

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

ANA PAULA DE OLIVEIRA SACCOMANI

**Altas doses de 6-fitase de origem híbrida para frangos de corte de 1 a  
41 dias**

---

Pirassununga

2018

ANA PAULA DE OLIVEIRA SACCOMANI

**Altas doses de 6-fitase de origem híbrida para frangos de corte de 1 a  
41 dias**

“Versão Corrigida”

Tese apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Zootecnia do programa de pós-graduação em Zootecnia.

Área de Concentração: Qualidade e Produtividade Animal

Orientador: Prof. Dr. Daniel Emygdio de Faria Filho

---

Pirassununga

2018

Ficha catalográfica elaborada pelo  
Serviço de Biblioteca e Informação, FZEA/USP,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

SS119a Saccomani, Ana Paula de Oliveira  
Altas doses de 6-fitase de origem híbrida para  
frangos de corte de 1 a 41 dias / Ana Paula de  
Oliveira Saccomani ; orientador Daniel Emygdio de  
Faria Filho. -- Pirassununga, 2018.  
58 f.

Tese (Doutorado - Programa de Pós-Graduação em  
Zootecnia) -- Faculdade de Zootecnia e Engenharia de  
Alimentos, Universidade de São Paulo.

1. Desempenho. 2. Enzima exógena. 3. Fósforo  
disponível. 4. Qualidade óssea. I. Faria Filho, Daniel  
Emygdio de, orient. II. Título.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me guiado em todas as decisões e por ter me dado força e sabedoria para a conclusão dessa importante etapa de minha vida;

Agradeço aos meus pais, Arly Carlos Saccomani e Elisabete Cristina de Oliveira Saccomani por todo apoio, amor, conselhos e confiança nas minhas escolhas;

Ao meu orientador e amigo Prof. Daniel Emygdio de Faria Filho, por todos os conselhos, por ter me aguentado, pelas orientações, pelas oportunidades oferecidas, pelo carinho, incentivo, pela compreensão, e principalmente por toda confiança depositada em mim;

A CAPES pela concessão da bolsa de estudos, número do processo 1532912, que foi fundamental para meu crescimento profissional e da região onde estou inserido e à todos os professores do Departamento de Zootecnia, a Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos e a Universidade de São Paulo, os meus sinceros agradecimentos por todo o conhecimento transmitido;

As minhas queridas amigas e amigos de Limeira, meu muito obrigada pela compreensão, apoio, e por todos os momentos de descontração. As minhas irmãzinhas de república de Jaboticabal. E aos meus amigos de Pirassununga.

Aos meus companheiros de trabalho do Aviário, com os quais tive o grande prazer de compartilhar bons momentos e por toda ajuda antes, durante e depois do experimento, Amanda, Thiago, Julian, Bárbara e Jorge, a todos os outros estagiários e aos funcionários Claudinho e Cibele, meu muito obrigado;

A empresa BASF pela doação da enzima e contribuição em análises para o desenvolvimento desse projeto.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a conclusão deste trabalho.

*“Re programe a tua meta, busca o bem e você viverá melhor.  
Embora ninguém possa voltar atrás e fazer um novo começo,  
qualquer um pode começar agora e fazer um novo fim.*

*(Chico Xavier)*

## RESUMO

SACCOMANI, A.P.O. Altas doses de 6-fitase de origem híbrida para frangos de corte de 1 a 41 dias. 2018. 58 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo. Pirassununga. 2018.

Objetivou-se elaborar uma revisão sistemática da literatura das exigências de cálcio e fósforo com o uso da enzima fitase em ração para frangos de corte e avaliar altas doses de 6-fitase híbrida em rações, com ajuste na matriz nutricional, sobre o desempenho produtivo, aspectos econômicos, qualidade óssea e características de carcaça de frangos de corte. Para a revisão sistemática adotou-se a metodologia proposta por Lovatto et al. (2007), com a localização de artigos relacionados com o tema, coleta de dados, análise crítica dos artigos, interpretação e representação dos resultados encontrados. Para o desempenho, conduziu-se um experimento com 1200 pintos de um dia, Cobb500<sup>®</sup>, com peso médio de  $47,94 \pm 0,54$  g, distribuídos em um delineamento em blocos casualizados com cinco tratamentos, com oito repetições de 30 aves cada. Os tratamentos utilizados foram: 1) Controle positivo de acordo com as exigências da Tabela Brasileira para Aves e Suínos; 2) Controle negativo (CN) com redução na matriz nutricional equivalente a dose de fitase de 750 FTU/kg, mas sem a inclusão da enzima; 3) CN com inclusão da fitase em 750 FTU/kg; 4) CN com inclusão da fitase em 1000 FTU/kg; e 5) CN com inclusão da fitase em 1500 FTU/kg. A redução dos nutrientes no controle negativo foi de 0,184% de fósforo disponível, 84,8 kcal/kg de energia metabolizável, 0,36% de proteína bruta, 0,206% de cálcio, 0,002% de sódio, 0,006% de lisina digestível e 0,019% de metionina+cistina digestível. A enzima utilizada foi Natuphos<sup>®</sup> E 10.000 FTU/g, nova 6-fitase de origem híbrida. Para o desempenho e o rendimento de carcaça foram observadas diferenças entre os tratamentos ( $p < 0,05$ ), sendo que o controle negativo gerou resultados inferiores em relação aos demais tratamentos, enquanto que, para a análise econômica gerou resultados inferiores para as receitas brutas e superiores para os custos de produção ( $p < 0,05$ ). Para a qualidade óssea, a suplementação de fitase nos níveis de 1000 e 1500 FTU/kg geraram resultados semelhantes aos encontrados para o controle positivo ( $p < 0,05$ ). Dessa maneira, concluiu-se que a suplementação da 6-fitase híbrida em níveis de 1000 e 1500 FTU/kg, com redução de nutrientes na matriz nutricional, melhora o desempenho, as características de carcaça, os aspectos econômicos e os parâmetros de qualidade óssea, conseguindo alcançar a mesma qualidade óssea do controle positivo, porém com um custo reduzido.

**Palavras-chave:** Desempenho. Enzima exógena. Fósforo disponível. Qualidade óssea.

## ABSTRACT

SACCOMANI, A.P.O. High doses of 6 phytase of hybrid origin for broilers from 1 to 41 days. 2018. 58 f. PhD Thesis – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo. Pirassununga. 2018.

The objective of this study was to systematically review the literature on calcium and phosphorus requirements with the use of phytase enzyme in broiler feed and evaluate the levels of hybrid 6-phytase in diets, with an adjustment in the nutritional matrix, on the productive performance, bone quality, and carcass characteristics of broiler chickens. For the systematic review, the methodology proposed by Lovatto et al. (2007), for the localization of articles related to the theme, data collection, critical analysis of the articles, interpretation and representation of the results found. For broilers from 1 to 21 days, the enzyme phytase Natuphos is the most studied and levels above 500 FTU / kg can be used without compromising the performance of the animals, in addition to significantly improving the cost of. An experiment was carried out with 1200 day-old Cobb500® chickens, with a mean weight of  $47.94 \pm 0.54$  g, distributed in a randomized block design with five treatments, with eight replicates of 30 birds each. The treatments used were: 1) Positive control according to the requirements of the Brazilian Poultry and Pork Table; 2) Negative control (CN) with reduction in nutritional matrix equivalent to phytase dose of 750 FTU / kg, but without inclusion of the enzyme; 3) CN with phytase inclusion at 750 FTU / kg; 4) CN with phytase inclusion at 1000 FTU / kg; and 5) CN with phytase inclusion at 1500 FTU / kg. The nutrient reduction in the negative control was 0.184% of available phosphorus, 84.8 kcal / kg of metabolizable energy, 0.36% crude protein, 0.206% calcium, 0.002% sodium, 0.006% digestible lysine and 0.019 % digestible methionine + cystine. The enzyme used was Natuphos® E 10,000 FTU / g, a novel 6-phytase of hybrid origin. For carcass performance and yield, differences between treatments ( $p < 0.05$ ) were observed, and the negative control generated lower results in relation to the other treatments, whereas, for the economic analysis, lower results were obtained for gross and production costs ( $p < 0.05$ ). For bone quality, phytase supplementation at 1000 and 1500 FTU / kg levels were found to be similar to the positive control results ( $p < 0.05$ ). Thus, it is concluded that supplementation of hybrid 6-phytase at levels of 1000 and 1500 FTU / kg, with nutrient reduction in the nutritional matrix, improves performance, carcass characteristics, economic aspects and parameters of bone quality, achieving the same quality bone of the positive control, but with a reduced cost.

**Keywords:** Available phosphorus. Bone quality. Exogenous enzyme. Performance.

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1</b> – Interação do fitato com o fósforo (FERNÁNDEZ, 2007) .....  | 14 |
| <b>Figura 2</b> – Artigos sobre níveis de cálcio, fósforo disponível e fitase para frangos de corte machos, separados por idade e tipo de fitase.....          | 32 |
| <b>Figura 3</b> – Artigos sobre níveis de cálcio, fósforo disponível e fitase para frangos de corte fêmeas e misto, separados por idade e tipo de fitase. .... | 32 |



## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabela 1</b> - Exigências nutricionais de cálcio e fósforo para frangos de corte machos de desempenho superior em função da idade.....  | 13 |
| <b>Tabela 2</b> - Teor de fósforo, na matéria natural, dos principais ingredientes utilizados em rações de frangos de corte. ....  | 14 |
| <b>Tabela 3</b> - Artigos localizados na revisão sistemática de literatura para cálcio, fósforo e fitase para frangos de corte.....  | 31 |
| <b>Tabela 4</b> – Autores, ano de publicação, linhagem, níveis de cálcio, fósforo disponível e de fitase Natuphos dos artigos utilizados para frangos de corte de 1 a 21 dias.....   | 33 |
| <b>Tabela 5</b> - Rações experimentais, na matéria natural, para a fase pré-inicial (1 a 7 dias), inicial (8 a 21 dias), crescimento (22 a 35 dias) e final (36 a 41 dias) para frangos de corte. ....   | 41 |
| <b>Tabela 6</b> - Valores analisados de fitase em rações de 1 a 7, 8 a 21, 22 a 35 e 36 a 41 dias.....   | 42 |
| <b>Tabela 7</b> – Desempenho de frangos de corte de 1 a 41 dias.....   | 44 |
| <b>Tabela 8</b> - Características de cortes em valores relativos e absolutos para gordura abdominal (GA), asa, peito, coxa+sobrecoxa (Co+So) de frangos de corte aos 41 dias de idade .....  | 46 |
| <b>Tabela 9</b> - Análise econômica do desempenho de frangos de corte de 1 a 41 dias.....  | 47 |
| <b>Tabela 10</b> – Peso vivo (PV, g), peso da tíbia (PT, g), índice Seedor (IS, g/mm), perímetro da epífise proximal (PEP, mm), perímetro da epífise distal (PED, mm) e perímetro da diáfise (PD, mm) de frangos de corte aos 21 dias de idade ..... | 54 |
| <b>Tabela 11</b> – Análise de qualidade óssea de frangos de corte aos 21 dias.....   | 56 |

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| <b>CAPÍTULO 1. CONSIDERAÇÕES GERAIS</b> .....   | 11 |
| 1.1. INTRODUÇÃO .....   | 11 |
| 1.2. REVISÃO DE LITERATURA .....  | 12 |
| 1.2.1. Cálcio .....   | 12 |
| 1.2.2. Fósforo .....  | 13 |
| 1.2.3. Relação Cálcio e Fósforo.....  | 15 |
| 1.2.4. Desenvolvimento ósseo .....  | 16 |
| 1.2.5. Problemas locomotores em frangos de corte .....  | 17 |
| 1.2.6. Fitase .....   | 19 |
| 1.2.7. Revisão sistemática de literatura .....  | 22 |
| 1.3. REFERÊNCIAS .....  | 23 |
| <b>CAPÍTULO 2. REVISÃO SISTEMÁTICA DAS EXIGÊNCIAS DE CÁLCIO E DE FÓSFORO COM O USO DA FITASE PARA FRANGOS DE CORTE</b> .....                                | 29 |
| 2.1. INTRODUÇÃO.....  | 29 |
| 2.2. MATERIAL E MÉTODOS.....  | 30 |
| 2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....   | 31 |
| 2.4. CONCLUSÃO.....   | 36 |
| 2.5. REFERÊNCIAS .....  | 37 |
| <b>CAPÍTULO 3. ALTAS DOSES DE 6-FITASE DE ORIGEM HÍBRIDA PARA FRANGOS DE CORTE DE 1 A 41 DIAS</b> .....   | 39 |
| 3.1. INTRODUÇÃO.....  | 39 |
| 3.2. MATERIAL E MÉTODOS.....  | 40 |
| 3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....   | 43 |
| 3.4. CONCLUSÃO.....   | 48 |
| 3.5. REFERÊNCIAS .....  | 49 |
| <b>CAPÍTULO 4. QUALIDADE ÓSSEA DE FRANGOS DE CORTE AOS 21 DIAS ALIMENTADOS COM RAÇÕES SUPLEMENTADAS COM ALTAS DOSES DE 6-FITASE DE ORIGEM HÍBRIDA</b> ..... | 51 |
| 4.1. INTRODUÇÃO.....  | 51 |
| 4.2. MATERIAL E MÉTODOS.....  | 52 |
| 4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....   | 54 |
| 4.4. CONCLUSÃO.....   | 56 |
| 4.5. REFERÊNCIAS .....  | 57 |

## **CAPÍTULO 1. CONSIDERAÇÕES GERAIS**

### **1.1.INTRODUÇÃO**

Os minerais são essenciais na nutrição das aves e atuam como catalizadores nos sistemas enzimáticos e hormonais, sendo que cada mineral apresenta uma função específica que pode estar relacionado ao crescimento, reprodução, formação óssea, empenamento e apetite (MAIORKA et al., 2002). O cálcio e o fósforo, são minerais importantes para produção de frangos de corte, fundamentais para o desenvolvimento e manutenção do sistema esquelético. A deficiência desses minerais ou ingestão em relação diferente de duas moléculas de cálcio para uma molécula de fósforo pode ocasionar incidência de problemas nas pernas (XIE et al., 2009).

