technology**. 2018.

CAMPASINO, A.; WILLIAMS, M.; LATHAM, R.; BAILEY, C. A.; BROWN, B.; LEE, J. T. Effects of increasing dried distillers' grains with solubles and non-starch polysaccharide degrading enzyme inclusion on growth performance and energy digestibility in broilers. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 24 n 2, p. 135-144, 2015.

CAMPESTRINI, E.; SILVA, V. T. M.; APPELT, M. D. Utilização de enzimas na alimentação animal. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 2, n. 6, p. 254-267, 2005.

CAVALHEIRO, A.; TRINDADE, D.; OLIVEIRA, S.; ARNT, L. Níveis de fósforo em rações para poedeiras. **Anuário Técnico do Instituto de Pesquisas Zootécnicas "Francisco Osório"**, v. 10, p. 7-16, 1985.

CHOCT, M. Carbohydrate and fibre digestion in monogastric animals. **ASA Technical Bulletin**.1996.

CLARKSON, K. Enzymes: screening, expression, design and production. In: BEDFORD, M. R.; PARTRIDGE, G. G. **Enzymes in farm nutrition**. Londres: Cab International. p.315-352, 2001.

CLASSEN, H.L. Cereal grain starch and exogenous enzymes in poultry diets. **Animal Feed Science Technology**.v.62, p. 21-27, 1996.

COSTA, F. G. P.; OLIVEIRA, C. F. S. D.; DOURADO, L. R. B.; NETO, L.; DA CUNHA, R.; CAMPOS, M. Â. D. S. F.; LIMA, A. G. V. D. O. Níveis de cálcio em dietas para poedeiras semipesadas após o pico de postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, p. 624-628, 2008.

COUSINS, B. Enzimas na nutrição de aves. In: **SIMPÓSIO INTERNACIONAL ACAV – SOBRE NUTRIÇÃO DE AVES**. p. 118- 130, 1999.

COWIESON, A. J.; RAVINDRAN, V.; SELLE, P. H. Influence of dietary phytic acid and source of microbial phytase on ileal endogenous amino acid flows in broiler chickens. **Poultry Science**. 87:2287–2299, 2008.

COWIESON, A. J.; BEDFORD, M. R.; SELLE, P. H.; RAVINDRAN, V. Phytate and microbial phytase: implications for endogenous nitrogen losses and nutrient availability. **World's poultry science journal**, v. 65 n. 3, p.401-418, 2009.

COWIESON, A. J.; RUCKEBUSCH, J. P.; KNAP, I.; GUGGENBUHL, P.; FRU-NJI, F. Phytate-free nutrition: A new paradigm in monogastric animal production. **Animal Feed Science and Technology**, v. 222, p. 180-189, 2016.

DE LANGE, C.F.M.; BIRKETT, S.H. Characterization of useful energy content in swine and poultry feed ingredients. **Canadian Journal of Animal Science**, v.85, p.269-280, 2005.

DE MORELOS, G. T. Effect of energy level and phytase addition on egg production and quality. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 5 n. 6, p. 1368-1371, 2011.

FERNANDEZ, S.R. Uso de Enzimas termoestables en la alimentacion animal. Disponível em: <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/uso-enzimas-termoestables-alimentacion-t27080.htm>. Acesso em: 22/01/2019.

FUKAYAMA, E. H.; SAKOMURA, N. K.; DOURADO, L. R. B.; NEME, R.; FERNANDES, J. B. K. MARCATO, S. M. Efeito da suplementação de fitase sobre o desempenho e a digestibilidade dos nutrientes em frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, p. 629-635, 2008.

GAO, C.Q.; JI, C.; ZHANG, J.Y.; ZHAO, L.H.; MA, Q.G. Effect of a novel plant phytase on performance, egg quality, apparent ileal nutrient digestibility and bone mineralization of laying hens fed corn–soybean diets. **Animal Feed Science Technology**, v. 186, p. 101-105, 2013.

HARVEY, R. A.; FERRIER, D. R. **Bioquímica ilustrada**. 5. Ed. Porto Alegre, RS: Artmed. p. 53-65, 2012.

HIGHFILL, C. Calcium, phosphorus and vitamin D<sup>3</sup> in your birds diet. **Winged Wiston Pet Bird Magazine**. April Magazine. 1998.

HOENDEROP, J.G.L.; NILIUS, B; BINDELS, R.J.M. Calcium absorption across epithelia. **Physiological Reviews**, v.85, p.373-422, 2005.

HOOREBEKE, S.V.; IMMERSEEL, F.V.; SCHULZ, J. Determination of the within and between flock prevalence and identification of risk factors for Salmonella infections in laying hens flock housed in conventional and alternative systems. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 94, p. 94-100, 2010.

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. **Histologia básica**. Rio de Janeiro, Editora Guanabara Koogan, 488p. 2004.

KAZEMPOUR, F.; JAHANIAN, R. Effects of different organic acids on performance, ileal microflora, and phosphorus utilization in laying hens fed diet deficient in non-phytate phosphorus. **Animal Feed Science and Technology**, v. 223, p. 110–118, 2017.

KHENG, P. P.; OMAR, I. C. Xylanase production by a local fungal isolate, *Aspergillus niger* USM AI 1 via solid state fermentation using palm kernel cake (PKC) as substrate. **Songklanakarin J. Science Technology**, v. 27 n. 2, p. 325-336, 2005.

KESHAVARZ, K.; AUSTIC. R. E. The use of low-protein, low phosphorous, amino acid and phytase supplemented diets on laying hen performance and nitrogen and phosphorous excretion. **Poultry. Science**, v 83 v 1, p. 75-83, 2004

KIM, J. C.; SIMMINS, P. H.; MULLAN, B. P.; PLUSKE, J. R. The digestible energy value of wheat for pigs, with special reference to the post-weaned animal. **Animal Feed Science Technology**, v. 122, p. 257-287., 2005.

KIM, J. H.; PITARGUE, F. M.; JUNG, H.; HAN, G. P.; CHOI, H. S.; KIL, D. Y. Effect of superdosing phytase on productive performance and egg quality in laying hens. **Asian-Australasian journal of animal sciences**, v 30 n 7, p. 994, 2017.

LAN, G.Q.; ABDULLAH, N.; JALALUDIN, S.; HO, Y., W. Efficacy of supplementation of a phytase-producing bacterial culture on the performance and nutrient use of broiler chickens fed corn-soybean meal diets. **Poultry Science**, v.81, p.1522-1532, 2002.

LEHNINGER, A. L. **Lehninger princípios de bioquímica**. 3. ed. São Paulo, SP: Editorial Omega, p.189-200, 2002.

LEI, Q. B.; SHI, L. X.; ZHANG, K. Y.; DING, X. M.; BAI, S. P.; LIU, Y. G. Effect of reduced energy, protein and entire substitution of inorganic phosphorus by phytase on performance and bone mineralisation of laying hens. **British poultry science**, v52 n2, 202-213, 2011.

LESSON, S.; NAMKUNG, H.; COTTRILL, M.; FORSBERG, C. M. Efficacy of new bacterial phytase in poultry diets. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 80, n. 3, p. 527-528, 2000.

LI, P.; WANG, R.; ZHAO, J.; JIAO, H.; WANG, X.; LIN, H. Effects of Dietary Phosphorus Level on the Expression of Calcium and Phosphorus Transporters in Laying Hens. **Frontiers in physiology**, v 9, p. 627, 2018.

LIU, N.; RU, Y. J.; LI, F. D.; COWIESON, A. J. Effect of diet containing phytate and phytase on the activity and messenger ribonucleic acid expression in chickens. **Journal Animal Science**. v 86 p. 3432– 3439, 2006.

MENDONÇA JÚNIOR, C.X. Fatores nutricionais envolvidos na qualidade do ovo. **In: Simpósio técnico de produção de ovos. Anais**. São Paulo: APA, p. 29-51, 1993

MENEGUETTI, C.; BERTECHINI, A.G.; RODRIGUES, P.B.; FASSANI, E.J.; BRITO, J.A.G.; REIS, M.P; GARCIA JR, A.A.P. Altos níveis de fitase em rações para frangos de corte. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, n.3, p.624-632, 2011.

MEYER, E.; PARSONS, C. The efficacy of a phytase enzyme fed to Hy-Line W-36 laying hens from 32 to 62 weeks of age. **Journal Appl. Poultry**, v. 20, p. 136-142, 2011.

MESÍAS, F. J.; MARTÍNEZ-CARRASCO, F.; MARTÍNEZ, J. M.; GASPAS, P.; Functional and organic eggs as an alternative to conventional production: a conjoint analysis of consumers' preferences. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v 91, v 3, p 532-538, 2011.

MIAO, Z.H.; GLATZ, P.C.; RU, Y.J. Free-range poultry production - A review. **AsianAust. Journal of Animal Science**, v. 18, p. 113-132, 2005.

MORRIS, T. R. Nutrition of chicks and layers. **World's Poultry Science Association**, v. 60, p. 5-12, 2004.

MOURA, D.J.; NÄÄS, I. A.; PEREIRA, D.F.; SILVA, R.B.T.R.; CAMARGO, G.A. Animal welfare concepts and strategy for poultry production: a review. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.8, n.1, p.137-48, 2006.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. Nutrient requirements of poultry. 9<sup>a</sup> ed. Washington: National Academy of Sciences, 1994. 155p.

NIKMARAM, N.; LEONG, S. Y.; KOUBAA, M.; ZHU, Z.; BARBA, F. J.; GREINER, R.; ROOHINEJAD, S. Effect of extrusion on the anti-nutritional factors of food products: An overview. **Food Control**, v. 79, p. 62-73, 2017.