O cálcio é capaz de promover a manutenção da sua concentração ideal, através da reabsorção óssea, porém é necessário que haja suplementação desse nutriente nas rações. Isso ocorre, pois, os ingredientes de origem vegetal comumente utilizados na formulação de rações para frangos de corte, possuem baixa quantidade de cálcio, sendo necessário incluir fontes inorgânicas como o calcário calcítico para suprir as exigências nutricionais das aves (DURAU, 2015).

O fósforo é um mineral que participa de diversas reações bioquímicas e é importante na manutenção do sistema esquelético juntamente com o cálcio (BOUGOUIN et al., 2014). Trata-se do segundo mineral mais abundante no organismo, além de participar no metabolismo de carboidratos, aminoácidos e de energia (ANKRA-BADU; PESTI; AGGREY, 2010). Nas rações, o fósforo é um dos nutrientes que mais onera a ração e é proveniente de uma fonte não renovável, portanto, a oferta econômica de fósforo será comprometida no futuro (JIANG et al., 2010). Em vista disto, é importante uma melhor utilização do fósforo, reduzindo a quantidade inserida nas rações e sua excreção no meio ambiente (LIU et al., 2014).

A principal forma de armazenamento do fósforo em alimentos de origem vegetal é o fitato, que é uma molécula indisponível para digestão em animais não ruminantes. Isso porque esses animais não dispõem da enzima fitase endógena para romper a molécula de fitato e disponibilizar o fósforo para os animais. Dessa forma, a inclusão da enzima exógena fitase tem a capacidade de quebrar o fitato, tornando o fósforo disponível para os animais (PETER, 1992).

Nos últimos anos, houve uma grande expansão de informações na área da avicultura em relação ao uso de minerais e de enzimas, dificultando a avaliação de todo o conhecimento gerado. Dessa forma, a revisão sistemática de literatura é uma ferramenta científica que pode ser utilizada na extração de informações de dados existentes por meio da união de diversos trabalhos para o estabelecimento de melhores níveis dos nutrientes para a utilização na nutrição animal (LUIZ, 2002).

Existem diversos estudos dos efeitos de altas doses da enzima fitase. Porém, a 6-fitase ainda não tem seus efeitos completamente conhecidos na nutrição de frangos de corte. Dessa maneira, objetivou-se realizar uma revisão sistemática de literatura e avaliar o efeito de altas doses de 6-fitase híbrida em rações, com o ajuste na matriz nutricional, sobre o desempenho produtivo, aspectos econômicos, características de carcaça e qualidade óssea de frangos de corte de 1 a 41 dias.

## **1.2. REVISÃO DE LITERATURA**

### *1.2.1. Cálcio*

O cálcio é o mineral de maior inclusão nas rações de frangos de corte. É fundamental para o sistema esquelético, sendo que aproximadamente 99% do cálcio está presente na forma de hidroxiapatita e somente 1% nos tecidos moles, pois é um dos principais constituintes dos ossos e dos dentes, e participa no controle de diversas funções celulares dos tecidos nervosos e musculares. No sangue é encontrado em 60% na forma iônica, 35% ligado a proteínas e 5% ligado aos ácidos orgânicos (BETERCHINI, 2014) e atua nas atividades hormonais e na coagulação sanguínea ativando a conversão de protrombina em trombina, além de ativar enzimas como a adenosina-trifosfatase (MARTINS, 2013). Em rações, o cálcio normalmente é suplementado na forma de calcário calcítico, além de outras fontes que podem ser utilizadas como a farinha de ostras e outros produtos processados (SÁ et al., 2004).

O cálcio é encontrado em ingredientes vegetais como o milho e o farelo de soja, com teores de 0,02% e 0,34% na matéria natural, respectivamente (ROSTAGNO et al., 2017). A exigência nutricional (Tabela 1) e também a deposição de cálcio nos ossos é maior na fase inicial do pintinho, chegando por volta dos 30 dias a 80% do conteúdo total de cálcio presente em uma ave adulta. Portanto, uma nutrição desbalanceada em cálcio, principalmente na fase inicial do pintinho pode ocasionar um desenvolvimento ósseo inadequado para as aves (ALVES et al., 2002).

**Tabela 1** - Exigências nutricionais de cálcio e fósforo para frangos de corte machos de desempenho superior em função da idade.

| <b>Idade (dias)</b> | <b>Cálcio (%)</b> | <b>Fósforo Disponível (%)</b> | <b>Fósforo Digestível (%)</b> |
|---------------------|-------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 1 a 7               | 1,006             | 0,480                         | 0,421                         |
| 8                   | 0,994             | 0,474                         | 0,416                         |
| 14                  | 0,907             | 0,432                         | 0,380                         |
| 21                  | 0,788             | 0,376                         | 0,330                         |
| 28                  | 0,754             | 0,352                         | 0,322                         |
| 35                  | 0,668             | 0,312                         | 0,312                         |
| 42                  | 0,594             | 0,277                         | 0,277                         |

Adaptada de Rostagno et al., (2017).

Diversos fatores podem interferir na absorção de cálcio, entre eles o seu nível de inclusão nas rações, isso porque, o excesso de cálcio em rações pode alterar a relação cálcio e fósforo, formando afetando a sua taxa de absorção e prejudicando o desenvolvimento dos animais (POWELL; BIDNER; SOUTHERN, 2011).

Existe uma grande falta de informações sobre a digestibilidade das fontes de cálcio em não ruminantes. Sendo que através de informações dos valores reais de digestibilidade para cada espécie, pode-se reduzir a inclusão de nutrientes nas rações, além de disponibilizar espaço para maior inclusão de energia, e de outros nutrientes, a fim de reduzir a excreção de minerais no ambiente (SANTANA, 2013).

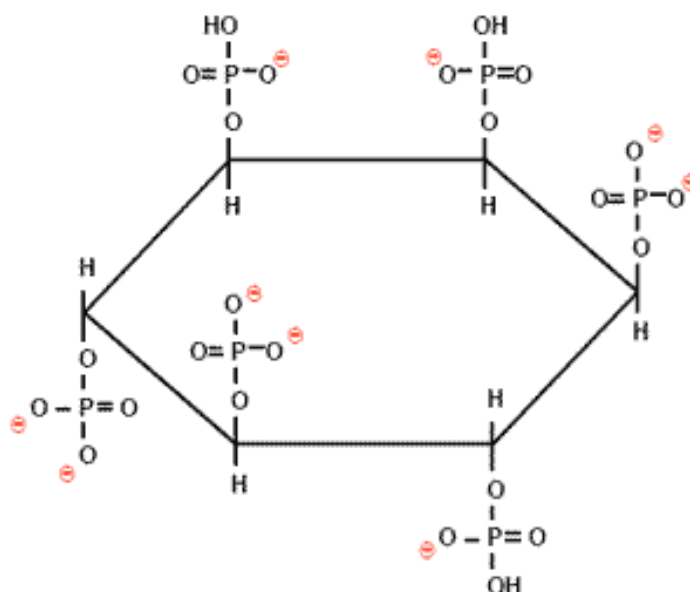
### *1.2.2. Fósforo*

O fósforo é o segundo mineral mais abundante no corpo e desempenha um papel importante no metabolismo de diversos nutrientes, de energia, além de fazer parte dos ossos e dentes e na formação da adenosina-trifosfato (ANKRA-BADU; PESTI; AGGREY, 2010).

As exigências de frangos de corte não são supridas em relação ao fósforo em rações formuladas com ingredientes convencionais como é o caso do milho e do farelo de soja. Assim, há a necessidade de adicionar fósforo inorgânico nas rações a fim de atender as exigências dos animais. O fósforo é o terceiro componente mais caro da ração de frangos de corte, depois da energia e da proteína (WOYENGO; NYACHOTI, 2011).

Após a absorção do fósforo, este mineral vai diretamente para a corrente sanguínea, e depois é utilizada para a deposição nos ossos ou para a manutenção dos níveis plasmáticos (MAIORKA; MACARI, 2002). E, aproximadamente dois terços do fósforo encontrado nos alimentos de origem vegetal fazem parte da molécula fitato (Figura 1), que possui

baixa disponibilidade para aves, podendo comprometer o desenvolvimento dos animais (SANTOS et al., 2013).



**Figura 1** – Interação do fitato com o fósforo (FERNÁNDEZ, 2007)

O fitato também apresenta a habilidade de ligar-se ao cálcio, interferindo no seu metabolismo, devido a formação de quelatos. Dessa maneira, o ácido fítico presente em alimentos de origem vegetal pode reduzir a absorção de cálcio no trato gastrintestinal, prejudicando o desenvolvimento dos animais quando alimentados com cereais (FERNÁNDEZ, 2007).

O teor de fósforo total, fítico e disponível existente em alguns ingredientes que são utilizados em rações para frangos de corte estão apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2** - Teor de fósforo, na matéria natural, dos principais ingredientes utilizados em rações de frangos de corte.

| Ingredientes          | Fósforo total (%) | Fósforo fítico (%) | Fósforo disponível (%) |
|-----------------------|-------------------|--------------------|------------------------|
| Farelo de arroz       | 1,71              | 1,37               | 0,35                   |
| Milho (7,86%)         | 0,24              | 0,18               | 0,06                   |
| Farelo de soja (45%)  | 0,55              | 0,36               | 0,19                   |
| Soja integral tostada | 0,53              | 0,36               | 0,17                   |
| Sorgo (baixo tanino)  | 0,23              | 0,16               | 0,07                   |
| Farelo de trigo       | 0,94              | 0,45               | 0,49                   |

Adaptada de Rostagno et al., 2017.

Assim, para que esses níveis de fósforos limitados sejam compensados, normalmente há a inclusão de fosfatos inorgânicos, como o fosfato bicálcico em rações formuladas para frangos de corte (ROSTAGNO et al., 2017).

Outra alternativa para aumentar a disponibilidade de fósforo, é a utilização de enzimas exógenas, como a fitase, para que o fitato possa ser parcialmente digerido, clivando o fósforo e tornando-o disponível para absorção (BEDFORD, 2000).

### *1.2.3. Relação Cálcio e Fósforo*

A absorção de cálcio acontece em todo o intestino delgado, em sua maior parte no duodeno e jejuno, através do transporte passivo e do transporte ativo. O transporte passivo é a principal forma de absorção de cálcio, em que acontece a passagem do íon pelo epitélio sem gastos de energia, sendo que esse mecanismo depende do gradiente eletroquímico. Enquanto que o transporte ativo regula o transporte de cálcio pela entrada de cálcio no organismo, com gasto de energia metabólica, e é dependente da vitamina D (HOENDEROP; NILIUS; BINDELS, 2005). A calcitonina também atua no metabolismo do cálcio quando os níveis estão elevados no sangue para a manutenção normal dos níveis no plasma (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2004).

A absorção do fósforo está diretamente ligada à do cálcio, isto acontece porque os mecanismos de regulação físicos, químicos e biológicos são iguais para os dois minerais (FERREIRA, 2015). A presença da vitamina D é determinante na absorção de cálcio e de fósforo no intestino delgado, no entanto, a absorção de fósforo também depende da fonte fornecida, do pH intestinal, dos níveis de magnésio, ferro, alumínio, entre outros microminerais (SÁ et al., 2004).

A relação de duas moléculas de cálcio para cada uma molécula de fósforo é importante para a manutenção da homeostase, que é realizada através da vitamina D, do paratormônio e da calcitonina, a vitamina D é produzida quando a concentração de fósforo é baixa e é através do estímulo da vitamina D que o fósforo passa a ser absorvido no lúmen intestinal, assim como produz uma proteína carreadora para o cálcio para absorção no intestino. O paratormônio atua no processo de desmineralização, aumentando a concentração de fosfato no sangue e diminuindo sua excreção para ser absorvido com a ajuda da vitamina D. Enquanto que a calcitonina estimula a deposição de cálcio e fósforo nos ossos quando a concentração desses minerais no sangue está em excesso (McDOWELL, 1992; SANTOS, 2016).

Altas relações de cálcio e fósforo reduzem a absorção do fósforo, as taxas de ganhos de peso dos animais comprometem a mineralização dos ossos, enquanto que uma baixa relação entre esses dois minerais pode comprometer a absorção de cálcio, prejudicando também a mineralização óssea (LIU et al., 2000). Cerca de 99% do cálcio total de todo o organismo e 85% do fósforo total estão presentes nos ossos, fazendo com que o tecido ósseo seja o maior depósito desses nutrientes, e na deficiência, estes minerais podem ser mobilizados dos ossos para a circulação (VARGAS JÚNIOR et al., 2003).

Em frangos de corte, o consumo de ração pode ser reduzido quando há deficiência de fósforo disponível com níveis abaixo de 0,35% e 0,24% nas fases inicial e de crescimento, respectivamente (GOMES et al., 2004). Sinais como inibição do crescimento, baixo ganho de peso e perda de apetite, podem ser observados facilmente nos animais jovens, além de ocasionar problemas na mineralização óssea, resultando problemas locomotores e fraturas (McDOWELL, 1992).

Além do fósforo poder influenciar a absorção de cálcio, e vice-versa, eles podem competir pelos sítios de absorção desses nutrientes (MACARI; FURLAN; GONZALES, 2002). Dessa maneira, existem algumas relações entre os minerais que podem afetar a resposta fisiológica a níveis de deficiência ou tóxico, dificultando a determinação da exigência de um mineral de forma individual. Essas interações podem ocorrer por antagonismo em que um nutriente afeta a absorção do outro, ou então por sinergismo em que os nutrientes melhoram a absorção um do outro no trato intestinal (SILVA; PASCOAL, 2014).

#### *1.2.4. Desenvolvimento ósseo*

Os ossos têm grande importância no desenvolvimento e no crescimento dos animais, e sua rigidez tem relação com a deposição de cálcio e fósforo na forma de hidroxiapatita durante a mineralização. Desta maneira a deficiência desses minerais pode levar a uma calcificação incompleta, aumentando a probabilidade de distúrbios locomotores devido ao crescimento ósseo acelerado, principalmente das pernas das aves, ocasionando queda no desempenho e na produtividade (MACARI et al., 2014). Além de aumentar o risco de fratura do fêmur, ruptura da coxa e da sobrecoxa, pode ocorrer a separação da cartilagem e lesões hemorrágicas na carne (OLIVEIRA, 2016).

Quando os níveis de cálcio e fósforo são deficientes nas rações de frangos de corte pode ocorrer afecções ósseas, como a espondilolistese e a síndrome do osso negro. A



espondilolistese é um deslizamento ventral da quarta vértebra que pressiona a medula espinhal, causando paralisia parcial dos membros pélvicos (PAIXÃO et al., 2007). Já a síndrome do osso negro, é caracterizada pelo escurecimento da carne ligado ao osso devido a disseminação de sangue da medula óssea (KORVER, 2010).

Os distúrbios ósseos são analisados através de parâmetros como o índice Seedor (relação do peso do osso com o seu comprimento), biodisponibilidade de minerais, além de medidas de peso do osso, peso do osso seco, peso do osso seco sem gordura, peso das cinzas dos ossos, gravidade específica, resistência a ruptura dos ossos, superfícies radiológicas da placa epifisária e de parâmetros fotométricos. Sendo que quanto maior o peso do animal, maiores serão os valores do índice Seedor e da resistência óssea (BRESNE, 2013).

As análises de teor de cinzas ósseas e a de resistência à quebra óssea são as mais comumente utilizadas para determinação da deposição de cálcio e fósforo nos ossos em aves (BERTECHINI, 2014). As cinzas são utilizadas como método de avaliação das exigências de fósforo e a concentração mineral óssea são ótimos parâmetros para avaliar a biodisponibilidade de minerais (DEMIREL et al., 2012).

Os primeiros trabalhos com fósforo e fitase para avaliação de parâmetros ósseos demonstraram que as aves que receberam tratamento com a enzima fitase obtiveram um aumento na porcentagem de cinzas ósseas, resultante da melhor disponibilidade de fósforo na ração (NELSON; SHIEH; WODZINSKI, 1971). Sendo que a quantidade de cinzas ósseas, em miligramas, é a maneira mais eficaz de estimar a quantidade de fósforo liberado pela fitase em uma ração à base de milho e de farelo de soja (PEREIRA et al., 2012).

Estudos com baixa quantidade de fósforo inserido em rações com trigo e farelo de soja suplementados com fitase demonstraram aumento na mineralização da tíbia em frangos de corte, além de melhorar o desempenho dos animais (CATALA-GREGORI et al., 2006). Assim como, a suplementação da enzima fitase nas rações pode melhorar a estrutura óssea dos animais, além de diminuir problemas locomotores e de uniformidade dos lotes (LECZNIESKI, 2006).

#### *1.2.5. Problemas locomotores em frangos de corte*

Na avicultura, frangos de corte possuem elevado ganho de peso e crescimento bastante acelerado, causando diversos problemas de locomoção para os animais. Como a

locomoção tem um papel de extrema importância no desempenho produtivo da ave, esses fatores vêm sendo citados há muito tempo como as principais causas de doenças musculoesqueléticas em frangos de corte, que podem atingir o esqueleto axial como o apendicular, resultando no surgimento das disfunções do aparelho locomotor (EDWARDS, 2000). Isso ocorre, pois, o frango de corte quando chega na idade de abate, ainda se encontra em fase de crescimento, possuindo ligamentos, tendões e ossos que ainda não estão completamente desenvolvidos, e contem pouco tecido ósseo compacto (ALMEIDA PAZ; BRUNO, 2006).

Os problemas locomotores ocorrem quando a taxa de crescimento de outros tecidos, como o tecido muscular, é maior do que o crescimento do tecido ósseo. Algumas práticas de manejo nutricional, genético, dentre outros, aceleram ainda mais o crescimento e podem comprometer a qualidade dos ossos levando ao surgimento de doenças degenerativas dos ossos e fraqueza das pernas em lotes de frangos de corte (RATH et al., 1999).

Os problemas locomotores em frangos de corte podem comprometer o bem-estar das aves, já que o deslocamento para se alimentar e ingerir água é reduzido (ALMEIDA PAZ; BRUNO, 2006).

A principal deformidade óssea que afeta os frangos de corte é a discondroplasia tibial (DT). Essa doença acomete as aves na fase inicial e de crescimento, geralmente aparecendo entre a 3<sup>a</sup> e 8<sup>a</sup> semana de vida dos frangos, sendo que os machos são mais susceptíveis do que fêmeas, ocorrendo problemas estruturais com deformidades e distorções dos ossos longos (GONZALES; MENDONÇA JR, 2006; BARBOSA et al., 2010).

A DT é caracterizada por uma massa de cartilagem opaca, de diversos tamanhos, resistente à invasão vascular e não mineralizada pela incompleta diferenciação dos cinco condrócitos transitórios, podendo ser observada na extremidade proximal da tíbia, encontrada também no fêmur e no úmero (LILBURN et al., 1994; GONZALES; MENDONÇA JR, 2006).

As aves que possuem essa doença possuem dificuldade para se locomover, deformidade óssea e claudicação, e em casos mais graves, podem morrer por desidratação por não conseguirem caminhar, além de causar fraturas ósseas (EUROPEAN COMMISSION, 2000).

### 1.2.6. Fitase

Enzimas têm sido amplamente estudadas e utilizadas na alimentação de frangos de corte, como uma maneira de reduzir a quantidade de ingredientes de alto custo, melhorar a disponibilidade dos nutrientes na ração e reduzir sua excreção (SELLE; COWIESON; RAVINDRAN, 2009). Além disso, a eficiência das enzimas já é comprovada em rações para frangos que tem como base o milho e o farelo de soja, pois a enzima consegue aproveitar de melhor forma os nutrientes inseridos nas rações (MURAKAMI et al., 2007).

A enzima fitase é uma fosfatase que catalisa o desdobramento do radical fosfatado do inositol liberando o grupo fosfatado. Sua ação é na degradação do ácido fítico, com maior eficiência no estômago e na porção inicial do intestino delgado, liberando alguns minerais e outros nutrientes presentes nos alimentos de origem vegetal. Essa liberação é feita por meio da hidrólise e da ruptura das paredes celulares dos vegetais (SALMON, 2011). Dessa maneira, a fitase promove a redução na suplementação de diversos nutrientes, tais como o fósforo nas rações, bem como na sua excreção no ambiente (SELLE; RAVINDRAN, 2007).

A fitase é obtida através de processos de fermentação de microorganismos e pode ser proveniente de fungos, bactérias, leveduras e plantas, e são divididas em duas categorias denominadas de 3 ou 6 fitato, ou seja, de acordo com o local onde é iniciada a primeira hidrólise na molécula do fitato (RAGON et al., 2008). As mais utilizadas são as fitases derivadas de fungos a partir do gênero *Aspergillus niger*, que são utilizadas em grande escala comercial e as bacterianas produzidas a partir da *Escherichia coli* (SELLE; RAVINDRAN, 2007). A 6-fitase desfosforila o ácido fítico por completo, enquanto que a 3-fitase não hidrolisa o fosfato monoéster, fazendo com que ocorra maior eficácia na liberação do fósforo fítico na enzima 6-fitase (WODZINKI; ULLAH, 1996).

O substrato da enzima fitase é chamado de fitato, que é uma mistura de sais de ácido fítico ligados a íons de sódio, magnésio, potássio, cálcio, zinco, entre outros, que não são digeridos e reduzem dessa maneira a solubilidade e digestibilidade da ração pela formação de complexos insolúveis (DOURADO; BARBOSA; SAKOMURA, 2014). A hidrólise deveria liberar seis moléculas inorgânicas de fósforo e uma de inositol, no entanto, a adição de fitases exógenas libera menos que 35% do fitato dietético (SELLE; RAVINDRAN, 2007).

A hidrólise de fitato, também promove efeitos fisiológicos benéficos aos animais, que vão além do fósforo, sobre a retenção de aminoácidos, cálcio e de energia, além de

que, pesquisas indicam importantes percepções dos efeitos "extra-fosfóricos" da fitase em relação ao papel do mio-inositol, que é um importante nutriente para promover o crescimento de frangos de corte. (COWIESON; WILCOCK; BEDFORD, 2011).

O mio-inositol é uma molécula de poliálcool cíclico, com uma fórmula semelhante à da glicose, que compõe a molécula fitato. Os efeitos inositol nas aves eram diferentes dos efeitos nos mamíferos, porém, pesquisas identificaram que os efeitos são os mesmos, pois as aves respondem muito bem a insulina (TOKUSHIMA et al., 2005). Esse feito ocorre principalmente quando o inositol é administrado por via oral, melhorando significativamente o desempenho de frangos de corte (COWIESON et al., 2013; ZYLA et al., 2013).

A fitase tem a capacidade de aumentar o mio-inositol no plasma dos pintinhos, e dessa maneira pode ter um efeito semelhante ao da insulina, explicando o porquê da adição de fitase, principalmente quando administrada em altas doses, tem efeitos benéficos sobre o ganho de peso e a taxa de conversão alimentar, além da soma dos efeitos sobre a digestibilidade dos nutrientes (SWEAZEA e BRAUN, 2006).

A importância da inclusão de enzimas exógenas, como a fitase, na produção animal está relacionada à melhora no desempenho do animal, pelo aumento da disponibilidade de fósforo e de outros nutrientes que ocorrem a partir da hidrólise do fitato (DOURADO; BARBOSA; SAKOMURA, 2014).

Nos últimos anos, houve uma maior compreensão dos efeitos dos fatores antinutricionais, como o fitato, e os seus reflexos na utilização de nutrientes pelos animais. As altas doses de fitase é a adição de fitase suficiente para destruir praticamente todo o fitato presente na ração de maneira muito rápida. Como o fitato é um fator anti nutricional, as altas doses proporcionam ganhos adicionais no desempenho das aves, que vão muito além da simples liberação de cálcio e fósforo quando da utilização de doses convencionais da enzima. Este conhecimento sobre o assunto começou com diversas pesquisas para entender melhor benefícios da eliminação do fitato nas rações, pelo uso de altas dosagens de fitase, sobre os parâmetros de desempenho de aves, e a quantidade de enzima necessária para se obter este efeito irá variar, dependendo da capacidade de o produto específico de degradar o fitato (COWIESON; WILCOCK; BEDFORD, 2011).

Diversos autores demonstraram efeitos benéficos das altas doses da enzima na melhoria da conversão alimentar e no ganho de peso em aves e suínos (COWIESON;

WILCOCK; BEDFORD, 2011; BEDFORD, 2012). Outro importante efeito da utilização de altas doses é o potencial de aproveitamento da assimilação de mio-inositol, aumentando os níveis de vitamina A, vitamina E e da Coenzima Q10, desempenhando um papel importante no transporte de lipídeos, como antioxidante, no metabolismo de energia, assim como, reduz a inclusão de calcário nas rações, já que esse ingrediente causa diversas reações fisiológicas no organismo prejudicando a digestibilidade dos nutrientes (KARADAS ET AL., 2010; WALK; BEDFORD; MCELROY, 2012).

No Brasil, grande parte do plantel de frangos de corte recebe a enzima fitase nas rações, pois as aves não conseguem sintetizar quantidades suficientes dessas enzimas para atuarem em alguns processos no metabolismo, como a quebra do fósforo da molécula de fitato para aumentar a disponibilidade de fósforo para as aves (COSTA et al., 2007).

O efeito da fitase está diretamente ligado com a sua ação sobre o substrato, e desta forma é fundamental a preocupação da formulação de ração com o tipo de enzima específica para a composição nutricional (DOURADO et al., 2009). Outros fatores importantes que devem ser considerados também para não afetar a utilização das enzimas são: a idade, a espécie animal, a temperatura ambiente, o estado sanitário do animal, o balanço eletrolítico, o processamento das rações e a quantidade de ingredientes ingeridas pelos animais (DOURADO; BARBOSA; SAKOMURA, 2014).

A ação da enzima pode variar dependendo da concentração de cálcio e fósforo da ração, pois rações com deficiência nesses minerais, podem ocorrer a superestimação da digestibilidade de fósforo, e quanto maior a deficiência de fósforo, maior a sua resposta para fitase. Dessa maneira, a inclusão da fitase na ração pode melhorar o ganho de peso, consumo de ração, teor de cinza, retenção de cálcio e fósforo de frangos de corte alimentados com uma ração à base de milho e farelo de soja, porém estas melhorias são influenciadas negativamente por uma alta relação de cálcio e fósforo (MUTUCUMARANA et al., 2014).

Estudos apontam que a adição de fitase nas rações de frango de corte diminuem os custos das rações, reduzem problemas digestivos provocados pelos fatores antinutricionais presentes em alguns alimentos (KHAN, 2013). Melhoram o valor nutritivo dos alimentos, aumentam a digestibilidade dos nutrientes como o fósforo contido nos ingredientes de origem vegetal, e de energia, principalmente aqueles nutrientes que são encapsulados dentro da parede celular ou ligados em estruturas químicas que as enzimas endógenas não conseguem degradar (SANTOS et al., 2013;

AMERAH et al., 2014). Além disso, proporcionam melhores resultados no ganho de peso, consumo de ração e na eficiência alimentar, diminuindo a excreção de fósforo na contaminação do meio ambiente (COWIESON; COWIESON, 2011; LIU et al., 2014). Na qualidade óssea, pesquisas demonstraram melhores efeitos na mineralização e na resistência óssea de frangos de corte aos 21 dias de idade, com aumentos de até 35% no teor mineral das tíbias (FUKAYAMA et al., 2008).