NOVAK, C.L.; YAKOUT, H.M.; REMUS, J. Response to varying dietary energy and protein with or without enzyme supplementation on growth and performance of leghorns: growing period. **Journal of Applied Poultry Research**, v.16, p.481-493, 2007.

NUNES, R.V.; POZZA, P.C.; SCHERER, C.; CAMPESTRINI, E.; ROCHA, L. D.; NUNES, C. G. V.; COSTA, F. G. P. Efeitos dos teores de cálcio para poedeiras semipesadas durante a fase de pré-postura e no início da postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.5, p. 2007-2012, 2006.

QUINTERO-PINTO, L.G.; PARDO-GAMBOA, B.S.; QUINTERO-PARDO, A.M.C.; PEZZATO, L.E. Exigências e disponibilidade de fontes de fósforo para tilápias. **Veterinária e Zootecnia**, v.5, n.2, p.30-43, 2011.

PARIZA, M. W.; COOK, M. Determining the safety of enzymes used in animal feed. **Reg. Toxicology Pharmacol.** 56:332–342, 2010.

PASTORE, S. M.; GOMES, P. C.; ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; CALDERANO, A. A.; VELLASCO, C. R.; ALMEIDA, R. L. D.. Calcium levels and calcium: available phosphorus ratios in diets for white egg layers from 42 to 58 weeks of age. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v 41 n 12, p. 2424-2432, 2012.

PACHECO, M.T.B.; SGARBIERI., V.C. **Fibra e doenças gastrointestinais**. Tecnologia Y Salud. São Paulo: Editora Varela, p.469, 2001.

PELICIA, K.; GARCIA, E. A.; FAITARONE, A. B. G.; SILVA, A. P.; BERTO, D. A.; MOLINO, A. B.; VERCESE, F. Calcium and available phosphorus levels for laying hens in second production cycle. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v 11 n 1, 39-49, 2009.

PINHEIRO, S.R.F.; SAKOMURA, N.K.; NASCIMENTO, D.C.N.; DOURADO, L.R.B.; FERNANDES, J.B.K.; THOMAZ, M.C. Níveis nutricionais de fósforo disponível para aves de corte ISA Label criadas em semiconfinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.2, p.361-369, 2011.

PINTO, S.; BARROS, C. S.; SLOMP, M. N.; LÁZZARO, R.; COSTA, L. F.; BRUNO, L. D. G. Cálcio e fósforo na dieta de galinhas de postura: uma revisão. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 11 n. 1, p. 5-18, 2012.

PLUMSTEAD, P.W.; ROMERO-SANCHEZ, H.; MAGUIRE, R.O. Effects of phosphorus level and phytase in broiler breeder rearing and laying diets on live performance and phosphorus excretion. **Poultry Science**, v.86, p.225-231, 2007.

PALOHEIMO, M.; PIIRONEN, J.; VEHEMAANPERÄ, J. Xylanases and cellulases as feed additives. **Enzymes in farm animal nutrition**, p. 12-53, 2011.

RAVINDRAN, V.; CABAHUG, S.; RAVINDRAN, G.; BRYDEN, W.L. Influence of microbial phytase on apparent ileal amino acid digestibility of feedstuffs for broiler. **Poultry Science**, v. 78, n. 5, p. 699-706, 1999.

RAVINDRAN, V.; SELLE, P.H. ; BRYDEN, W.L. Response of broilers to microbial phytase supplementation as influenced by dietary phytic acid and nonphytate phosphorus levels. II. Effects on nutrient digestibility and retention. **British Poultry Science**, v. 41, n. 2, p. 193-200, 2000.

RIBEIRO, P. A. P.; JÚNIOR, J. M.; QUEIROZ, A. C. A.; LARA, L. J. C.; BAIÃO, N. C. Efeito dos níveis de energia para poedeiras comerciais no período final de produção sobre o desempenho, a conversão alimentar e energética e a qualidade de ovos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v 65 n 5, p. 1491-1499, 2013.

ROLAND, D.A. Selecting dietary energy levels for layers. **Feed Management** Pg: 10-11, 2010.

ROSA, A. P.; FERREIRA, B. P.; NOEBAUER, M. R., KRABBE, E. L. PEDROSO, C. L. Diferentes relações cálcio: fósforo disponíveis e fitase em dietas de poedeiras UFSM-V: desempenho produtivo, qualidade dos ovos e tecido ósseo. **Ciência Rural**, v 41 n10, 2011.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; HANNAS, M. I.; DONZELE, J. L.; SAKOMURA, N. K.; PERAZZO, F. G., SARAIVA, A.; ABREU, M. L. T.; RODRIGUES, P. B.; OLIVEIRA, R. F.; BARRETO, S. L. T.; BRITO., C. O. **Tabelas brasileiras para aves e**

**suínos:composição de alimentos e exigências nutricionais**(4ª. ed.). Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa., 2017.

SANTOS, J.F.; GRANGEIRO, J.I.T. Performance of free range birds fed with cassava and cactus pear enriched with yeast. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v.6, p.49-54, 2012.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. 262 p. Jaboticabal: Funep, 2ª Edição, 2016.

SEBASTIAN, S.; TOUCHBURN, S. P.; CHAVEZ, E. R. Implication of phytic acid and supplemental microbial phytase in poultry nutrition: a reiew. **World's Poultry Science Journal**, v. 54, n. 1, p. 27-47, 1998.

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

SIBBALD, I.R. The effect of grinding on the true metabolizable energy value of hull-less barley.**Poultry Science**, v. 61, p. 2509-2511,1982.

SINGH, A.; O'NEILL, H. M.; GHOSH, T. K.; BEDFORD, M. R.; HALDAR, S. Effects of xylanase supplementation on performance, total volatile fatty acids and selected bacterial population in caeca, metabolic indices and peptide YY concentrations in serum of broiler chickens fed energy restricted maize–soybean based diets. **Animal feed science and technology**, v. 177 n. 3-4, p. 194-203, 2012.

SIMONS, P. C. M.; VERSTEEGH, H. A.; JONGBLOED, A.; KEMME, P. A.; SLUMP, P.; BOS, K. D.; VERSCHOOR, G. J. Improvement of phosphorus availability by microbial phytase in broilers and pigs. **British Journal of Nutrition**, v. 64 n. 2, p. 525-540, 1990.

SOUZA, K. M. R. D.; FARIA, D. E. D.; NAKAGI, V. D. S.; CARÃO, Á. C. D. P.; PACHECO, B. H. C.; TREVISAN, R. B.; GOMES, G. A. Metabolizable energy values of diets supplemented with xylanase determined with laying hens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v 41n12 , p. 2433-2440, 2012.

STEFANELLO, C.; VIEIRA, S. L.; SANTIAGO, G. O.; KINDLEIN, L.; SORBARA, J. O. B.; COWIESON, A. J. Starch digestibility, energy utilization, and growth performance of broilers fed corn-soybean basal diets supplemented with enzymes. **Poultryscience**, v. 94 n. 10, p. 2472-2479, 2015.

TAKAHASHI, S.E.; MENDES, A.A.; SALDANHA, E.S.P.B.; PIZZOLANTE, C.C.; PELÍCIA, K.; GARCIA, R.G.; PAZ, I.C.L.A.; QUINTEIRO, R.R. Efeito do sistema de criação sobre o desempenho e rendimento de carcaça de frangos de corte tipo colonial. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**, v.58, n.4, p.343-349, 2006.

TAVERNARI, F. C.; CARVALHO, T. A.; ASSIS, A. P.; LIMA, H. J. A. Polissacarídeos não amiláceo solúvel na dieta de suínos e aves. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.5, n.5, p. 673-689, 2008.

TAYLOR, A. E.; BEDFORD, M. R.; PACE, S. C.; MILLER, H. M. The effects of phytase and xylanase supplementation on performance and egg quality in laying hens. **British poultry science**, v 59 n 5, p. 554-561, 2018.

VIANA, M. T. D. S.; ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S.; SILVA, E. A. D.; VIEIRA, R. A., RIBEIRO JUNIOR, V. Use of xylanase in diets composed of corn and soybean meal for comercial laying hens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v 40 n 2, p. 385-390, 2011.

VIANA, M.T.S.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S. Efeito da suplementação de enzima fitase sobre o metabolismo de nutrientes e o desempenho de poedeiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.6, p.1074-1080, 2009.

WALK, C. L.; BEDFORD, M. R.; SANTOS, T. S.; PAIVA, D.; BRADLEY, J. R.; WLADECKI, H.; MCELROY, A. P. Extra-phosphoriceffectsof superdoses of a novel microbial phytase. **Poultry Science**, v. 92 n. 3, p. 719-725, 2013.

WILLIAMS, M. P.; KLEIN, J. T.; WYATT, C. L.; YORK, T. W.; LEE, J. T. Evaluation of xylanase in low-energy broiler diets. **Journal of Applied Poultry Research**, v 23 n2, p.188-195, 2014.

WU, G.; LIU, Z.; BRYANT, M.; ROLAND, D. Comparison of Natuphos and Phyzyme as phytase sources for commercial layers fed corn-soy diet. **Poultry Science**, v. 85, p. 64-69, 2006.

YAO, J.H.; HAN, J.C.; WU, S.Y.; XU, M.; ZHONG, L.L.; LIU, Y.R.; WANG, Y.L. Supplemental wheat bran and microbial phytase could replace inorganic phosphorus in laying hen diets. **Czech Journal Animal Science**, v. 52, p. 407-413, 2007.

ŻYŁA, K.; MIKA, M.; DULIŃSKI, R.; ŚWIĄTKIEWICZ, S.; KORELESKI, J.; PUSTKOWIAK, H.; PIIRONEN, J. Effects of inositol, inositol-generating phytase B applied alone, and in combination with 6-phytase A to phosphorus-deficient diets on laying

performance, eggshell quality, yolk cholesterol, and fatty acid deposition in laying hens.  
**Poultry science**, v *91* n 8, p. 1915-1927, 2012.