### *1.2.7. Revisão sistemática de literatura*

Devido ao grande avanço de pesquisas científicas na área da avicultura, e a quantidade de dados gerados por profissionais e pesquisadores, é difícil avaliar todo o conhecimento gerado sobre um determinado assunto. Dessa maneira, a revisão sistemática da literatura é um dos diversos tipos de pesquisa para que se consiga acompanhar as evidências acumuladas em determinada área de interesse. Isso ocorre através da identificação dos estudos publicados de qualidade superior, cujos resultados podem ser apresentados na prática, além de conseguir ter grande poder sobre a tomada de decisão, com menores custos (SAUVANT, 2008; BERWANGER et al., 2007).

É um tipo de investigação focada em uma questão bem definida, que utiliza técnicas para identificar, selecionar, avaliar e sintetizar as evidências relevantes disponíveis, devendo ser abrangentes e não tendenciosas (PEREIRA; GALVÃO, 2014). As revisões sistemáticas diferem das revisões tradicionais, pois estas últimas são mais amplas e trazem informações gerais sobre o tema em questão, sendo comuns em livros-texto. E estas, também diferem das revisões integrativas, nas quais se utilizam diferentes delineamentos na mesma investigação, além de expressarem a opinião do próprio autor (BOTELHO et al., 2011).

As etapas para elaboração de revisões sistemáticas preveem a partir de uma pergunta de pesquisa, identificando as possíveis palavras-chaves a serem utilizadas, da busca de periódicos na literatura, do estabelecimento de critérios de inclusão e exclusão de periódicos, da seleção dos artigos e extração dos dados de interesse do estudo. A partir do momento em que os artigos foram selecionados, os próximos passos são a organização e sumarização das informações, e uma avaliação da qualidade metodológica dos estudos conforme a sua qualidade (MARTINEZ, 2007).

### 1.3.REFERÊNCIAS

- ALMEIDA PAZ, I. C. L. Problemas locomotores e técnicas de mensuração. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2008, Santos. **Anais...** Campinas: FACTA, p. 57-68, 2008.
- ALVES, E. L. et al. Efeito dos níveis de cálcio em duas fontes sobre o desempenho de frangos de corte. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 6, p. 1305-1312, 2002.
- AMERAH, A. M. et al. Effect of calcium level and phytase addition on ileal phytate degradation and amino acid digestibility of broilers fed corn-based diets. **Poultry Science**, Carry, v. 93, n. 4 p. 906–915, 2014.
- ANKRA-BADU, G. A.; PESTI, G. M.; E AGGREY, S. E. Genetic interrelationships among phosphorus, nitrogen, calcium, and energy bioavailability in a growing chicken population. **Poultry Science**, Carry, v. 89, n. 11, p. 2351-2355, 2010.
- BARBOSA, A. et al. Avaliação da qualidade óssea mediante parâmetros morfométricos, bioquímicos e biomecânicos em frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 4, p. 772-778, 2010.
- BEDFORD, M. R. Exogenous enzymes in monogastric nutrition - their current value and future benefits. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 86, n. 1, p. 1-13, 2000.
- BEDFORD, M. R. Alternate uses of phytase – Superdosing. **Asian Poultru Magazine**. p. 8-11, 2012.
- BERTECHINI, A. G. Minerais e vitaminas: Exigências de minerais para aves. In: SAKOMURA, N. K. et al. **Nutrição de não ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2014. cap. 6, p. 466-484.
- BERWANGER, O. et al. Como avaliar criticamente revisões sistemáticas e metanálises. **Revista Brasileira de Terapia Intensiva**, São Paulo, v. 19, n. 4, p. 475-480, 2007.
- BOTELHO, L. L. R. et al. O método da revisão integrativa nos estudos organizacionais. **Gestão e Sociedade**, Belo Horizonte, v. 5, n. 11, p. 121-136, 2011.
- BOUGOUIN, A. et al. Effects of phytase supplementation on phosphorus retention in broilers and layers: A meta-analysis. **Poultry Science**, Carry, v. 93, n. 8, p. 1-12, 2014.
- BRESNE, C. **Suplementação da vitamina D3 (coleciferol) e 25-OHD3 (25-hidroxi coleciferol) e problemas locomotores e qualidade óssea em frangos de corte**. 2013. 93 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2013.
- CATALA-GREGORI, P. et al. Response of broilers to feeding low-calcium and phosphorus diets plus phytase under different environmental conditions: body weight and tibiotarsus mineralization. **Poultry Science**, Carry, v. 85, n. 11, p. 1923-1931, 2006.

COSTA, F. G. P. et al. Efeito da enzima fitase nas rações de frangos de corte, durante as fases pré-inicial e inicial. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 865-870, 2007.

COWIESON, A. J.; COWIESON, N. P. Phytate and the thermodynamics of water. **Australian Poultry Symposium**, Sydney, v. 22, p. 22-25, 2011.

COWIESON, A. J.; WILCOCK, P.; BEDFORD, M. R. Super-dosing effects of phytase in poultry and other monogastrics. **World's Poultry Science Journal**, n. 67, p. 225-236, 2011.

COWIESON, A. J.; PTAK, A.; MACKOWIAK, P.; SASSEK, M.; PRUSZNSKA-OSZMALEK, E.; ZYLA, K.; SWIATKIEWICZ, S.; KACMAREK, S.; JOZEFIAK, D. The effect of microbial phytase and myo-inositol on performance and blood biochemistry of broiler chickens fed wheat/corn-based diets. **Poultry Science**, n. 92, p. 2124–2134, 2013.

DEMIREL, G. et al. Effects of dietary supplementation of citric acid, copper, and microbial phytase on growth performance and mineral retention in broiler chickens fed a low available phosphorus diet. **Journal Applied of Poultry Research**, Champaign, v. 21, n. 2, p. 335– 347, 2012.

DOURADO, L. R. B. et al. Corn and soybean meal metabolizable energy with the additions of exogenous enzymes for poultry. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v. 11, n. 1, p. 51-54, 2009.

DOURADO, L. R. B.; BARBOSA, N. A. A.; SAKOMURA, N. K. Aditivos: Enzimas na nutrição de monogástricos. In: SAKOMURA, N. K. et al. **Nutrição de não ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2014. cap. 6, p. 466-484.

DURAU, J. F. **Fitase, granulometria da fonte de cálcio e relação cálcio e fósforo em dietas para frangos de corte**. 2015. 48 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

EDWARDS, J. H. M. Nutrition and skeletal problems in poultry. **Poultry Science**, Carry, v. 79, p. 1018-1023, 2000.

EUROPEAN COMMISSION. **The welfare of chickens kept for meat production**. Report of the Scientific Committee on Animal Health and Animal Welfare, 2000.

FERNÁNDEZ, S. R. **Uso de enzimas termoestables em la alimentacion animal**, 2007. Disponível em: < <http://www.gallosedragliofarm.com/usodeenzimas.html>>. Acesso em: 11 de maio, 2016.

FERREIRA, R. C. **Efeito das enzimas fitase e xilanase sobre a disponibilidade de fósforo em dietas para suínos dos 63 aos 103 dias de idade**. 2015. 38 f. Dissertação (Mestrado – Pós-graduação em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Viçosa, 2015.



FUKAYAMA, E. H. et al. Efeito da suplementação de fitase sobre o desempenho e a digestibilidade dos nutrientes em frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 4, p. 629-635, 2008.

GOMES, P. C. et al. Exigência de fósforo disponível para frangos de corte machos e fêmeas de 22 a 42 e 43 a 53 dias de idade. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, **Anais...** Santa Maria: RBZ, 2004, p. 1734-1746.

GONZALES E.; MENDOÇA JR, C. X. Problemas locomotores em frangos de corte. VII Simpósio Brasil Sul de Avicultura. Chapecó, SC – Brasil. **Anais..** Chapecó, 2006, p. 79-94.

HOENDEROP, J. G. L.; NILIUS, B.; BINDELS, R. J. M. Calcium absorption across epithelia. **Physiological Reviews**, New York, v. 85, n. 1, p. 373-422, 2005.

JIANG, S. et al. Non-phytate phosphorus requirements and efficacy of a genetically engineered yeast phytase in male lingnan yellow broilers from 1 to 21 days of age. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, Berlin, v. 95, n. 1, p. 47–55, 2010.

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. Tecido ósseo. In: \_\_\_\_\_. **Histologia Básica**. 10<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: Editora Ganabara Koogan S.A., 2004. cap. 8, p. 148 - 149.

KARADAS, F.; PIRGOZLIEV, V.; PAPPAS, A. C.; ACAMOVIC, T.; BEDFORD, M. R. Effects of diferente dietary phytase activities on the concentration of antioxidants in the liver of growing broilers. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 94, p. 519-526, 2010.

KHAN, S. A. et al. The Effect of Phytase Enzyme on the Performance of Broiler Flock (A-Review). **Poultry Science**, Carry, v. 1, n. 2, p. 117-125, 2013.

KORVER, D. Reducing the incidence of black bone. **World Poultry**, Cambridge, v. 26, n. 9, p. 36-38, 2010.

LECZNIESKI, J. L. Considerações práticas do uso de enzimas. **V SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE AVES E SUÍNOS**, p. 34-46, 2006.

LILBURN, M. S. Skeletal growth of commercial poultry species. **Poultry Science**, Carry, v. 73, n. 6, p. 897-903, 1994.

LIU, J. et al. Effects of dietary calcium:phosphorus ratios on apparent absorption of calcium and phosphorus in small intestine, cecum and colon of pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 78, n. 1, p. 106- 109, 2000.

LIU, S. Y. et al. Effects of phytase supplementation on growth performance, nutrient utilization and digestive dynamics of starch and protein in broiler chickens offered maize, sorghum and wheat based diets. **Animal Feed Science Technology**, Amsterdam, v. 197, p. 164–175, 2014.

- LUIZ, A. J. B. Meta-análise: definição, aplicações e sinergia com dados espaciais. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 19, n. 3, p. 407-428, 2002.
- MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNESP/UNESP, 2002.
- MACARI, M. et al. **Produção de frangos de corte**. Campinas: FACTA, 2014.
- MAIORKA, A. et al. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**, v. 2, p. 167-173, 2002.
- MARTINEZ, E. Z. Metanálise de ensaios clínicos controlados aleatorizados: aspectos quantitativos. **Revista de Medicina**, Ribeirão Preto, v. 40, n. 2, p. 223-235, 2007.
- MARTINS, G. C. F. **Uso de complexo enzimático em dietas para frangos de corte**. 2013. 42 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Bahia, 2013.
- McDOWELL, L. R. **Minerals in animal and human nutrition**. New York: Academic Press, 1992. 524p.
- MURAKAMI A. E. et al. Efeito da suplementação enzimática no desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais. **Acta Science Animal Scientarium**, Marigá, v. 29, n. 2, p. 165-172, 2007.
- MUTUCUMARANA, R. K. et al. Measurement of true ileal digestibility of phosphorus in some feed ingredients for broiler chickens. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 92, n. 12, p. 5520–5529, 2014.
- NELSON, T. S.; SHIEH, T. R.; WODZINSKI, R. J. Effect of supplemental phytase on the utilization of phytate phosphorus by chicks. **The Journal of Nutrition**, Rockville, v. 101, n. 10, p. 1289-1294, 1971.
- OLIVEIRA, E. M. **Diferentes inclusões de fitase em dietas de frangos de corte**. 2016. 91 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.
- PAIXÃO, T. A. et al. Espondilolistese em frango de corte no Brasil. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 59, n. 2, p. 523-526, 2007.
- PEREIRA, R. et al. Eficiência de uma fitase bacteriana na liberação de fósforo fítico em dietas de frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Viçosa, v. 64, n. 1, p. 137-144, 2012.
- PEREIRA, M. G.; GALVÃO, T. F. Extração, avaliação da qualidade e síntese dos dados para revisão sistemática. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, Brasília, v. 23, p. 577-578, 2014.

- PETER, W. Investigations of the use of phytase in the feeding of laying hens. **Word's Poultry Congress**, Amsterdam, v. 19, p. 672, 1992.
- POWELL, S.; BIDNER, T. D.; SOUTHERN, L. L. Phytase supplementation improved growth performance and bone characteristics in broilers fed varying levels of dietary calcium. **Poultry Science**, Cary, v. 90, n. 3, p. 604–608, 2011.
- RAGON, M. et al. Complete hydrolysis of myo-inositol hexakisphosphate by a novel phytase from *Debaryomyces castellii* CBS 2923. **Applied Microbiology and Biotechnology**, Heidelberg, v. 78, n. 1, p. 47-53, 2008.
- ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais**. 4. ed. Viçosa: UFV, 2017.
- RATH, N. C. et al. Comparative differences in the composition and biomechanical properties of tibiae of seven-and seventy-week-old male and female broiler breeder chickens. **Poultry Science**, Carry, v. 78, n. 8, p. 1232-1239, 1999.
- SÁ, L. M. et al. Exigência nutricional de cálcio e sua biodisponibilidade em alguns alimentos para frangos de corte, no período de 1 a 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 157-169, 2004.
- SALMON, D. N. X. **Desenvolvimento de um bioprocesso para a produção, caracterização e recuperação da fitase de *Schizophyllum commune* obtida por fermentação em estado sólido**. 2011. 107 f. Dissertação (Mestrado em processos biotecnológicos) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.
- SANTANA, A. L. A. **Digestibilidade do cálcio de fontes minerais avaliadas em suínos**. 2013. 27 f. (Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.
- SANTOS, T. T. et al. Effect of high phytase inclusion rates on performance of broilers fed diets not severely limited in available phosphorus. **Asian-australian Journal Animal Science**, Champaign, v. 26, p. 227-232, 2013.
- SANTOS, T. S. **Efeito de fitases de origem bacteriana no desempenho e qualidade óssea de frangos de corte**. 2016. 74 f. (Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2016.
- SAUVANT, D. et al. Meta-analyses of experimental data in animal nutrition. **Animal**, Amsterdam, v. 8, p. 1203-1214, 2008.
- SELLE, P. H.; RAVINDRAN, V. Microbial phytase in poultry nutrition. Review. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 135, n. 1, p. 1-41, 2007.
- SELLE, P. H.; COWIESON, A. J.; RAVINDRAN, V. Consequences of calcium interactions with phytate and phytase for poultry and pigs. **Livestock Science**, Philadelphia, v. 124, n. 1, p. 126–141, 2009.
- SILVA, J. H. V.; PASCOAL, L. A. F. Digestão e metabolismo dos nutrientes: Função e

disponibilidade dos minerais. In: SAKOMURA, N. K. et al. **Nutrição de não ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2014. cap. 2, p. 127-142.

SWEAZEA, K. L.; BRAUN, E. J. Glucose transporter expression in English sparrows (*Passer domesticus*). **Comparative Biochemistry and Physiology**. Part B, n. 144, p. 263–270, 2006.

TOKUSHIMA, Y.; TAKAHASHI, K.; SATO, K.; AKIBA, Y. Glucose uptake in vivo in skeletal muscles of insulin-injected chicks. **Comparative Biochemistry and Physiology**. Part B, n. 141, p. 43–48, 2005.

VARGAS JÚNIOR, J. G. et al. Níveis nutricionais de cálcio e fósforo disponível para aves de reposição leves e semipesadas de a semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 32, n. 6, p. 1919-1926, 2003.

WALK C. L.; BEDFORD, M. R.; MCELROY, A. P. Influence of limestone and phytase on broiler performance, gastrointestinal pH, and apparent ileal nutrient digestibility. **Poultry Science**, Carry, n. 91, n. 6, p. 1371-1378, 2012.

WODZINSKI, R. J.; ULLAH, A. H. J. Phytase. **Advances in Applied Microbiology**, Louisiana, v. 42, p. 263-303, 1996.

WOYENGO, T. A.; E NYACHOTI, C. M. Review: supplementation of phytase and carbohydrases to diets for poultry. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 91, n. 2, p. 177-192, 2011.

XIE, M. et al. Interaction between dietary calcium and non-phytate phosphorus on growth performance and bone ash in early White Pekin ducklings. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 151, n. 1, p. 61-166, 2009.

ZYLA, K.; DULINSKI, M.; PIERZCHALSKA, M.; GRABACKA, M.; JOZEFIAK, D.; SWIATKIEWICZ, S. Phytases and myo-inositol modulate performance, bone mineralization and alter lipid fractions in the serum of broilers. **Journal of Animal and Feed Sciences**, v. 22, p. 56–62, 2013.

## **CAPÍTULO 2. REVISÃO SISTEMÁTICA DAS EXIGÊNCIAS DE CÁLCIO E DE FÓSFORO COM O USO DA FITASE PARA FRANGOS DE CORTE**

### **2.1. INTRODUÇÃO**

Aproximadamente dois terços do fósforo contido nos alimentos de origem vegetal está complexado na molécula de ácido fítico, impossibilitando a absorção desse mineral pelos animais não ruminantes (TIZZIANI, 2014). Dessa forma, a inclusão do fosfato bicálcico nas rações de frangos de corte faz-se essencial para suprir as exigências de fósforo na ração, no entanto, é um ingrediente de alto custo.

Com isso, buscam-se soluções para melhorar o valor nutricional e o aproveitamento dos nutrientes desses alimentos pelos animais. Uma alternativa é o fornecimento de enzimas exógenas, melhorando a eficiência alimentar, e assim, o desempenho produtivo das aves (SANTOS, 2008). A fitase é uma enzima exógena, que melhora a disponibilidade de fósforo dos alimentos de origem vegetal, o ganho de peso e diminui a excreção de fósforo no ambiente (SCHOULTEN et al., 2003).

Rostagno et al. (2017) apresentaram os valores médios de equivalência de fósforo disponível utilizando a 3-fitase e a 6-fitase. Em frangos de corte de 1 a 21 dias, com a inclusão de 500 FTU/kg de ração, para a 3-fitase disponibiliza 0,086% de fósforo disponível, enquanto que, para a 6-fitase 0,097% de fósforo disponível, sendo que esses valores aumentam para maiores doses da enzima. Isso ocorre, porque a 6-fitase tem maior capacidade de desfosforilar o ácido fítico quando comparada a 3-fitase, obtendo maior eficácia na disponibilização do fósforo fítico (WODZINKI; ULLAH, 1996).

O cálcio é um mineral essencial para frangos de corte por participar de diversas funções no organismo, no entanto, não é o mais importante para a formulação de ração por apresentar baixa toxicidade e baixo custo. Porém, o excesso de cálcio na ração pode provocar um desequilíbrio de fósforo, elevando sua exigência, além de, afetar a eficiência da enzima fitase (SANTOS, 2008).

Durante os últimos anos houve um aumento progressivo de publicações na área da avicultura envolvendo níveis de cálcio, fósforo e a utilização de enzimas, como, a fitase. Assim, a interpretação e aplicação desses resultados torna-se mais difícil devido ao grande volume de informações. Dessa forma, as revisões sistemáticas de literatura têm sido utilizadas para sumarizar evidências e possibilitar a tomada de decisões, a partir de

critérios estabelecidos, para agrupar estudos de relevância de um determinado tema de forma não tendenciosa (GONÇALVES, 2015). Porém, ainda é pouco utilizada na área da nutrição e produção animal. Da mesma forma, nenhuma revisão sistemática de literatura foi encontrada que considerasse os níveis de cálcio e fósforo com adição da fitase para frangos de corte.

Assim, com o objetivo de reunir informações contidas na literatura a partir de técnicas, o presente trabalho teve por objetivo elaborar uma revisão sistemática de literatura das exigências de cálcio e fósforo com o uso da enzima fitase em rações para frangos de corte.

## **2.2. MATERIAL E MÉTODOS**

Foi realizada uma revisão sistemática para os nutrientes cálcio e fósforo com o uso da enzima fitase para frangos de corte de acordo com os procedimentos apresentados por Lovatto (2007). Dessa forma, a revisão sistemática de literatura foi definida através das seguintes etapas: a formulação da pergunta, a localização dos estudos relevantes, a avaliação crítica dos estudos, a coleta de dados, a análise e a interpretação dos dados.

As buscas foram realizadas no ano de 2015 e 2016 nas bases de dados Periódicos CAPES, *Pubmed*, *Science Direct* e *Scielo*. Em cada busca foi utilizada a palavra-chave “frangos de corte” com “fósforo”, “cálcio” ou “fitase”, em português e em inglês. Os critérios adotados para manter os artigos na revisão sistemática foram os seguintes: artigos que envolveram frangos de corte de linhagem comercial de alto desempenho; utilizaram fitases comerciais e apresentaram os níveis utilizados; apresentaram os resultados de desempenho; mostraram as rações experimentais; o sexo dos frangos; a idade; e que não apresentaram erros metodológicos que invalidassem seus resultados. O período da revisão foi de 2000 a 2015.

Os artigos foram analisados por uma pessoa e reanalisado posteriormente por outra para identificação de possíveis erros na coleta de dados. E os que atingiram os critérios de inclusão foram arquivados, coletados e tabulados os dados de autores, ano, periódico de publicação, além disso, os dados de consumo de ração, ganho de peso, sexo, níveis de cálcio, de fósforo disponível e da enzima fitase.

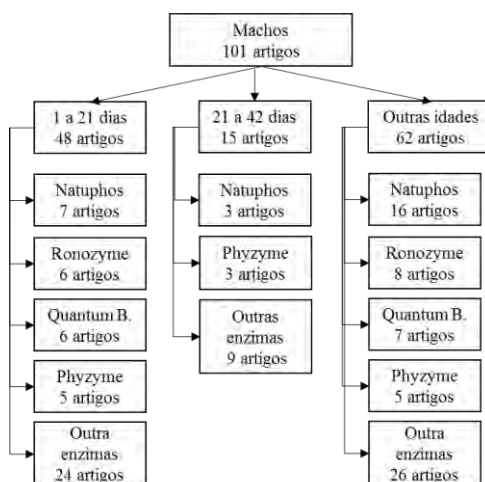
### 2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A revisão sistemática de literatura localizou no total 126 artigos (Tabela 3).

**Tabela 3** - Artigos localizados na revisão sistemática de literatura para cálcio, fósforo e fitase para frangos de corte.

| <b>Autores</b>   | <b>Ano</b> |
|--|------------|
| Waldroup et al.  | 2000       |
| Runho et al.   | 2001       |
| Lan et al.   | 2002       |
| Shoulten et al., Persia et al., Wu et al., Yan et al.  | 2003       |
| Banks et al., Wu et al., Gomes et al., Silversides et al., Dilger et al., Onyango et al., Wu et al., Yan et al., Cavalvante e Behnk  | 2004       |
| Afsharmanesh et al., Driver et al., Cowieson et al., Watson et al., Angel et al., Onyango et al., Karimi et al., Juanpere et al., Driver et al.  | 2005       |
| Silva et al., Cowieson et al., Watson et al., Cowieson et al., Manangi e Coon, Martinez et al., Pillai et al., Bozkurt, Persia et al.  | 2006       |
| Costa et al., Laurentiz et al., Baker et al., Cowieson et al., Manangi e Coon, Rezaei et al., Olukosi et al., Mondal et al., Pirgozliev et al.   | 2007       |
| Furayama et al., Santos et al., Cowieson et al., Manangi e Coon, Powell et al., Nyannor e Adeola. Casartelli et al., Leytem et al.   | 2008       |
| Han et al., Laurentiz et al., Francesch et al., Manangi e Coon, Liem et al.  | 2009       |
| Cardoso Jr et al., El Sherbiny, Woyengo, Józefiak et al., Tiwari et al., Olukosi et al.  | 2010       |
| Karimi et al., Alvarenga et al., Coppedge, Donato et al., Santos et al., Walk et al., Santos et al., Pirgozliev et al., Powell et al., Shaw et al., Gomide et al., Meneghetti et al., Tahir et al.                               | 2011       |
| Tang et al., Rutherford et al., Avila et al., Rousseau, Bozkurt, Walk et al., Walk et al., Barbosa et al., Li et al., Deleize et al., Han et al., Mello et al., Mello et al., Rousseau et al.                                    | 2012       |
| Karimi et al., Adeola e Walk, Chung et al., Zaefarian et al., Gehring et al., Cowieson, Singh et al., Walk et al., Santos et al., Karimi et al., Olukosi et al., Teixeira et al., Pirgozliev et al., Santos et al., Emami et al. | 2013       |
| Amerah et al., Santos et al., Gehring et al., Wilkinson, Tacncharoentat, Walk et al., Kiarie et al., Wu et al., Liu et al., Paiva et al.   | 2014       |
| Kiarie et al., Stefanello et al., Hamdi et al., Ptak et al., Zare-Sheibani et al., Xu et al., Supriyati et al., Wu et al., Abdel Megeed et al., Abdollahi, Cinar et al., Shang et al.  | 2015       |

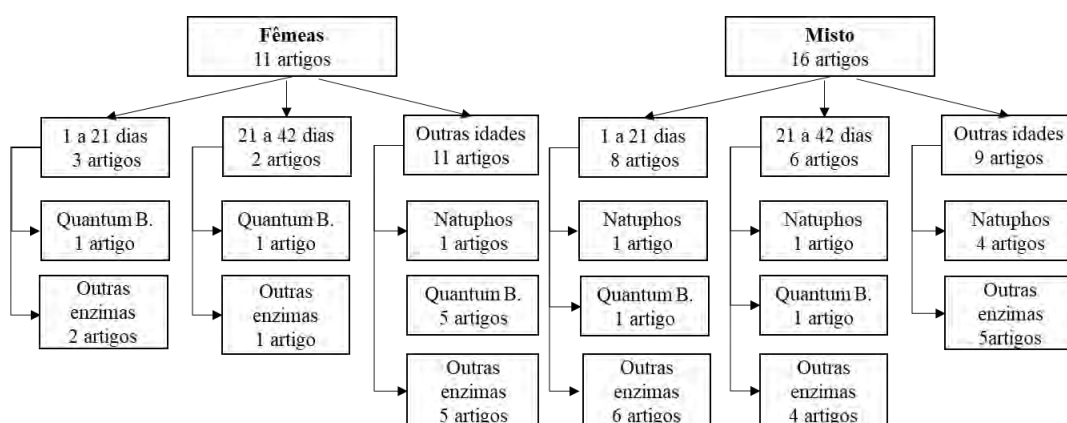
Dos 126 artigos encontrados na revisão sistemática de literatura, 101 artigos eram com frangos de corte machos, que foram separados por idade e tipo de fitase apresentados na Figura 2.



**Figura 2** – Artigos sobre níveis de cálcio, fósforo disponível e fitase para frangos de corte machos, separados por idade e tipo de fitase.

Dos 101 artigos para frangos de corte do sexo macho, 125 experimentos foram realizados. Do total de artigos, 38% continham informações para as idades de 1 a 21 dias, 12% dos artigos continham informações de 21 a 42 dias e 50% dos artigos para outras idades, sendo que a categoria classificada como outras idades incluía idades não padronizadas com períodos diferentes de 21 dias. Para todas as idades a enzima mais utilizada foi a *Natuphos*, seguido da *Ronozyme* e *Quantum Blue*.