### 3 CAPÍTULO 2

## ASSOCIAÇÃO ENZIMÁTICA EM DIETAS DE POEDEIRAS CRIADAS EM SISTEMA *FREE RANGE*

### RESUMO

Objetivou-se no presente trabalho avaliar o uso de associações enzimáticas em dietas com diferentes matrizes nutricionais para poedeiras criadas em sistema *free range*, partindo-se de conceitos já adotados nos sistemas de produção convencionais em gaiolas. Foi realizado um experimento com 800 poedeiras da linhagem Isa Brown de 24 a 30 semanas de idade, distribuídas em um delineamento em blocos completos casualizado em esquema fatorial 2 x 2 (2 associações de enzimas (fitase e xilanase) x 2 matrizes nutricionais, sendo a primeira convencional de mercado e a segunda supervalorizada), totalizando quatro tratamentos com cinco repetições e 40 aves por unidade experimental. Os blocos foram estabelecidos de acordo com o peso das aves. Os tratamentos foram: **T1**: fitase (450 FTU/kg) + xilanase (12000 BXU/kg) + Matriz I (EMA, Kcal/kg: 100; Ca %: 0,16; Pd %: 0,15; Na %: 0,03; Lis. Dig %: 0,02.); **T2**: fitase (1500 FTU/kg) + Matriz I (EMA, Kcal/kg: 100; Ca %: 0,16; Pd %: 0,15; Na %: 0,03; Lis. Dig %: 0,02.); **T3**: fitase (450 FTU/kg) + xilanase (12000 BXU/kg) + Matriz II (EMA, Kcal/kg: 120; Ca %: 0,22; Pd %: 0,20; Na %: 0,04; Lis. Dig %: 0,05.); **T4**: Fitase 1500 FTU/kg) + Matriz II (EMA, Kcal/kg: 120; Ca %: 0,22; Pd %: 0,20; Na %: 0,04; Lis. Dig %: 0,05). Foram analisadas as variáveis de desempenho produtivo, qualidade externa e interna dos ovos. A associação de fitase ou fitase + xilanase, independente da matriz utilizada, conseguiu atender às exigências dos animais e manter o desempenho produtivo. Porém, a combinação de fitase (450 FTU/kg) + xilanase (12000 BXU/kg) e a adoção da matriz I (EMA, Kcal/kg: 100; Ca %: 0,16; Pd %: 0,15; Na %: 0,03; Lis. Dig %: 0,02) foi mais eficiente para manter a qualidade dos ovos de poedeiras criadas no sistema *free range*.

**Palavras-chaves:** Bem-Estar. Fitase. Matriz Nutricional. Xilanase.

## ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the use of enzymatic associations in diets with different nutritional matrices for laying hens raised in a *free range* system, starting from concepts already adopted in conventional cage production systems. An experiment was carried out with 800 laying hens of the Isa Brown line from 24 to 30 weeks of age, distributed in a randomized complete block design in a 2 x 2 factorial design (2 associations of enzymes (phytase and xylanase) x 2 nutritional matrix, first conventional market and the second overvalued), totaling four treatments with five replicates and 40 birds per experimental unit. The blocks were established according to the weight of the birds. The treatments were: T1: phytase (450 FTU / kg) + xylanase (12000 BXU / kg) + Matrix I (AME, Kcal / kg: 100, Ca%: 0.16, Pd%: 0.15, Na: 0.03, Lys. Dig%: 0.02.); T2: phytase (1500 FTU / kg) + Matrix I (AME, Kcal / kg: 100; Ca%: 0.16; Pd%: 0.15; Na%: 0.03; Lys. Dig%: 0.02.); T3: phytase (450 FTU / kg) + xylanase (12000 BXU / kg) + Matrix II (AME, Kcal / kg: 120; Ca.%: 0.22, Pd%: 0.20; Na%: 0.04; Lys. Dig%: 0.05.); T4: Fitase 1500 FTU / kg) + Matrix II (AME, Kcal / kg: 120, Ca%: 0.22, Pd%: 0.20, Na%: 0.04; Lys. Dig%: 0.05.). The variables of productive performance, external and internal quality of eggs were analyzed. The association of phytase or phytase + xylanase independent of the matrix used could meet the requirements of the animals and maintain the productive performance. However, the combination of phytase (450 FTU / kg) + xylanase (12,000 BXU / kg) and the adoption of matrix I (EMA, Kcal / kg: 100, Ca%: 0.16, Pd%: 0.15, Na %: 0.03; Lys. Dig%: 0.02) was more efficient to maintain egg quality of laying hens raised in the *free range* system.

**Key-words:** Nutritional matrix. Phytase. Welfare. Xylanase.

## 1 INTRODUÇÃO

A avicultura de postura no Brasil é uma das atividades mais produtivas da cadeia agropecuária, sendo o país um dos dez maiores produtores de ovos do mundo. A produção, que no ano de 2017 foi de 39,9 bilhões de unidades, vem batendo recorde nos últimos anos, assim como o consumo *per capita* interno (192 uni/ano). Tal crescimento registrado foi principalmente devido aos avanços na genética, sanidade, nutrição, ambiência e manejo (ABPA, 2018).

Os avanços resultaram em diversos questionamentos, principalmente a respeito do bem-estar animal, os quais estão relacionados, dentre outros, ao uso de gaiolas para aves de postura (BLOKHUIS et al., 2007). Nos últimos anos, foram promulgadas leis em países da União Europeia sobre o bem-estar animal que estabelecem critérios rigorosos como a proibição destas gaiolas, e a tendência mundial dos países tem sido acompanhar o padrão europeu de criação destes animais (WEEKS; LAMBTON; WILLIAMS, 2016).

Em resposta à crescente valorização do público consumidor quanto à necessidade de práticas de bem-estar animal nos sistemas produtivos, grandes empresas do setor de alimentos correm para se adaptar às novas exigências. Entre as novas políticas está o sistema *free range*, no qual os animais têm acesso a uma área de piquetes com gramíneas, que oferecem benefícios às poedeiras possibilitando-as estabelecerem relações sociais e hierárquicas (ODÉN et al., 2005, ZELTNER; MAURER, 2009), aumento do repertório de atividades (SAVORY, JACK, SANDILANDS et al., 2006, RICHARDS et al., 2011), além de maior espaço e liberdade para a execução de comportamentos que lhes são considerados essenciais (ZELTNER E HIRT, 2008; LAY et al., 2011)

No sistema *free range* as aves precisam de alimentação balanceada que atenda às exigências nutricionais para máxima eficiência produtiva. Muitas pesquisas têm sido realizadas na busca de alternativas que possibilitem a formulação de rações mais eficazes e econômicas, visto que a alimentação constitui o item de maior custo na produção de aves (VARGAS et al., 2017).

A utilização das enzimas exógenas nas dietas dos monogástricos faz parte do moderno contexto na qual a nutrição de poedeiras está inserida, refletindo em melhor aproveitamento dos nutrientes provenientes de alimentos vegetais (MUNIR; MAQSOOD, 2013). As enzimas exógenas, como xilanase e fitase, surgiram como uma alternativa para aumentar o valor nutritivo de ingredientes alimentares, e elevar coeficientes de digestibilidade, especialmente de nutrientes ligado a fração dos polissacarídeos não amiláceos (PNAs) e fatores

antinutricionais como o fitato (FERREIRA et al., 2015), com a perspectiva, desta forma, de reduzir os custos associados à alimentação dos animais, por meio do aumento da eficiência de utilização dos ingredientes e nutrientes das rações.

A fitase pertence ao grupo das fosfatases que hidrolisam o fitato liberando, além do fósforo, outros minerais e proteínas (MANANGI; MAHARJAN; COON; 2018). A xilanase é responsável principalmente pela remoção da xilana, principal constituinte da hemicelulose da parede celular vegetal, melhorando a motilidade da digesta, reduzindo o gasto de energia para os processos de digestão e absorção (COWIESON et al., 2010).

Os resultados obtidos com o uso de fitase e xilanase implicam em uma série de técnicas práticas na alimentação de aves, como o uso de matrizes nutricionais com valorização de Ca, P, energia metabolizável, proteína bruta e dos aminoácidos (Nagashiro, 2007). A matriz nutricional da enzima indica a quantidade estimada de nutrientes que serão liberados quando a enzima é acrescentada à ração (JUNQUEIRA et al., 2010).

A valorização nutricional decorrente do uso de enzimas repercute na eficácia nutricional dos ingredientes que contêm fatores antinutricionais. Esse ganho geralmente é desconsiderado durante a formulação das dietas em estudos com poedeiras. De acordo com Junqueira et al. (2010), a matriz nutricional preconizada para fitase permitiu o atendimento das exigências das aves, de modo que, mesmo aquelas alimentadas com as rações com níveis nutricionais reduzidos, não tiveram o desempenho comprometido, além de promover decréscimo de 17% na excreção de fósforo pelas aves e redução de todos os parâmetros econômicos (custos associados à alimentação e à atividade produtiva).

Segundo Souza et al. (2012), a suplementação de xilanase na ração de poedeiras com 80 semanas de idade promoveu maiores valores de energia metabolizável aparente (EMA) e conseqüentemente melhor desempenho produtivo das aves. Pesquisas sugerem que estas enzimas quando combinadas possuem ação aditiva e potencializam seus efeitos, contudo existem limitados números de pesquisas neste sentido, especialmente quando o sistema *free range* é adotado.