Os artigos encontrados para frangos de corte fêmeas e misto respectivamente, estão apresentados na Figura 3, separados por idades e pela enzima fitase estudada.



**Figura 3** – Artigos sobre níveis de cálcio, fósforo disponível e fitase para frangos de corte fêmeas e misto, separados por idade e tipo de fitase.



Para frangos de corte fêmeas, somente 11 artigos foram encontrados com 16 experimentos, sendo que 19% dos artigos localizados eram com 1 a 21 dias, e 12% dos artigos eram de 21 a 42 dias de idade, e 69% dos artigos para outras idades, desses, 5 artigos para *Quantum Blue* e 1 para a *Natuphos*. E para frangos de corte com lote misto, 35% dos artigos foram encontrados de 1 a 21 dias, 26% de 21 a 42 dias e 39% para outras idades, sendo a *Natuphos* verificada em uma maior quantidade de trabalhos, seguido da *Quantum Blue*.

É possível verificar que a enzima mais utilizada nos artigos foi a enzima *Natuphos*, seguida da enzima *Quantum Blue* para lotes de machos, fêmeas e misto. Dessa maneira, para a interpretação dos resultados foi escolhido somente frangos de corte machos, no período de 1 a 21 dias utilizando a enzima *Natuphos*, por ter uma maior quantidade de artigos com informações suficientes (Tabela 4).

**Tabela 4** – Autores, ano de publicação, linhagem, níveis de cálcio, fósforo disponível e fitase Natuphos dos artigos utilizados para frangos de corte de 1 a 21 dias

| Autores          | Ano  | Linhagem | Cálcio(%)   | Fósforo disp (%) | Fitase (FTU) |
|------------------|------|----------|-------------|------------------|--------------|
| Dilger et al.    | 2004 | Ross308  | 0,68 – 1,06 | 0,23 – 0,49      | 0 – 1000     |
| Yan et al.       | 2004 | Cobb500  | 0,70        | 0,45 – 0,50      | 0 – 1000     |
| Laurentiz et al. | 2007 | Cobb500  | 0,87 – 0,92 | 0,21 – 0,44      | 0 – 500      |
| Olukosi et al.   | 2007 | Ross308  | 0,80 – 0,93 | 0,29 – 0,39      | 0 – 1000     |
| Leytem et al.    | 2008 | Cobb500  | 0,85 – 1,10 | 0,33 – 0,45      | 0 – 1000     |
| Laurentiz et al. | 2009 | Cobb500  | 0,92        | 0,20 – 0,44      | 0 – 1000     |
| Donato et al.    | 2011 | Ross308  | 0,65 – 0,93 | 0,26             | 0 – 1200     |

Para frangos de corte machos de médio desempenho, a exigência de fósforo disponível de 1 a 7 dias é de 0,480%, com redução de valores até chegar aos 21 dias com a quantidade exigida de 0,376%, enquanto que, para cálcio é de 1,006% aos 7 dias e de 0,788% aos 21 dias (ROSTAGNO et al., 2017). Assim, as exigências de fósforo que foram utilizadas para o período de criação de 1 a 21 dias dos frangos de corte estão bastante abaixo dos níveis quando comparadas aos níveis recomendados por Rostagno, exceto o artigo de Yan et al. (2004) que manteve os níveis mais próximos do ideal. Para os níveis de cálcio quando comparados com Rostagno, os autores mantiveram os níveis mais próximos, com exceção do Dilger et al. (2004), Yan et al. (2004) e Donato et al. (2011).

Foi observado que para os níveis de fósforo disponível os autores apresentaram discrepância em relação aos níveis estudados, além de estarem abaixo do recomendado por Rostagno et al. (2017). Esse comportamento é bastante comum quando há a adição

da enzima fitase em rações para frangos de corte, pois a fitase tem a capacidade de aumentar a disponibilidade de fósforo e de outros nutrientes em alimentos de origem vegetal, como o milho e o farelo de soja, diminuindo, dessa maneira, a inclusão desse nutriente nas rações (SAKOMURA et al., 2014).

Em 2004, Dilger et al., em um de seus experimentos, testaram um controle positivo, um controle negativo com redução de 0,52% de fósforo disponível quando comparado ao controle positivo, e um tratamento composto pelo controle negativo com inclusão da enzima fitase em 500 FTU/kg. Como resultado, os autores perceberam que para o ganho de peso e para o consumo de ração não teve diferença ( $p>0,05$ ) entre o controle positivo e o controle negativo, porém, o controle que teve a inclusão da enzima fitase obteve resultados semelhantes ao do controle positivo, mostrando que, a enzima melhora o desempenho dos animais, além de ser capaz de liberar aproximadamente 30% do fósforo fítico não digerido em frangos de corte. Entretanto, Yan et al. (2004), testando níveis de 0,45% e de 0,50% de fósforo disponível, e de 0,45% com adição da enzima fitase em 1000 FTU/kg, não observaram diferenças significativa ( $p>0,05$ ) entre os tratamentos. Dessa maneira, os autores concluíram que os frangos de corte podem ser alimentados com programas alimentares modificados com menores níveis de fósforo quando há adição de enzimas, pois embora não apresente melhoras no desempenho há reduções significativas nos custos das dietas quando esses programas de alimentação são implementados.

Laurentiz et al. (2007) conduziram um experimento com quatro tratamentos, onde um era o tratamento controle sem fitase com 0,45% de fósforo disponível, dois tratamentos eram com adição de fitase em 500 FTU/kg e com 0,45% de fósforo disponível, e o quarto tratamento era com a adição de 500 FTU/kg de fitase com 0,21% de fósforo disponível. Como resultado encontraram que, para o consumo de ração e o ganho de peso não foram encontradas diferenças ( $p>0,05$ ) entre o controle e os tratamentos com inclusão da enzima e com nível de 0,45% de fósforo disponível, sendo que, somente para o tratamento que teve redução para 0,21% de fósforo disponível foram encontrados resultados inferiores ( $p<0,05$ ). Assim, reduções na fase de 1 a 21 dias nos níveis de fósforo disponível, mesmo com a utilização da enzima fitase, comprometeu alguns índices de desempenho das aves. Também em 2007, Olukosi et al., estudando efeitos da enzima fitase em um experimento com um controle positivo, um controle negativo com deficiência de cálcio e fósforo sem adição da enzima fitase, e um controle

negativo com adição de 1000 FTU/kg de fitase, constataram que o ganho de peso, assim como, a conversão alimentar e o peso corporal foram menores no tratamento negativo sem a adição da enzima, e não teve diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre o controle positivo e o controle negativo com nível de 1000 FTU de fitase. Sendo assim, a enzima mostrou ser eficiente no combate a deficiência dos minerais em rações, conseguindo obter desempenho semelhante ao do controle positivo.

Leytem et al. (2008) testaram o efeito de quatro ingredientes energéticos, sendo eles, milho, trigo, cevada e aveia, e 3 níveis de fósforo, com o primeiro foi formulada para ser deficiente em 0,30% em fósforo disponível, o segundo para atender os requisitos do NRC em 0,45% de fósforo disponível sem fitase, e o terceiro com 0,45% de fósforo disponível com adição de 1000 FTU/kg de fitase. Como resultado, obtiveram que os únicos efeitos significativos ( $p < 0,05$ ) foi para a conversão alimentar, onde o tratamento que continha menores níveis de fósforo e fitase apresentou melhores resultados. Como conclusão, níveis menores de fósforo podem ser utilizados quando há adição de enzimas sem comprometer o desempenho dos animais.

Laurentiz et al. (2009) utilizaram quatro níveis de fósforo disponível (0,45%, 0,37%, 0,29% e 0,21%) e três níveis de fitase (0, 500 e 1000 FTU/kg), não encontraram diferença entre o consumo de ração e para o ganho de peso para a fitase e para o fósforo disponível, assim como, a conversão alimentar para o fósforo disponível. A conversão alimentar para o fator do fósforo disponível foi melhor nos maiores níveis de fósforo. Para o consumo de ração níveis de até 0,37% com adição de 500 e 1000 FTU/kg de fitase foram os melhores resultados, assim como para o ganho de peso. Dessa maneira, o autor concluiu, que a adição de fitase em 500 FTU/kg em rações é o suficiente para garantir o desempenho de frangos de corte quando os níveis de fósforo disponível da ração são reduzidos em média de 18 e 36%.

E por fim, Donato et al. (2011) utilizando dois níveis de cálcio (0,94% e 0,66%) e três níveis de fitase (0, 600 e 1200 FTU/kg), obteve resultado para o ganho de peso que foi maior, nos maiores níveis de fitase e nos menores níveis de cálcio, pois a relação Ca:P de 2:1 favoreceu o melhor ganho de peso. Da mesma maneira que, para o consumo de ração, também foi maior no nível de 1200 FTU/kg e menor em 0,66% de Ca, pois os altos níveis de cálcio limitou o consumo de ração. Concluindo, que o cálcio podem ser reduzidos em 30%, em dietas que possuem níveis reduzidos de fósforo disponível sem

afetar o desempenho, desde que as dietas sejam adicionadas níveis de 1.200 FTU/kg de fitase.

Os requirements dos nutrientes para frangos de corte sofrem diversas alterações ao longo dos anos, e vários fatores podem influenciar nessa mudança, como: a seleção genética, o manejo, o ambiente no qual o animal é submetido, a composição de ingrediente de ração, a suplementação enzimática, entre outros fatores (ANGEL, 2007).

Como demonstrado anteriormente a suplementação da enzima fitase acaba sendo uma boa alternativa e é um dos principais motivos de alteração dos requirements dos nutrientes para frangos de corte, já que sua inclusão na ração faz com que aumente a disponibilidade do fósforo fítico fazendo com que diminua a inclusão de fósforo em rações (WODZINKI; ULLAH, 1996). Outro fator importante observado é a relação de cálcio e fósforo 2:1 utilizada comumente nos requirements, pois existem diversos estudos mostrando que um relação mais estreita como 1,6:1 de cálcio e fósforo pode obter melhores resultados de desempenho nos animais (ANGEL, 2007).

Diversos autores quando comparam os frangos de corte de alguns anos atrás com as genéticas mais atuais, relatam que houve melhorias nos índices zootécnicos como no peso corporal, ganho de peso, conversão alimentar, além de, aumento proporcional de músculo e intestino, e diferenças nas características ósseas. Dessa forma, para acompanhar o crescimento rápido do tecido e ossos, algumas mudanças nutricionais são necessárias nos requirements para que haja uma melhor produção como o uso de enzimas exógenas e alteração da relação de cálcio e fósforo.

## **2.4. CONCLUSÃO**

Conclui-se que os níveis e os tipos de fitase utilizados são amplos, além do que o efeito da enzima ainda não é totalmente conhecido, podendo ser utilizado de diversas maneiras e em vários níveis. Para frangos de corte machos de 1 a 21 dias a fitase mais utilizada é a Natuphos e níveis acima de 500 FTU/kg podem ser utilizados, com redução dos níveis de fósforo disponível nas rações sem comprometer o desempenho dos animais, além de melhorar significativamente o custo das rações.

## 2.5. REFERÊNCIAS

- ANGEL, R. **Calcium and Phosphorus in Broilers: Concentrations and Ratios Required**. Department of Animal Sciences-University of Maryland, 2007.
- APPLEGATE, T. J.; ANGEL, R. Nutrient requirements of poultry publication: History and need for an update. **Journal Applied of Poultry Research**, Champaign, v. 23, p. 567–575, 2014.
- DILGER, R. N. et al. Evaluation of Microbial Phytase in Broiler Diets. **Poultry Science**, Carry, v. 83, p. 962–970, 2004.
- DONATO, D. C. Z. et al. Desempenho de frangos de corte alimentados com rações contendo diferentes níveis de cálcio suplementadas com fitase. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. 10, p. 2161-2166, 2011.
- GONÇALVES, V. S. S. 2015. **Prevalência de hipertensão arterial entre adolescentes escolares brasileiros: revisão sistemática e meta-análise**, 2015. 80 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição Humana). Universidade de Brasília, Brasília, Brasil.
- LAURENTIZ, A. C. et al. Efeito da adição da enzima fitase em rações para frangos de corte com redução dos níveis de fósforo nas diferentes fases de criação. **Ciência Animal Brasileira**, Belo Horizonte, v. 8, n. 2, p. 207-216, 2007.
- LAURENTIZ, A. C. D. et al. Desempenho, composição da cama, das tíbias, do fígado e das excretas de frangos de corte alimentados com rações contendo fitase e baixos níveis de fósforo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 10 p. 1938-1947, 2009.
- LEYTEM, A. B.; WIDYARATNE, G. P.; THACKER, P. A. Phosphorus Utilization and Characterization of Ileal Digesta and Excreta from Broiler Chickens Fed Diets Varying in Cereal Grain, Phosphorus Level, and Phytase Addition. **Poultry Science**, Carry, v. 87, p. 2466-2476, 2008.
- LOVATTO, P. A. et al. Meta analysis in scientific research: a methodological approach. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Campinas, v. 36, p. 285-294, 2007.
- OLUKOSI, O. A. et al. Age-related influence of a cocktail of xylanase, amylase, and protease or phytase individually or in combination in broilers. **Poultry Science**, Carry, v. 86, p. 77-86, 2007.
- ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos**. 4. ed. Editora: Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil, 2017.
- SAKOMURA, N. K; HAUSCHILD, L.; BONATO, M. A. Energia: Modelagem da utilização de energia nas aves. In: SAKOMURA, N. K. et al. **Nutrição de não ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2014. cap. 6, p. 313-329.

SANTOS, L. M. 2008. Níveis de cálcio e fósforo disponível para frangos de corte recebendo rações com fitase em diferentes fases de criação. 2008. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Lavras, Lavras, Brasil.

SCHOULTEN, N. A. et al. Níveis de cálcio em rações de frangos de corte na fase inicial suplementados com fitase. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Campinas, v. 37, n. 5, p. 1190-1197, 2003.

TIZZIANI, T. 2014. Níveis de fósforo disponível em rações suplementadas com fitase para frangos de corte dos 22 aos 42 dias mantidos em ambiente de alta temperatura. 2014. 68 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil.

WODZINSKI, R. J.; ULLAH, A. H. J. Phytase. **Advances in Applied Microbiology**, Louisiana, v. 42, p. 263-303, 1996.

YAN, F.; FRITTS, C. A.; WALSHROUP, P. W. Evaluation of modified dietary phosphorus levels with and without phytase supplementation on live performance and excreta phosphorus concentration in broiler diets. 2. Modified early phosphorus levels. **Journal of applied poultry research**, Champaign, v, 13, n. 3, p. 394-400, 2004.

## **CAPÍTULO 3. ALTAS DOSES DE 6-FITASE DE ORIGEM HÍBRIDA PARA FRANGOS DE CORTE DE 1 A 41 DIAS**

### **3.1. INTRODUÇÃO**

Os minerais são importantes na nutrição das aves, pois desempenham funções vitais no organismo de frangos de corte, sendo o cálcio o mineral mais abundante na composição dos tecidos, seguido do fósforo, que participa de diversas funções metabólicas (SANTOS et al., 2011).

As rações para frangos de corte são constituídas basicamente de ingredientes de origem vegetal, como o milho e o farelo de soja. Alguns minerais e nutrientes presentes nesses alimentos estão ligados a molécula do ácido fítico, o que os tornam indisponível para o animal. Em relação ao fósforo, aproximadamente 70% é indisponível em ingredientes de origem vegetal para frangos de corte (SANTOS et al., 2013).

A alimentação é o principal fator que onera o custo total de produção na cadeia de frangos de corte. Assim, diversos estudos comprovam que a utilização de enzimas exógenas na alimentação de frangos de corte, como a fitase, pode ser uma alternativa bastante eficiente para diminuir os custos das rações, hidrolisar a molécula de fitato, liberando o fósforo. Dessa maneira, o aproveitamento de nutrientes será melhor, assim como a disponibilidade do fósforo presente nos vegetais, melhorando conseqüentemente o desempenho dos animais (RAVIDRAN et al., 2006; KHAN et al., 2013).

Evidências recentes sugerem que a utilização de altas dosagens de fitase podem promover ganhos no desempenho dos animais e melhorar a fisiologia digestiva dos nutrientes. Shirley e Edwards (2003) utilizando dosagens de até 12.000 FTU/kg para frangos de corte obtiveram melhores resultados no desempenho dos animais. Estratégias devem ser adotadas para diminuir o conteúdo de fitato ingerido pelos animais, e a utilização de enzimas são as mais eficientes na nutrição animal.

A 6-fitase híbrida tem maior capacidade de rompimento do ácido fítico e conseqüentemente maior liberação de nutrientes. Isso ocorre devido a maior resistência a menores pH quando comparados com as demais fitases de origem bacteriana e fúngica.

Entretanto, os efeitos de altas doses da 6-fitase ainda não são totalmente conhecidos. Dessa maneira, objetivou-se avaliar altas doses de 6-fitase híbrida em rações,

com ajuste na matriz nutricional, sobre o desempenho produtivo, aspectos econômicos e características de carcaça de frangos de corte de 1 a 41 dias.

### 3.2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Aviário Experimental do Setor de Avicultura da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, localizado no Campus Fernando Costa, Pirassununga - SP. Os procedimentos experimentais adotados foram aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais, sob protocolo número 1601220316.

Foram utilizados 1200 frangos de corte da linhagem comercial Cobb-500®, machos, de um dia de idade, com peso inicial de  $47,94 \pm 0,54$  g, distribuídos em um delineamento em blocos casualizados com cinco tratamentos e oito repetições com 30 aves cada. O delineamento em blocos casualizados foi utilizado para o controle da temperatura em diferentes regiões do galpão. Os cinco tratamentos utilizados foram: 1) Controle positivo (CP) com composição de alimentos e exigências nutricionais de acordo com Rostagno et al. (2011) para frangos de corte machos de desempenho médio; 2) Controle negativo (CN) com redução na matriz nutricional equivalente a dose de fitase de 750 FTU/kg em relação ao controle positivo, mas sem a inclusão da enzima fitase; 3) CN com inclusão da fitase em 750 FTU/kg (CN750); 4) CN com inclusão da fitase em 1000 FTU/kg (CN1000); e 5) CN com inclusão da fitase em 1500 FTU/kg (CN1500). A redução dos nutrientes no controle negativo foi de 0,184% de fósforo disponível, 84,8 kcal/kg de energia metabolizável, 0,36% de proteína bruta, 0,206% de cálcio, 0,002% de sódio, 0,006% de lisina digestível e 0,019% de metionina+cistina digestível. A enzima utilizada foi Natuphos® E 10.000 FTU/g, nova 6-fitase de origem híbrida. Os níveis de fitase utilizados foram 0, 75, 100 e 150 g/tonelada incluídas no controle negativo, garantindo os níveis de 0, 750, 1000 e 1500 FTU/kg, de acordo com a recomendação do fabricante (Natuphos® E 10.000 – BASF).

As rações foram à base de milho e farelo de soja e o programa de alimentação foi com quatro rações sendo as fases de 1 a 7, de 8 a 21, de 22 a 35 e de 36 a 41 dias de idade, conforme apresentado na Tabela 5.



**Tabela 5** - Rações experimentais, na matéria natural, para a fase pré-inicial (1 a 7 dias), inicial (8 a 21 dias), crescimento (22 a 35 dias) e final (36 a 41 dias) para frangos de corte.

| Ingredientes                            | Pré-inicial     |                 | Inicial |       | Crescimento |       | Final |       |
|---|-----------------|-----------------|---------|-------|-------------|-------|-------|-------|
|   | CP <sup>1</sup> | CN <sup>2</sup> | CP      | CN    | CP          | CN    | CP    | CN    |
| Milho                                   | 53,7            | 58,1            | 57,9    | 62,90 | 61,24       | 66,26 | 66,0  | 71,0  |
| Farelo de soja                          | 39,8            | 38,2            | 35,9    | 34,25 | 32,46       | 30,79 | 28,3  | 28,6  |
| Óleo de soja                            | 2,72            | 0,47            | 2,93    | 0,47  | 3,39        | 0,92  | 3,20  | 0,70  |
| Calcário calcítico                      | 0,47            | 0,57            | 0,41    | 0,51  | 0,37        | 0,48  | 0,30  | 0,40  |
| Fosfato bicálcico                       | 1,89            | 0,90            | 1,50    | 0,51  | 1,26        | 0,27  | 1,10  | 0,10  |
| Sal comum                               | 0,51            | 0,50            | 0,48    | 0,47  | 0,46        | 0,45  | 0,40  | 0,40  |
| DL-metionina                            | 0,35            | 0,34            | 0,28    | 0,28  | 0,25        | 0,25  | 0,20  | 0,20  |
| L-lisina                                | 0,24            | 0,25            | 0,18    | 0,20  | 0,16        | 0,18  | 0,20  | 0,20  |
| Premix <sup>3</sup>                     | 0,40            | 0,40            | 0,40    | 0,4   | 0,4         | 0,4   | 0,20  | 0,20  |
| Total                                   | 100             | 100             | 100     | 100   | 100         | 100   | 100   | 100   |
| Composição calculada                    |                 |                 |         |       |             |       |       |       |
| Energia Metabol. <sup>4</sup> (kcal/kg) | 2950            | 2865            | 3025    | 2940  | 3100        | 3015  | 3150  | 3065  |
| Proteína Bruta (%)                      | 22,20           | 21,84           | 20,80   | 20,44 | 19,50       | 19,14 | 18,0  | 17,64 |
| Cálcio (%)                              | 0,75            | 0,55            | 0,63    | 0,42  | 0,55        | 0,34  | 0,48  | 0,27  |
| Fósforo disponível (%)                  | 0,47            | 0,29            | 0,39    | 0,21  | 0,34        | 0,16  | 0,30  | 0,11  |
| Sódio (%)                               | 0,22            | 0,22            | 0,21    | 0,21  | 0,20        | 0,20  | 0,20  | 0,19  |
| Metionina+cistina dig <sup>5</sup> (%)  | 0,94            | 0,94            | 0,85    | 0,84  | 0,79        | 0,78  | 0,74  | 0,73  |
| Lisina digestível (%)                   | 1,31            | 1,29            | 1,17    | 1,15  | 1,08        | 1,06  | 1,01  | 0,99  |
| Preço (R\$/kg)                          | 1,25            | 1,17            | 1,20    | 1,12  | 1,17        | 1,09  | 1,13  | 1,05  |

<sup>1</sup>Requerimento nutricional de acordo com ROSTAGNO et al. (2011).

<sup>2</sup>Redução de nutrientes do controle positivo em 84,8 kcal/kg de energia metabolizável, 0,36% de proteína bruta, 0,206% de cálcio, 0,184% de fósforo disponível, 0,002% de sódio, 0,006% de lisina digestível e 0,019% de metionina+cistina digestível. <sup>3</sup>Níveis por kg de produto: vitamina A 1.500.000,00 UI; vitamina D3 500.000,00 UI; vitamina E 2.500,00 UI; vitamina K3 400,00 mg; vitamina B1 350,00 mg; vitamina B2 1.000,00 mg; vitamina B6 500,00 mg; vitamina B12 2.500,00 mg; niacina 7.500,00 mg; ácido pantotênico 2.750,00 mg; ácido fólico 150,00 mg; Cu 25,00 g; Fe 12,50 g; Mn 17,50 g; Zn 12,50 g, I 300,00 mg. Se 50,00 mg; salinomicina 16,5 g; virginiamicina 4,125 mg. <sup>4</sup>Energia metabolizável. <sup>5</sup>Metionina + cistina digestível.

As rações foram formuladas considerando os preços dos ingredientes de agosto de 2016, sendo: milho 0,72 R\$/kg, farelo de soja 1,50 R\$/kg, calcário calcítico 0,40 R\$/kg, fosfato bicálcico 2,00 R\$/kg, sal comum 0,50 R\$/kg, DL-metionina 26,00 R\$/kg,

L-lisina 9,80 R\$/kg, premix mineral e vitamínico 8,00 R\$/kg e fitase 44,60 R\$/kg. O preço pago pelo frango vivo (PPFV) foi de 3,10 R\$/kg, o preço pago do peito 13,10 R\$/kg, de asa 10,90 R\$/kg e da coxa e sobrecoxa 8,69 R\$/kg, considerando o preço de outubro de 2016. Os níveis de fitase nas rações foram analisados e estão apresentados na Tabela 6.

**Tabela 6** - Valores analisados de fitase em rações de 1 a 7, 8 a 21, 22 a 35 e 36 a 41 dias.

| Tratamentos                   | Período (dias) |        |         |         |
|-------------------------------|----------------|--------|---------|---------|
|                               | 1 a 7          | 8 a 21 | 22 a 35 | 35 a 41 |
| CP <sup>1</sup>               | 0              | 0      | 0       | 0       |
| CN <sup>2</sup>               | 0              | 0      | 0       | 0       |
| CN + 750 <sup>3</sup> FTU/kg  | 720            | 780    | 790     | 920     |
| CN + 1000 <sup>4</sup> FTU/kg | 1150           | 1010   | 1150    | 1160    |
| CN + 1500 <sup>5</sup> FTU/kg | 1840           | 1490   | 1580    | 1580    |

<sup>1</sup>CP: Controle positivo; <sup>2</sup>CN: Controle negativo; <sup>3</sup>CN750: Controle negativo com inclusão de 750 FTU/kg de ração; <sup>4</sup>CN1000: Controle negativo com inclusão de 1000 FTU/kg de ração; <sup>5</sup>CN1500: Controle negativo com inclusão de 1500 FTU/kg de ração; <sup>6</sup>Trat: Tratamento; <sup>7</sup>CV: Coeficiente de variação.

As aves foram alojadas em um galpão de alvenaria de 5 m x 32 m, com telhas de barro e fechado nas laterais com tela de aço galvanizado. O galpão foi dividido em 40 boxes com cama nova de maravalha de pinus, com área de 2,47 m<sup>2</sup>, provido de bebedouros do tipo nipple e comedouros pendulares, com densidade de alojamento de 0,0823 m<sup>2</sup>/ave (30 aves/box). Para o controle de temperatura na fase inicial foi utilizado uma lâmpada infravermelho de 250w em cada box e campânulas de aquecimento nos corredores, além do uso de ventiladores e do manejo das cortinas laterais nas demais fases, conforme a condição climática. Os valores médios de temperatura e umidade relativa do ar, foram registrados diariamente com o auxílio de um termohigômetro, com máxima e mínima de 31°C e 21°C - 59% e 26% respectivamente. O programa de luz adotado foi de 23 horas de luz e 1 hora de escuro por dia a partir dos 14 dias de idade. A ração e a água foram fornecidas à vontade e os demais aspectos do manejo foram conforme o manual da linhagem.

Aos 21 e 41 dias de idade foram realizadas o controle do consumo de ração, peso corporal, ganho de peso corporal, conversão alimentar, viabilidade criatória (100 - %mortalidade) e o índice de eficiência produtiva ( $[\text{ganho de peso médio diário (g)} \times \text{viabilidade criatória (\%)}] / (\text{conversão alimentar} \times 10)$ ).