Considerando o exposto, objetivou-se com o presente estudo avaliar o uso de associações enzimáticas em dietas com diferentes matrizes nutricionais para poedeiras criadas em sistema *free range*, partindo-se de conceitos já adotados nos sistemas de produção convencionais, em gaiolas.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 local e período experimental

O experimento foi realizado em uma granja produtora de ovos caipiras localizada na zona rural do município de Ouro - SC em parceria com a Embrapa Suínos e Aves. O experimento foi realizado no período de 18 de dezembro de 2017 a 29 de janeiro de 2018, compreendendo um ciclo produtivo de seis semanas, totalizando 42 dias. O trabalho foi aprovado e executado segundo as normas da Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Embrapa Suínos e Aves, processo nº 015/2018.

### 2.2 Animais, instalações e manejo

Foram utilizadas 800 poedeiras da linhagem comercial Isa Brown. As aves eram oriundas de cria e recria realizada em granja comercial, onde foram feitas debicagens e as vacinas iniciais da fase de cria e recria (Herpes vírus, Boubá aviária, Doença de Marek, Doença de Gumboro, Doença de Newcastle, Bronquite infecciosa, *Salmonella enteritidis* e Encefalomielite aviária). Com 14 semanas de vida, as aves foram alojadas na granja onde ocorreu o experimento e dois dias após o transporte foi feita a pesagem total e a identificação (anelamento) das aves.

As aves foram alojadas em galpão de madeira, sendo este dividido em 20 boxes com 5,6m<sup>2</sup> de área, cada boxe continha uma pequena porta com acesso a piquete externo de 5,6m<sup>2</sup> de área (Figura 1). Em cada boxe havia um poleiro e um ninho de madeira com oito bocas, com o fundo recoberto por maravalha. Os comedouros eram do tipo pendular e os bebedouros do tipo nipple.

**Figura 3** – Vista externa e interna do galpão onde as aves foram alojadas.



Fonte: Embrapa Suínos e Aves, 2018.

Com 19 semanas foi feita uma nova pesagem, dessa vez de forma individual para a montagem dos blocos, de acordo com o delineamento experimental. Quando as aves completaram 24 semanas de idade iniciou-se o experimento. Quando alguma ave morria, era retirada do boxe, registrando-se peso e data da morte. Após a retirada do animal, procedia-se o ajuste para quantidade de ração por box, sendo 114 g/a/dia de ração, dividida em dois fornecimentos diários, uma pela manhã e a outra a meia tarde.

No início e ao final do ciclo de seis semanas, ocorreram as pesagens do lote, registrando-se o peso das aves individualmente, em cada box. Os ovos postos naquele dia eram separados por box e pesados individualmente. Por meio de média aritmética eram selecionados 20 ovos, com margem de  $\pm 5\%$  do peso, após a seleção os ovos foram identificados e encaminhados para o Laboratório Físico-Químico da Embrapa (LAFQ), sendo 10 ovos utilizados para as análises de qualidade interna e externa e 10 ovos para análise de resistência da casca à quebra. Ovos trincados, bicados ou deformados não foram utilizados, apenas computados para fins de produção diária em cada box.

O programa de luz utilizado foi o convencional para poedeiras, iniciando com 14 horas de luz na 18ª semana de idade das aves, aumentando para 15 horas na 19ª semana e estabilizando em 16 horas de luz a partir da 20ª semana.

### 2.3 Delineamento, tratamentos e dietas experimentais

Foram utilizados quatro tratamentos em um delineamento experimental em blocos completos casualizado em esquema fatorial 2 x 2 (2 associações de enzimas (fitase e xilanase) x 2 matrizes nutricionais, sendo a primeira preconizada pelo fabricante (matriz com valorização convencional) e a segunda supervalorizada), com cinco repetições e 40 aves por unidade experimental. Os blocos foram estabelecidos de acordo com o peso das aves (Tabela 1).

**Tabela 1** - Tratamentos utilizados no experimento

Tratamento	Enzimas	Matriz Nutricional
T1	Fitase (450 FTU/kg) e Xilanase (12000 BXU/kg)	Matriz 1
T2	Fitase (1500 FTU/kg)	Matriz 1
T3	Fitase (450 FTU/kg) e Xilanase (12000 BXU/kg)	Matriz 2
T4	Fitase (1500 FTU/kg)	Matriz 2

Quanto ao uso das enzimas nos tratamentos experimentais, adotou-se:

**T1** = Fitase Quantum Blue® 450 FTU/kg + Xilanase Econase® 12.000 BXU/kg (equivalente a dose 45 g/T fitase + 75 g/T xilanase).

**T2** = Fitase Quantum Blue® 1500 FTU/kg (equivalente a dose 150 g/T de fitase).

**T3** = Fitase Quantum Blue® 450 FTU/kg + Xilanase Econase® 12.000 BXU/kg (equivalente a dose 45 g/T de fitase + 75 g/T de xilanase).

**T4** = Fitase Quantum Blue® 1500 FTU/kg (equivalente a dose 150 g/T de fitase).

A valorização, ou seja, a redução dos teores nutricionais na dieta teve como base os requerimentos normais de nutrientes para a fase, segundo o programa alimentar recomendado pelo guia de manejo da linhagem Isa Brown (ISA, 2007), tabela 2.

**Tabela 2** – Requerimentos nutricionais e forma de valorização decorrente do uso de enzimas nas dietas de poedeiras comerciais de 24 a 30 semanas de idade, empregando-se dois níveis de valorização na dieta - Matriz Convencional (1) e Matriz Supervalorizada (2)

Nutrientes	Requerimento Normal Para Fase	Matriz 1		Matriz 2	
		Valorização	Dieta	Valorização	Dieta
<b>EMAn, Kcal/kg</b>	2850	100	2750	120	2730
<b>Ca, %</b>	3,80	0,16	3,64	0,22	3,58
<b>Pd, %</b>	0,31	0,15	0,16	0,20	0,11
<b>Na, %</b>	0,15	0,03	0,12	0,04	0,11
<b>Lis. Dig., %</b>	0,73	0,02	0,71	0,05	0,68

As dietas experimentais foram elaboradas a base de milho, farelo de soja, farelo de trigo, minerais, vitaminas e aminoácidos (Tabela 3).

**Tabela 3** - Composição percentual das dietas experimentais

<b>Ingredientes (%)</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
Milho	59,04	59,04	60,00	60,00
Farelo de Soja	21,57	21,57	21,43	21,43
Farelo de Trigo	7,500	7,500	7,500	7,500
Calcário	9,290	9,290	9,300	9,300
Fosfato Bicálcico	0,248	0,248	0,004	0,000
Óleo de Soja	1,590	1,590	1,070	1,070
Sal Comum	0,266	0,266	0,240	0,240
DL-Metionina	0,156	0,156	0,156	0,156
L-Lisina HCL	0,060	0,060	0,025	0,025
Suplemento Vitamínico e mineral <sup>1</sup>	0,170	0,170	0,170	0,170
Sequestrante de Micotoxinas <sup>2</sup>	0,100	0,100	0,100	0,100
Fitase	0,0045	0,015	0,0045	0,015
Xilanase	0,0075	0,000	0,0075	0,000
<b>TOTAL, %</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
<b>Composição Nutricional</b>				
Energia Metabolizável, Kcal/kg	2750	2750	2730	2730
Proteína Bruta, %	15,00	15,00	15,00	15,00
Fibra Bruta, %	2,88	2,88	2,89	2,89
Cálcio, %	3,64	3,64	3,58	3,58
Fosfóro Disponível, %	0,16	0,16	0,11	0,11
Fosfóro Total, %	0,41	0,41	0,36	0,36
Sódio, %	0,12	0,12	0,11	0,11
Ácido Linoleico, %	2,31	2,31	2,06	2,06
Extrato etéreo, %	4,35	4,35	3,88	3,88
Metionina Digestível,%	0,36	0,36	0,36	0,36
Metionina + Cistina Digestível, %	0,60	0,60	0,60	0,60
Lisina Digestível, %	0,71	0,71	0,68	0,68
Treonina Digestível, %	0,48	0,48	0,48	0,48
Triptofano Digestível, %	0,16	0,16	0,16	0,16
Valina Digestível, %	0,63	0,63	0,63	0,63
Isoleucina Digestível, %	0,54	0,54	0,54	0,54

<sup>1</sup>Composição do produto (níveis de garantia por kg do produto): Cobre 3330 mg; Ferro 16653 mg; Manganês 33343; Selênio 101 mg; Zinco 33333 mg; Vit A 4000800 UI; Vit D3 1000200 UI; Vit E 16670 UI; Vit K3 1674 mg; Vit B1 980 mg; Vit B2 10000 mcg; Ác. Fólico 1030 mg; Ác. Pantotênico 4983 mg; Niacina 16670 mg; Biotina 100 mg; Colina 140592 mg; Iodo 666,50 mg.

<sup>2</sup>Zeotek®, sequestrante organoaluminossilicato.

## 2.4 Variáveis analisadas

Foram analisadas as variáveis de desempenho produtivo, qualidade externa e interna dos OVOS.

### 2.4.1 Desempenho produtivo

Foram avaliadas as seguintes variáveis de desempenho produtivo: peso dos ovos (g), taxa de produção de ovos (%), conversão alimentar por dúzia de ovo (kg/dz), massa de ovos (g/ave/dia) e viabilidade do lote (%).

Antes de serem quebrados para posterior análise, os ovos eram pesados individualmente em balança digital com precisão de 0,01g. Além de indicar o peso dos ovos produzidos, esta variável foi utilizada posteriormente para o cálculo da porcentagem de albúmen.

A taxa de produção de ovos, medida em porcentagem (%) foi calculada pela fórmula:

$$P(\%) = (OPP/NA/Y)*100$$

Em que P(%) é taxa de postura; OPP é o número total de ovos produzidos nos período; NA é o número de aves e Y é o número de dias do período. Para obtenção desses dados, a produção diária era anotada.

A conversão alimentar por dúzia de ovo foi determinada pela fórmula:

$$CA/dz = \text{consumo total de ração (kg)/n}^\circ \text{ de dúzias.}$$

A massa de ovo que indica quantos gramas de ovo cada ave produziu por dia foi calculada pela fórmula:

$$\text{Massa de ovo} = PMO * \text{taxa de postura}/100$$

Em que PMO significa peso médio dos ovos.

Já a viabilidade do lote na qual indica a porcentagem de aves vivas ao final do experimento. Foi calculada por meio da fórmula:

$$\%Viabilidade = 100\% - \%Mortalidade$$

Em que a mortalidade foi determinada pela equação:

$$\%Mortalidade = (n^\circ \text{ de aves mortas por tratamento no período}/n^\circ \text{ de aves})$$

Onde o número de aves mortas compreendeu também as descartadas.

### 2.4.2 Qualidade externa e interna dos ovos

Foram avaliadas as seguintes variáveis de qualidade externa e interna dos ovos: gravidade específica, porcentagem de casca (%), espessura de casca ( $\mu\text{m}$ ), resistência da casca a quebra (Kgf), Unidade Haugh, coloração de gema, porcentagem de gema (%), índice de gema e porcentagem de albúmen (%)

Para avaliação da gravidade específica todos os ovos eram colocados em baldes com soluções salinas, de menor para maior concentração de cloreto de sódio (NaCl), variando de

1,066 a 1,102, com intervalo de 0,004, totalizando 10 soluções. Os ovos eram retirados ao flutuarem, anotando-se, assim, o valor respectivo de densidade correspondente à solução do recipiente.

Logo em seguida os ovos eram cuidadosamente abertos e colocados individualmente em placas de Petri onde era medida a altura do albúmen espesso com o uso de paquímetro digital com precisão de 0,01mm. Essa medida, juntamente com o peso do ovo, foi utilizada para o cálculo da UH que é feito através da fórmula:

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

Em que  $h$  corresponde à altura do albúmen espesso em milímetros e  $w$  é o peso do ovo em gramas.

Com o ovo ainda na placa de Petri era avaliada a coloração da gema por meio do uso colorímetro digital da marca Konica Minolta®. Os parâmetros mensurados pelo colorímetro digital foram os do sistema CIEL (Comissão International de l'Eclairage):  $L^*$  (luminosidade),  $a^*$  (coordenada vermelho/verde) e  $b^*$  (coordenada amarelo/azul). Com a utilização dos parâmetros  $a^*$  e  $b^*$  foi possível fazer uma relação e obter o parâmetro  $C^*$  (croma), que mede a saturação da cor, por meio da fórmula:

$$C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}.$$

Após as análises de cor, gema e albúmen eram separados. As gemas eram pesadas individualmente em balança digital. Com o peso obtido foi calculada a porcentagem de gema de cada ovo pela fórmula:

$$\%G = (\text{peso da gema} / \text{peso do ovo}) * 100$$

Após serem pesadas, as gemas eram colocadas em outra placa de Petri onde tinham seu diâmetro (mm) e altura (mm) medidos com paquímetro digital. O índice de gema é um valor obtido por meio da relação entre essas duas medidas, usando-se a fórmula:

$$IG = \text{Altura de gema} / \text{Diâmetro da gema}$$

O albúmen não era pesado diretamente, o peso, em gramas, foi obtido pelo cálculo de diferença entre o peso total do ovo e os pesos de casca e de gema, por meio da fórmula:

$$\text{Peso albúmen} = \text{Peso do ovo} - \text{peso da gema} - \text{peso da casca}.$$

Com o peso, em gramas, foi possível calcular a porcentagem de albúmen de cada ovo usando-se a fórmula:

$$\%alb = (\text{peso alb} / \text{peso ovo}) * 100.$$

A resistência da casca à quebra foi determinada na região equatorial do ovo com o auxílio de um texturômetro TA.XT Plus – Texture Analyser utilizando-se sonda de ruptura de

2 mm, a qual registrou a força necessária para romper a casca e o resultado expresso em Kgf (Quilograma-força).

Após serem realizadas todas as análises nos ovos, as cascas eram lavadas com água corrente e secas a temperatura ambiente por 72 horas, de acordo com Barbosa et al. (2012). Após a secagem eram pesadas individualmente em balança digital e em seguida eram retirados fragmentos de casca, de três regiões do ovo (basal, apical e medial). A espessura de cada fragmento era medida com o uso de um micrômetro digital. Para obter o valor final de espessura da casca foi feita uma média aritmética com os três valores obtidos, conforme Barbosa et al. (2012).

## **2.5 Análises estatísticas**

Os dados das variáveis avaliadas foram submetidos aos testes de Normalidade (Shapiro - Wilk) e Homocedasticidade (Levene). Satisfeitas essas pressuposições, as variáveis foram submetidas à análise de variância (ANOVA), por meio do programa estatístico Statitix™ (2008). A comparação entre as médias foi feita pelo teste de Tukey a 5% de significância.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### Desempenho produtivo

Para o desempenho produtivo, não houve interação ( $p > 0,05$ ) entre enzimas e matriz nutricional para nenhuma das variáveis analisadas (Tabela 4).

**Tabela 4** – Desempenho produtivo de poedeiras semipesadas alimentadas com diferentes estratégias de associação enzimática no período de 24 a 30 semanas de idade

	TPO (%)	PO (g)	MO (g/ave/dia)	CA/dz (kg/dz)	Viab (%)
<b>Enzimas</b>					
Fitase + Xilanase <sup>1</sup>	95,84	59,18	57,24 <sup>a</sup>	1,42 <sup>b</sup>	100
Fitase <sup>2</sup>	94,66	58,60	55,15 <sup>b</sup>	1,45 <sup>a</sup>	99,51
<b>Matriz Nutricional</b>					
Matriz I <sup>3</sup>	95,04	59,54 <sup>a</sup>	57,10 <sup>a</sup>	1,43	99,51
Matriz II <sup>4</sup>	95,46	58,23 <sup>b</sup>	55,29 <sup>b</sup>	1,44	100
<b>Probabilidade</b>					
Enzimas	0,1468	0,3167	0,0034*	0,0040*	0,1286
Matriz Nutricional	0,5894	0,0396*	0,0101*	0,8618	0,1286
Enzima X Matriz Nutricional	0,5129	0,5421	0,4461	0,8468	0,1286
CV%	1,64	1,91	1,73	1,33	0,67

TPO: Taxa de produção de ovos; PO: Peso do ovo; MO: Massa de ovo; CA/dz: Conversão alimentar por dúzia de ovos; Viabilidade do lote; CV: Coeficiente de variação; \* Significativo pelo teste de Tukey a 5% de significância.

<sup>1</sup> Fitase: 450 FTU/kg; Xilanase: 12000 BXU/kg. <sup>2</sup> Fitase: 1500 FTU/kg. <sup>3</sup> Matriz nutricional I: EMA, Kcal/kg: 100; Ca %: 0,16; Pd %: 0,15; Na %: 0,03; Lis. Dig %: 0,02. <sup>4</sup> Matriz nutricional II: EMA, Kcal/kg: 120; Ca %: 0,22; Pd %: 0,20; Na %: 0,04; Lis. Dig %: 0,05.

Médias seguidas de letras minúsculas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Todas as variáveis analisadas de desempenho produtivo estão dentro do que sugere o manual da linhagem para a fase (ISA, 2007), ou seja, a associação de fitase ou fitase + xilanase independente da matriz utilizada garantiram o desempenho produtivo conforme manual da linhagem.

Avaliando o efeito isolado das enzimas verificou-se que a associação da enzima fitase + xilanase apresentou maior valor de massa de ovo 57,24 g/ave/dia e uma melhor conversão alimentar por dúzia de ovos (1,42) ( $p < 0,05$ ) (Tabela 4).

Os resultados corroboram com os encontrados por Rezende et al. (2013), que ao fornecerem dietas para poedeiras Hy-Line W36 de 48 a 64 semanas de idade com níveis de fósforo reduzidos (0,10; 0,20; 0,30 e 0,40%) e três níveis de fitase (0, 500 e 1000 FTU/kg de ração), verificaram que a enzima melhorou a conversão alimentar por dúzia de ovos. Segundo os autores a fitase disponibiliza o fósforo complexado ao ácido fítico, melhorando seu aproveitamento, além de outros nutrientes (Ca, Fe, Mg, Zn, proteína e energia metabolizável) que se encontram indisponíveis devido a sua complexação ao fitato.

Da mesma forma, outros autores também encontraram melhora na CA/dz de ovos: Silva et al.(2008); Lim; Namkung; Paik (2003); e na massa de ovos: Dos Santos Viana et al.

(2009); Narasimha et al. (2013); Swiątkiewicz et al. (2013); Taylor et al. (2018), com a adição de fitase e/ou xilanase na ração de poedeiras.

Por outro lado, Cufadar; Yıldız; Olgun (2010) não obtiveram efeito significativo na massa de ovos de poedeiras Leghorn White de 52 a 64 semanas de idade alimentadas com dietas à base de milho e trigo suplementadas com xilanase (0, 100 e 200 mg/kg de ração). Os autores associaram essa resposta à idade das aves, pois, segundo eles, galinhas poedeiras mais velhas requerem doses de enzimas diferenciadas, pois suas necessidades fisiológicas e capacidade digestiva diferem das aves jovens.

A fitase promove aumento na utilização de energia, pois, no trato digestório, os minerais complexados com o ácido fítico formam, juntamente com os lipídeos, reações de saponificação, prejudicando a utilização dos lipídeos. A enzima fitase neste caso age liberando o complexo fitato-mineral e impedindo a formação desses sabões metálicos, o que possibilita melhor utilização da energia dos alimentos, potencializando o desempenho e a produção das aves (RAVINDRAM, 2000). Já a xilanase leva a uma melhora na conversão alimentar, possivelmente em função do incremento na energia metabolizável pela hidrólise dos PNAs (CONTE et al., 2003). A adição da enzima, ainda favorece a produção de oligossacarídeos que quando fermentado aumenta a produção de ácidos graxos voláteis (AGVs), estimulando a liberação de peptídeo YY, que é um hormônio produzido principalmente por células endócrinas no íleo e cólon sendo um mediador do mecanismo freio ileal, inibindo o esvaziamento gástrico e aumentando a digestão de nutrientes, conseqüentemente melhorando o desempenho (SINGH et al., 2012; TAYLOR et al., 2018), com conseqüente aumento da massa de ovo e melhora na CA/dz de ovos.

A matriz I promoveu maiores valores ( $p < 0,05$ ) para o peso e massa de ovo 59,54 g e 57,10 g/ave/dia respectivamente, em relação à matriz II (Tabela 4).

Harms; Russell; Sloan (2000), em um estudo com quatro linhagens de poedeiras (Hy-Line Brown, Hy-Line W80, Hy-Line W36 e Dekalb White) de 36 a 44 semanas de idade, observaram que as aves alimentadas com dieta com baixa energia, 10% abaixo do recomendado, diminuiriam significativamente o peso dos ovos, sendo as linhagens Hy-Line Brown e a Hy-Line W80 as que mais sentiram a mudança no teor energético da ração. Segundo os autores as aves são mais sensíveis a dietas com baixa energia do que com alta energia.

Freitas et al. (2000) demonstraram que a redução de 100 kcal EM/kg (3,5%) não afetou os parâmetros produtivos de galinhas poedeiras Hy-Line com 68 semanas de idade. Mas que reduções de 5% propiciam um decréscimo no peso dos ovos.

Dos Santos Viana et al. (2009), trabalhando com redução de 45 kcal/kg de energia metabolizável, 0,36% de proteína bruta, 0,115% de Ca, 0,01% de lisina e de 0,015% de metionina + cistina na dieta de poedeiras Bovans Goldline de 24 a 36 semanas de idade, observaram que as aves mantidas com níveis adequados dos nutrientes na ração apresentaram melhores valores para massa de ovo 56,16 g/ave/dia em comparação àquelas que receberam níveis nutricionais reduzidos, 54,10 g/ave/dia.

Por outro lado, Silva et al. (2012) não encontraram efeito significativo sobre o peso do ovo de poedeiras da linhagem Isa Brown com 26 semanas de idade alimentadas com dietas sem e com valorização nutricional (30 kcal EM, 0,24% PB, 0,15 de Ca e 0,11 de Pd). Porém, os autores ressaltaram a necessidade de outras pesquisas com maior redução nos níveis nutricionais.

Dietas formuladas com nível de Pd e cálcio muito abaixo das exigências podem prejudicar conversão alimentar e reduzir os coeficientes de metabolizabilidade dos nutrientes, resultando em menor massa e peso dos ovos. (TEJEDOR et al., 2001). A deficiência de Pd da dieta acarreta severa redução na ingestão de fósforo e níveis muito reduzidos do mineral podem prejudicar o desempenho das aves (PARMER et al., 1987).

### Qualidade externa

Em relação às variáveis de qualidade externa dos ovos, houve interação ( $p < 0,05$ ) entre a inclusão de enzimas em diferentes matrizes nutricionais para porcentagem de casca (Tabela 5).

**Tabela 5** – Qualidade externa de ovos de poedeiras semipesadas alimentadas com diferentes estratégias de associação enzimática no período de 24 a 30 semanas de idade

	GE	EC ( $\mu\text{m}$ )	% Casca	RQ (kgf)
<b>Enzimas</b>				
Fitase + Xilanase <sup>1</sup>	1088,8	0,4263	9,88	3,36
Fitase <sup>2</sup>	1088,9	0,4319	9,96	3,33
<b>Matriz Nutricional</b>				
Matriz I <sup>3</sup>	1088,8	0,4291	9,91	3,35
Matriz II <sup>4</sup>	1088,8	0,4290	9,93	3,34
<b>Probabilidade</b>				
Enzimas	0,8902	0,0867	0,5895	0,6264
Matriz Nutricional	0,9280	0,5089	0,8740	0,8937
Enzima X Matriz Nutricional	0,0528	0,1270	0,0065*	0,3168
CV%	0,41	5,47	5,42	13,12

GE: Gravidade específica; EC: Espessura de casca; % Casca: Porcentagem de casca; RQ: Resistência a quebra; CV: Coeficiente de variação; \* Significativo pelo teste de Tukey a 5% de significância. .

<sup>1</sup> Fitase: 450 FTU/kg; Xilanase: 12000 BXU/kg. <sup>2</sup> Fitase: 1500 FTU/kg.

<sup>3</sup> Matriz nutricional I: EMA, Kcal/kg: 100; Ca %: 0,16; Pd %: 0,15; Na %: 0,03; Lis. Dig %: 0,02.

<sup>4</sup> Matriz nutricional II: EMA, Kcal/kg: 120; Ca %: 0,22; Pd %: 0,20; Na %: 0,04; Lis. Dig %: 0,05.

Pelo desdobramento da interação para porcentagem de casca (Tabela 6), nota-se que a matriz II suplementada somente com fitase apresentou maior valor (10,20%) para a variável.

**Tabela 6** - Desdobramento da interação para porcentagem de casca de poedeiras semipesadas alimentadas com diferentes estratégias de associação enzimática no período de 24 a 30 semanas de idade

Matriz Nutricional	Enzimas	
	Fitase + Xilanase <sup>1</sup>	Fitase <sup>2</sup>
	Porcentagem de casca (%)	
Matriz I <sup>3</sup>	10,09 <sup>Aa</sup>	9,74 <sup>Ba</sup>
Matriz II <sup>4</sup>	9,67 <sup>Ab</sup>	10,20 <sup>Aa</sup>

<sup>1</sup> Fitase: 450 FTU/kg; Xilanase: 12000 BXU/kg. <sup>2</sup> Fitase: 1500 FTU/kg.

<sup>3</sup> Matriz nutricional I: EMA, Kcal/kg: 100; Ca %: 0,16; Pd %: 0,15; Na %: 0,03; Lis. Dig %: 0,02.

<sup>4</sup> Matriz nutricional II: EMA, Kcal/kg: 120; Ca %: 0,22; Pd %: 0,20; Na %: 0,04; Lis. Dig %: 0,05.

Letras distintas maiúsculas na coluna e minúscula na linha diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Estudos observados na literatura indicam que à medida que o nível de fósforo da dieta aumenta, ocorre redução nos índices de qualidade da casca. Borrmann et al., (2001) observaram influência dos níveis de fósforo e fitase sobre a porcentagem de casca dos ovos de poedeiras Hy-Line durante o segundo ciclo de postura. Quando houve a suplementação de fitase nas rações (300 FTU/kg), observou-se efeito quadrático dos níveis de fósforo utilizados sobre a porcentagem de casca, obtendo-se maior porcentagem com a utilização de 0,26% de Pd, enquanto que níveis acima de 0,26% implicaram em decréscimo na porcentagem da casca.

Resultados contrários foram encontrados por Silva et al. (2012), que não observaram efeito significativo sobre a porcentagem de casca de ovos de poedeiras Isa Brown com 26 semanas de idade recebendo dietas suplementadas com fitase e carboidrases sem e com valorização nutricional (30 kcal EM, 0,24% PB, 0,15% de Ca e 0,11% de Pd). Da mesma forma, Vieira et al., (2011) não observaram diferença para a porcentagem de casca em um estudo com Hisex Brown avaliando três níveis de Ca (2,8; 3,3; 3,8%) sem e com adição de fitase (500 FTU/kg).

O efeito da degradação do fósforo fítico pela fitase é mais expressivo quando a dieta apresenta um nível mais baixo de cálcio, pois a fitase aumenta a liberação de Ca da molécula de fitato, enquanto que elevando a concentração de Ca disponível no intestino, tem-se redução da atividade da enzima (RAO et al., 2014).

Além do mais, dieta com baixos níveis de P reduz o fósforo plasmático, com consequente aumento da concentração do paratormônio, ativando o rim a hidroxilar mais vitamina D, o qual induz o aumento da absorção intestinal de Ca e de reabsorção óssea de Ca

com consequente aumento da concentração de Ca para a formação da casca (SCHEIDELER, 1998).

Aproximadamente 8 a 10% do peso do ovo é composto pela casca e uma diminuição desse valor pode acarretar em perdas por quebra e contaminação. A qualidade do ovo depende da qualidade da casca, pois esta funciona como uma embalagem especial do conteúdo do ovo (Pelícia et al., 2007).

### Qualidade interna

Não houve interação ( $p > 0,05$ ) entre enzimas e matriz nutricional para nenhuma das variáveis de qualidade interna de ovos (Tabela 7). Porém, a porcentagem de gema foi influenciada ( $p < 0,05$ ) pelas enzimas, sendo a associação fitase + xilanase o tratamento que propiciou a maior porcentagem (Tabela 7).

**Tabela 7** – Qualidade interna de ovos de poedeiras semipesadas alimentadas com diferentes estratégias de associação enzimática no período de 24 a 30 semanas de idade

	% Gema	IG	% Alb	UH	L*	a*	b*	Croma
<b>Enzimas</b>								
Fitase + Xilanase <sup>1</sup>	24,72 <sup>a</sup>	0,3723	65,65	91,47	59,13	-6,40	41,85 <sup>a</sup>	42,39 <sup>a</sup>
Fitase <sup>2</sup>	24,06 <sup>b</sup>	0,3809	65,65	91,06	58,92	-6,43	40,94 <sup>b</sup>	41,46 <sup>b</sup>
<b>Matriz Nutricional</b>								
Matriz I <sup>3</sup>	24,30	0,3819	65,64	91,02	58,99	-6,32	41,92 <sup>a</sup>	42,42 <sup>a</sup>
Matriz II <sup>4</sup>	24,47	0,3713	65,66	91,50	59,05	-6,50	40,86 <sup>b</sup>	41,43 <sup>b</sup>
<b>Probabilidade</b>								
Enzimas	0,0039*	0,1192	0,6111	0,6040	0,5292	0,7514	0,0418*	0,0347*
Matriz Nutricional	0,4807	0,0546	0,5622	0,5436	0,8519	0,0745	0,0191*	0,0265*
Enzima x Matriz Nutricional	0,7414	0,0804	0,0738	0,8502	0,1341	0,4366	0,7403	0,8726
CV%	6,34	9,91	3,94	5,87	3,98	10,88	7,58	7,32

% Gema: Porcentagem de gema; IG: Índice de gema; % Alb: Porcentagem de albúmen; UH: Unidade Haugh; L\*: Luminosidade; a\*: parâmetro de com a; b\*: parâmetro de cor b; CV: Coeficiente de variação; \* Significativo pelo teste de Tukey a 5% de significância.<sup>1</sup> Fitase: 450 FTU/kg; Xilanase: 12000 BXU/kg. <sup>2</sup> Fitase: 1500 FTU/kg. <sup>3</sup> Matriz nutricional I: EMA, Kcal/kg: 100; Ca %: 0,16; Pd %: 0,15; Na %: 0,03; Lis. Dig %: 0,02. <sup>4</sup> Matriz nutricional II: EMA, Kcal/kg: 120; Ca %: 0,22; Pd %: 0,20; Na %: 0,04; Lis. Dig %: 0,05.

Médias seguidas de letras minúsculas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Contrastando com estas informações, Oba et al. (2013) não encontraram diferença para porcentagem de gema ao alimentarem poedeiras Shaver White com 60 semanas de idade em diferentes níveis de complexo enzimático (carboidrases, fitase e protease). Lucky et al. (2014) também não encontraram diferença para essa variável em poedeiras de ovos marrons Shaver 579 entre 54 e 90 semanas de idade alimentadas com 0, 0,05, 0,10 e 0,15% de fitase na ração.

A adição de fitase e xilanase melhora o aproveitamento dos nutrientes, refletindo em melhores índices de qualidade do ovo. Observamos, no presente estudo, que a associação das

duas enzimas aumentou a porcentagem de gema por consequente aumento da massa de ovo como visto na tabela do desempenho produtivo (Tabela 4). Outros pesquisadores têm verificado que dentre os principais efeitos causados pela suplementação de enzimas à dieta de galinhas poedeiras, está o aumento da massa de ovos, resultante do aumento na quantidade de albúmen e de gema (SOTO-SALANOVA & WYATT, 1997).

Houve efeito ( $p < 0,05$ ) das enzimas e da matriz nutricional sobre as variáveis parâmetro de cor  $b^*$  que indica a coloração no intervalo do amarelo ( $+b^*$ ) ao azul ( $-b^*$ ) e croma (relação entre os valores de  $a^*$  e  $b^*$ ) (tabela 7), onde observou-se que, a adição de fitase + xilanase e a matriz I resultou na maior coloração da gema. Resultados parecidos foram encontrados por Brunelli et al. (2012), em que relataram que aves alimentadas com as rações contendo fitase (1000 FTU/ kg) apresentaram ovos com gemas mais alaranjadas em relação às alimentadas com rações sem fitase. Já Pirgozliev et al. (2010) observaram que a suplementação de xilanase (12000 e 16000 BXU/kg) na ração aumentou a cor da gema de poedeiras Lohmann Brown entre 28 e 32 semanas de idade.

Gunawandara et al. (2008), também encontraram melhoria na coloração das gemas de ovos de poedeiras Hy-Line W36 à medida que se aumentavam os níveis de EMAN na ração. Os autores atribuíram essa diferença à facilitação da absorção das xantofilas (pigmentos da gema) por aves que se alimentam com rações ricas em óleos e/ou gorduras, devido à lipossolubilidade desse pigmento.

A pigmentação da gema é influenciada pela quantidade de xantofila (pigmento vegetal laranja – amarelo). Os resultados dos valores de parâmetro de cor  $a^*$  e  $b^*$  são devidos à quantidade de carotenoides depositados na gema e que o consumo elevado de xantofila, leva a sua maior deposição.

A melhoria da pigmentação da gema de ovo pela adição xilanase pode ser explicada pela maior digestibilidade da hemicelulose, um componente da parede celular vegetal, resultando em maior liberação de pigmentos e utilização destes (CIFTCI et al., 2003). Além disso, o ácido fítico tem propriedade despigmentante e antioxidante sendo um dos efeitos da suplementação da enzima fitase às dietas de poedeiras o aumento na absorção dos pigmentos (SOTO-SALANOVA & WYATT, 1997). A pigmentação da gema é uma característica importante para valorização e aceitação do ovo pelos consumidores, ovos com gemas mais pigmentadas são considerados pelo consumidor como alimento fresco, saudável e com mais sabor (BISCARO; CANNIATTI-BRAZACA, 2006).

#### 4 CONCLUSÕES

A associação de fitase ou fitase + xilanase independente da matriz utilizada conseguiu atender às exigências dos animais e manter o desempenho produtivo das aves poedeiras. Porém, a combinação de fitase (450 FTU/kg) + xilanase (12000 BXU/kg) e a adoção da matriz I (EMA, Kcal/kg: 100; Ca %: 0,16; Pd %: 0,15; Na %: 0,03; Lis. Dig %: 0,02) foi mais eficiente para manter a qualidade dos ovos de poedeiras criadas no sistema *free range*.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABPA - **Associação Brasileira de proteína animal**. Relatório anual ABPA 2017. Disponível em: <http://abpa-br.com.br/setores/suinocultura/publicacoes/relatorios-aneais>. Acesso em 27 de outubro de 2018.

BARBOSA, V. M.; BAIÃO, N. C.; MENDES, P. M.; ROCHA, J. S.; POMPEU, M. A., LARA, L. J.; MARTINS, N. R. S.; NELSON, D. L.; MIRANDA, D. J. A.; CUNHA, C. E.; CARDOSO, D. M.; CARDEAL, P. C. Avaliação da qualidade da casca dos ovos provenientes de matrizes pesadas com diferentes idades. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.64; n.4, p.1036-1044, 2012.

BISCARO, L. M.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Cor, betacaroteno e colesterol em gema de ovos obtidos de poedeiras que receberam diferentes dietas. **Ciência e Agrotecnologia, Lavras**, v. 30, n. 6, p. 1130-1134, 2006.

BLOKHUIS, H. J.; VAN NIEKERK, T. F.; BESSEI, W.; ELSON, A.; GUÉMÉNÉ, D.; KJAER, J. B.; VAN DE WEERD; H. A. The LayWel project: welfare implications of changes in production systems for laying hens. **World's Poultry Science Journal**, v 63 n 1, p. 101-114, 2007.

BORRMANN, M. S. L.; BERTECHINI, A. G.; FIALHO, E. T.; OLIVEIRA, B. L. Efeitos da adição de fitase com diferentes níveis de fósforo disponível em rações de poedeiras de segundo ciclo. **Revista Ciências Agrotécnicas**, v. 25, p. 181-187, 2001.

BRUNELLI, S. R.; PINHEIRO, J. W.; FONSECA, N. A. N.; DA SILVA, C. A. Efeito de diferentes níveis de farelo de gérmen de milho desengordurado em dietas suplementadas com fitase para poedeiras comerciais. **Semina: Ciências Agrárias**, v 33 n 5, p. 1991-2000, 2012.

CONTE, A.J.; TEIXEIRA, A.S.; FIALHO, E.T.; SCHOULTEN, N.A.; BERTECHINI, A.G. 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**, v.32, n.5, p.1147-1156, 2003.

COWIESON, A.J.; BEDFORD, M.R.; RAVINDRAN, V. Interactions between xylanase and glucanase in maize-soy-based diets for broilers. **British Poultry Science**, v.51, p.246-257, 2010.

CUFADAR, Y.; YILDIZ, A. Ö; OLGUN, O. "Effects of xylanase enzyme supplementation to corn/wheat-based diets on performance and egg quality in laying hens. **Canadian journal of animal science**, v 90 n 2 p 207-212, 2010.

ÇİFTCI, İ.; YENICE, E.; GÖKÇEYREK, D.; ÖZTÜRK, E. Effects of energy level and enzyme supplementation in wheat-based layer diets on hen performance and egg quality. **Acta Agriculture Scand (A)**, v 53, v 3, p. 113-119, 2003.

DOS SANTOS VIANA, M. T.; ALBINO, L. F. T.; SANTIAGO, H.; ROSTAGNO, S. L. D. T. B.; DA SILVA, E. A.; FLORENTINO, W. M. Efeito da suplementação de enzima fitase sobre o metabolismo de nutrientes e o desempenho de poedeiras1. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v 38 n 6, p. 1074-1080, 2009.

FERREIRA, C. B.; GERALDO, A.; VIEIRA FILHO, J. A.; BRITO, J. Á. G. D.; BERTECHINI, A. G.; PINHEIRO, S. R. F. Associação de carboidrases e fitase em dietas valorizadas e seus efeitos sobre desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras leves. **Arquivo Brasileiro De Medicina Veterinaria E Zootecnia**, p 249-254, 2015.

FREITAS, E. R.; FUENTES, M. D. F. F.; ESPÍNDOLA, G. B. Efeito da suplementação enzimática em rações à base de milho/farelo de soja sobre o desempenho de poedeiras comerciais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, p. 1103-1109, 2000.

GUNAWARDANA, P.; ROLAND SR., D.A.; BRYANT, M.M. Effect of energy and protein on performance, egg components, egg solids, egg quality, and profits in molted Hy-Line W-36 hens. **Journal of Applied Poultry Research**, v.17, p.432-439, 2008.

HARMS, R. H.; RUSSELL, G. B.; SLOAN, D. R. Performance of four strains of commercial layers with major changes in dietary energy. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 9 n. 4, p. 535-541, 2000.

ISA-Institut de Sélection Animale. **Layer management guide**. Saint-Brieuc: Hendrix Genetic Company, 2007.

JUNQUEIRA, O. M.; FILARDI, R. D. S.; LIGEIRO, E. C.; CASARTELLI, E. M.; SGAVIOLI, S.; ASSUENA, V.; LAURENTIZ, A. C. D. Avaliação técnica e econômica da matriz nutricional da enzima fitase em rações contendo farelo de girassol para poedeiras comerciais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, p 2200-2206, 2010.

LAY, D. C.; FULTON, R. M.; HESTER, P. Y.; KARCHER, D. M.; KJAER, J. B.; MENCH, J. A.; PORTER, R. E. Hen welfare in different housing systems. **Poultry Science**, v 90 n 1, p. 278-294, 2011.

LIM, H. S.; NAMKUNG, H.; PAIK, I. K. Effects of phytase supplementation on the performance, egg quality, and phosphorous excretion of laying hens fed different levels of dietary calcium and nonphytate phosphorous. **Poultry Science**, v 82 n 1, p. 92-99, 2003.

LUCKY, N. J.; HOWLIDER, M. A. R.; ALAM, M. A.; AHMED, M. F. Effect of dietary exogenous phytase on laying performance of chicken at older ages. **Bangladesh Journal of Animal Science**, v 43 n1, p 52-55, 2014.

MANANGI, M.K.; MAHARJAN, P.; COON; C.N. Effect of different concentrations of dietary P and Ca on plasma inorganic P and urinary P excretion using noncolostomized and colostomized broilers. **Poultry Science**, v.97, n.2, p.522-530, 2018.

MUNIR, K; MAQSOOD, S. A review on role of exogenous enzyme supplementation in poultry production. **Emirates Journal of Food and Agriculture** v 2, p 66-80, 2013.

NAGASHIRO, C. Enzimas na nutrição de aves. **In: CONFERÊNCIA APINCO 2007 DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS**. Anais, p.309-327, 2007.

NARASIMHA, J.; NAGALAKSHMI, D.; RAO, S. V.; REDDY, Y. R. Additive Effect of NSP Enzymes and Phytase on Performance, Egg Quality, Nutrient Retention and Gut Health of Laying Hens Fed Corn-Soybean Meal Based Low Energy Diets. **Journal of Agriculture and Veterinary Science**. v6 n5, p 22 – 28, 2013.

OBA, A.; WAINE PINHEIRO, J.; DA SILVA, C. A.; HERNAN CASTRO-GOMEZ, R. J.; BENITEZ, C. R.; YUKIO UENO, F.; DE ALMEIDA, M. Características produtivas, qualitativas e microbiológicas de galinhas poedeiras alimentadas com diferentes níveis de complexo enzimático. **Semina: Ciências Agrárias**, v 34, n 2, 2013.

ODÉN, K.; GUNNARSSON, S.; BERG, C.; ALGERS, B. Effects of sex composition on fear measured as tonic immobility and vigilance behaviour in large flocks of laying hens. **Applied Animal Behaviour Science**, v 95 n 1-2, p. 89-102, 2005.

PARMER, T. G.; L. K. KIRBY; Z. B. JOHNSON. Function, growth hormone, and organ growth in broiler deficient in phosphorus. **Poultry Science**, v. 66 p. 1995-2004, 1987.

PELICIA, K.; GARCIA, E. A.; FAITARONE, A. B. G.; SILVA, A. P.; BERTO, D. A.; MOLINO, A. B.; VERCESE, F. Calcium and available phosphorus levels for laying hens in second production cycle. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v 11 n 1, 39-49, 2009.

PIRGOZLIEV, V.; BEDFORD, M.R.; ACAMOVIC, T. Effect of dietary xylanase on energy, amino acid and mineral metabolism, and egg production and quality in laying hens, **British Poultry Science**, v 51 n 5, p 639-647, 2010.

RAVINDRAN, V.; SELLE, P.H.; BRYDEN, W.L. Response of broilers to microbial phytase supplementation as influenced by dietary phytic acid and nonphytate phosphorus levels. II. Effects on nutrient digestibility and retention. **British Poultry Science**, v. 41, n. 2, p. 193-200, 2000.

RAO, S. R.; RAJU, M. V. L. N.; PANDA, A. K.; MURTHI, O. K. Effect of supplementing microbial phytase in diets containing graded concentrations of calcium on performance, shell quality and bone mineral parameters in WL layers. **Animal Feed Science and Technology**, v 193, p. 102-110, 2014.

REZENDE, J. C. R.; CARLOS, A.; LAURENTIZ, R.; FILARDI, S.; BARBOSA, V.; FASCINA, D. A. B.; FILHO, S. T. S. Níveis de fósforo e fitase para poedeiras comerciais leves. **B. Indústria animal**, v.70, n.2, p.149-157, 2013

SAVORY, C. J.; JACK, M. C.; SANDILANDS, V. Behavioural responses to different floor space allowances in small groups of laying hens. **British poultry science**, v 47 n 2, p. 120-124, 2006.

SCHEIDELER, S. Eggshell calcium effects on egg quality and Ca digestibility in first -or third-cycle laying hens. **Journal Appl. Poultry Res.**, v. 7, p. 69-74, 1998.

SILVA, J. H. V.; ARAUJO, J. A. D.; GOULART, C. D. C.; COSTA, F. G. P.; SAKOMURA, N. K.; MARTINS, T. D. D. (2008). Relação cálcio: fósforo disponível e níveis de fitase para poedeiras semipesadas no primeiro e segundo ciclos de postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, p. 2166-2172, 2008.

SILVA, L. M.; GERALDO, A.; VIEIRA FILHO, J. A.; MACHADO, L. C.; BRITO, J. Á. G. D.; BERTECHINI, A. G. Association of carbohydrases and phytase in enriched diets for semi heavy layers. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v 34 n 3, p 253-258, 2012.

SINGH, A.; MASEY O'NEILL, H. V; GHOSH, T. K.; BEDFORD, M. R.;HALDAR S. Effects of xylanase supplementation on performance, total volatile fatty acids and selected bacterial population in caeca, metabolic indices and peptide YY concentrations in serum of broiler chickens fed energy restricted maize–soybean based diets. **Animal Feed Science and Technology**, v 17 n7, p 194-203, 2012.

SOUZA, K. M. R. D.; FARIA, D. E. D.; NAKAGI, V. D. S.; CARÃO, Á. C. D. P.; PACHECO, B. H. C.; TREVISAN, R. B.; GOMES, G. A. Metabolizable energy values of diets supplemented with xylanase determined with laying hens. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 41 n. 12, p. 2433-2440, 2012.

SOTO-SALANOVA, M.F; WYATT, C.L. Uso de enzimas para alcanzar el maximo potencial de las materias primas para dietas de avicultura. **Midwest Poultry Federation Convention**, Minneapolis, Abril, 1997.

STATISTIX®. **Statistix 9.0 Analytical software**. Tallahassee; 2008.

ŚWIĄTKIEWICZ, S.; ARCZEWSKA-WŁOSEK, A.; KRAWCZYK, J.; PUCHAŁA, M.; JÓZEFIAK, D. Effects of selected feed additives on the performance of laying hens given a diet rich in maize dried distiller's grains with solubles (DDGS). **British poultry science**, v 54 n 4, p. 478-485, 2013.

TAYLOR, A. E.; BEDFORD, M. R.; PACE, S. C.; MILLER, H. M. The effects of phytase and xylanase supplementation on performance and egg quality in laying hens. **British poultry science**, v 59 n 5, p. 554-561, 2018.

TEJEDOR, A.A.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S.; VIEITES, F.M. Efeito da adição da enzima fitase sobre o desempenho e a digestibilidade ileal de nutrientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.802-808, 2001.

VARGAS, R. C.; GERALDO, A.; ROCHA, T. C.; SILVA, I. M.; TELES, S. P.; NOGUEIRA, F. S.; GONÇALVES, R. A. Multi-enzyme complex in laying hens diet. **Journal of Agroveterinary Sciences**, v 16 n 1 p 61-69, 2017.

VIEIRA, M. D. M.; KESSLER, A. D. M.; RIBEIRO, A. M. L.; SILVA, I. C. M. D.; KUNRATH, M. A. Nutrient balance of layers fed diets with different calcium levels and the inclusion of phytase and/or sodium butyrate. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v 13 n 2, p. 157-162, 2011.

WEEKS, C. A.; LAMBTON, S. L.; WILLIAMS, A. G. Implications for welfare, productivity and sustainability of the variation in reported levels of mortality for laying hen flocks kept in different housing systems: a meta-analysis of ten studies. **PloS one**, v 11 n 1, 2016.

ZELTNER, E.; HIRT, H. Factors involved in the improvement of the use of hen runs. **Applied Animal Behaviour Science**, v 114 p. 395-408, 2008.

ZELTNER, E.; MAURER, V. Welfare of organic poultry. *World's Poultry Science Journal*, p. 104-112, 2009.