Aos 41 dias de idade, cinco aves foram selecionadas por unidade experimental, insensibilizadas por eletrochoque e abatidas por sangria mediante corte a veia jugular,

sendo posteriormente escaldados, depenados e eviscerados. Foram avaliados o rendimento de carcaça, de cortes comerciais (peito, coxa+sobrecoxa e asas) e a deposição de gordura abdominal. O rendimento de carcaça foi expresso em relação ao peso corporal da ave em jejum e das partes em relação a carcaça eviscerada fria.

Os dados de desempenho foram utilizados para calcular os índices econômicos de 1 a 41 dias, e também para calcular o custo médio para produzir 1 kg de peso corporal e 1 kg das partes da carcaça:

$$\text{Reais para produção de 1 kg de carne (R\$/kg)} = (CR \times PR) / PC$$

$$\text{Custo com ração (CRA; R\$/kg)} = (CR \times PR)$$

$$\text{Custo total de produção (CTP; R\$)} = (CRA / 0,7)$$

$$\text{Receita bruta (RB; R\$/frango)} = (PPFV \times PC)$$

$$\text{Margem bruta (MG; R\$)} = (RB - CRA)$$

$$\text{Margem líquida (ML; R\$)} = (RB - CTP)$$

$$\text{Custo para produzir as partes (R\$/kg)} = (CR \times PR / PP)$$

$$\text{Receita Bruta das partes (RBP; R\$)} = (PP \times PRP)$$

$$\text{Margem Bruta das partes (MBP; R\$)} = (RBP - CRA)$$

$$\text{Margem Líquida das partes (MLP; R\$)} = (RBP - CTP)$$

onde: CR = consumo de ração (kg), PR = preço da ração (R\$/kg), PC = peso corporal (kg), PPFV = preço pago pelo kg de frango vivo (R\$/kg), CRA = custo com ração (\$/kg), RB = receita bruta (R\$), CTP = custo total de produção (R\$), sendo que o 0,7 da fórmula é considerando que a o custo com alimentação é de aproximadamente 70% do custo total de produção, PP = peso da parte (kg), PRP = preço da parte (R\$/kg), RBP = receita bruta das partes (\$).

Os dados foram verificados quanto à presença de dados discrepantes e em seguida submetidos à análise de normalidade dos erros studentizados (teste de Cramer-Von-Mises), de homogeneidade de variâncias, e submetidos à análise de variância, com o auxílio do programa estatístico RStudio (R CORE TEAM, 2015), aplicando o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

### 3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A suplementação de fitase nos níveis de 750, 1000 e 1500 FTU/kg na ração melhoraram o desempenho dos frangos de corte, mostrando ser semelhantes aos

resultados encontrados para o controle o positivo. Esses resultados são decorrentes da capacidade que a 6-fitase híbrida tem de aumentar a disponibilidade dos nutrientes complexados na molécula de fitato, melhorando assim o valor nutritivo dos alimentos e aumentando a digestibilidade de diversos nutrientes contidos nos ingredientes de origem vegetal (AMERAH et al., 2014). Além disso, a melhora no desempenho dos animais, também é devido à maior resistência do pH frente as enzimas digestivas no trato gastrointestinal do animal, maximizando o tempo disponível para digestão dos nutrientes.

Os resultados de desempenho de peso corporal (PC), consumo de ração (CR), ganho de peso (GP), conversão alimentar (CA), viabilidade criatória (VC) e índice de eficiência produtiva (IEP) estão apresentados na Tabela 7.

**Tabela 7** – Desempenho de frangos de corte de 1 a 41 dias

| Variáveis          | Tratamento         |                    |                    |                     |                     | P-valor           |        | CV <sup>7</sup><br>(%) |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|-------------------|--------|------------------------|
|                    | CP <sup>1</sup>    | CN <sup>2</sup>    | CN750 <sup>3</sup> | CN1000 <sup>4</sup> | CN1500 <sup>5</sup> | Trat <sup>6</sup> | Bloco  |                        |
| <b>1 a 21 dias</b> |                    |                    |                    |                     |                     |                   |        |                        |
| PC (g)             | 1030 <sup>a</sup>  | 973 <sup>b</sup>   | 1034 <sup>a</sup>  | 1037 <sup>a</sup>   | 1017 <sup>a</sup>   | 0,0001            | 0,0004 | 2,61                   |
| CR (g)             | 1288               | 1374               | 1372               | 1331                | 1344                | 0,1781            | 0,0044 | 5,75                   |
| GP (g)             | 982 <sup>a</sup>   | 926 <sup>b</sup>   | 987 <sup>a</sup>   | 988 <sup>a</sup>    | 969 <sup>a</sup>    | 0,0002            | 0,0006 | 2,75                   |
| CA                 | 1,312 <sup>a</sup> | 1,485 <sup>b</sup> | 1,391 <sup>a</sup> | 1,344 <sup>a</sup>  | 1,388 <sup>a</sup>  | 0,0008            | 0,2236 | 5,40                   |
| VC (%)             | 95,4               | 97,9               | 97,9               | 98,5                | 97,9                | 0,2016            | 0,9137 | 2,82                   |
| IEP                | 340 <sup>a</sup>   | 291 <sup>b</sup>   | 331 <sup>a</sup>   | 337 <sup>a</sup>    | 333 <sup>a</sup>    | 0,0000            | 0,5120 | 4,02                   |
| <b>1 a 41 dias</b> |                    |                    |                    |                     |                     |                   |        |                        |
| PC (g)             | 2737 <sup>a</sup>  | 2627 <sup>b</sup>  | 2737 <sup>a</sup>  | 2748 <sup>a</sup>   | 2806 <sup>a</sup>   | 0,0641            | 0,2661 | 4,28                   |
| CR (g)             | 4168               | 4181               | 4168               | 4243                | 4267                | 0,7483            | 0,0124 | 4,47                   |
| GP (g)             | 2689 <sup>a</sup>  | 2580 <sup>b</sup>  | 2689 <sup>a</sup>  | 2700 <sup>a</sup>   | 2758 <sup>a</sup>   | 0,0640            | 0,2730 | 4,35                   |
| CA                 | 1,551              | 1,622              | 1,551              | 1,570               | 1,547               | 0,1763            | 0,1086 | 4,38                   |
| VC (%)             | 92,5               | 93,8               | 94,9               | 95,3                | 93,4                | 0,7404            | 0,2154 | 4,80                   |
| IEP                | 404 <sup>a</sup>   | 364 <sup>b</sup>   | 402 <sup>a</sup>   | 401 <sup>a</sup>    | 406 <sup>a</sup>    | 0,0023            | 0,2056 | 5,61                   |

<sup>a,b</sup> Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste Scott-Knott (5%), exceto para as variáveis de peso corporal e ganho de peso de 1 a 41 dias (7%). <sup>1</sup>CP: Controle positivo; <sup>2</sup>CN: Controle negativo; <sup>3</sup>CN750: Controle negativo com inclusão de 750 FTU/kg de ração; <sup>4</sup>CN1000: Controle negativo com inclusão de 1000 FTU/kg de ração; <sup>5</sup>CN1500: Controle negativo com inclusão de 1500 FTU/kg de ração; <sup>6</sup>Trat: Tratamento; <sup>7</sup>CV: Coeficiente de variação.

Foram observadas diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) para o peso corporal, ganho de peso, conversão alimentar e índice de eficiência produtiva no período de 1 a 21 dias. O controle negativo apresentou menor ( $p < 0,05$ ) peso corporal, ganho de peso e índice de eficiência produtiva em relação aos demais tratamentos que não diferiram entre si no período de 1 a 21 dias. Além disso, o controle negativo apresentou pior ( $p < 0,05$ ) conversão alimentar, e os tratamentos com a inclusão da enzima fitase em qualquer dose proporcionaram resultados semelhantes ao do controle positivo. Não foram encontradas diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) entre os tratamentos para consumo de ração e viabilidade criatória no período analisado.

No período de 1 a 41 dias de idade das aves, foram observadas diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) para o peso corporal, ganho de peso e índice de eficiência produtiva. O mesmo comportamento na fase anterior foi observado nesse período, sendo que o controle negativo apresentou os menores ( $p < 0,05$ ) resultados. Os demais tratamentos não diferiram estatisticamente entre si.

Resultados semelhantes foram encontrados na literatura para o ganho de peso e peso corporal quando avaliou a inclusão da fitase no nível de 500 FTU/kg em rações com redução dos níveis nutricionais, apontando que a utilização da enzima aumenta o ganho de peso do animal e o peso corporal (PIRGOZLIEV et al., 2017). Assim como, melhora a conversão alimentar sem afetar o consumo alimentar em rações com suplementação da fitase (SANTOS et al., 2013). Porém, esses resultados contradizem os observados por Oliveira (2016) no período de 1 a 41 dias, onde não foram encontradas diferenças no desempenho dos animais, mostrando que as aves não foram susceptíveis às deficiências nutricionais quando comparadas ao tratamento do controle positivo dos demais tratamentos contendo os níveis de fitase aos 41 dias de idade.

Os resultados de rendimento cortes comerciais, peso absoluto das partes e percentual de gordura abdominal estão apresentados na Tabela 8. Para as características avaliadas de rendimento os resultados diferiram ( $p < 0,05$ ) somente para a gordura abdominal considerando o peso relativo e absoluto, e para o peito em relação ao peso absoluto. O controle positivo apresentou maiores ( $p < 0,05$ ) valores de gordura abdominal em relação aos demais tratamentos. Enquanto que, para os valores absolutos de peito, a inclusão de 1000 e 1500 FTU/kg de fitase apresentaram maiores valores ( $p < 0,05$ ), seguidos do controle positivo, controle negativo e de fitase com a inclusão de 750 FTU/kg, que não diferiram entre si.

**Tabela 8** - Características de cortes em valores relativos e absolutos para gordura abdominal (GA), asa, peito, coxa+sobrecoxa (Co+So) de frangos de corte aos 41 dias de idade

|                                 | Tratamento          |                    |                     |                     |                     | P-valor           |        | CV <sup>7</sup><br>(%) |
|---------------------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------|--------|------------------------|
|                                 | CP <sup>1</sup>     | CN <sup>2</sup>    | CN750 <sup>3</sup>  | CN1000 <sup>4</sup> | CN1500 <sup>5</sup> | Trat <sup>6</sup> | Bloco  |                        |
| <b>Relativo<sup>8</sup> (%)</b> |                     |                    |                     |                     |                     |                   |        |                        |
| GA                              | 1,38 <sup>b</sup>   | 1,10 <sup>a</sup>  | 1,16 <sup>a</sup>   | 1,11 <sup>a</sup>   | 1,11 <sup>a</sup>   | 0,0029            | 0,0761 | 13,12                  |
| Asa                             | 9,55                | 9,79               | 9,54                | 9,61                | 9,71                | 0,0993            | 0,9639 | 2,16                   |
| Peito                           | 29,47               | 29,20              | 29,51               | 29,78               | 30,29               | 0,5231            | 0,5485 | 4,35                   |
| Co+So                           | 27,98               | 28,76              | 28,33               | 28,18               | 28,13               | 0,2111            | 0,3643 | 2,41                   |
| <b>Absoluto (g)</b>             |                     |                    |                     |                     |                     |                   |        |                        |
| GA                              | 36,17 <sup>b</sup>  | 28,4 <sup>a</sup>  | 31,55 <sup>a</sup>  | 30,8 <sup>a</sup>   | 30,05 <sup>a</sup>  | 0,0260            | 0,0539 | 14,78                  |
| Asa                             | 206,4               | 201,42             | 208,24              | 215,7               | 209,75              | 0,1914            | 0,5583 | 5,53                   |
| Peito                           | 637,25 <sup>b</sup> | 606,6 <sup>b</sup> | 644,30 <sup>b</sup> | 670,57 <sup>a</sup> | 667,75 <sup>a</sup> | 0,0229            | 0,2823 | 6,31                   |
| Co+So                           | 604,95              | 590,07             | 611,72              | 633,12              | 619,95              | 0,1718            | 0,7474 | 5,71                   |

<sup>a,b</sup> Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste Scott-Knott (5%).

<sup>1</sup>CP: Controle positivo; <sup>2</sup>CN: Controle negativo; <sup>3</sup>CN750: Controle negativo com inclusão de 750 FTU/kg de ração; <sup>4</sup>CN1000: Controle negativo com inclusão de 1000 FTU/kg de ração; <sup>5</sup>CN1500: Controle negativo com inclusão de 1500 FTU/kg de ração; <sup>6</sup>Trat: Tratamento; <sup>7</sup>CV: Coeficiente de variação. <sup>8</sup>Peso relativo da carcaça inteira calculado em relação ao peso do animal em jejum, e das partes calculados em relação ao peso da carcaça eviscerada fria.

Os resultados obtidos para o rendimento de carcaça foram semelhantes aos resultados encontrados por Ahmad et al. (2004), que verificaram que a inclusão de fitase ao nível de 1000 FTU/kg de ração pode promover o aumento no rendimento de peito e redução na gordura abdominal. Isso ocorre, porque a adição da enzima melhora o efeito extra-fosfórico, assim como a digestibilidade e o aproveitamento da energia metabolizável e de outros nutrientes (SALOMINSKI, 2011).

Os resultados da análise econômica desempenho de frangos de corte de 1 a 41 dias e das partes de rendimento de peito, asa e coxa+sobrecoxa (Co+So) aos 41 dias de idade do custo para produzir 1 kg de carne, receita bruta (RB), custo da ração (CR), custo total de produção (CT), margem bruta (MG) e margem líquida (ML) estão apresentados na Tabela 9.

**Tabela 9** - Análise econômica do desempenho de frangos de corte de 1 a 41 dias

|                              | Tratamento         |                    |                    |                    |                   | P-valor |        | CV<br>(%) |
|------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|---------|--------|-----------|
|                              | CP                 | CN                 | CN750              | CN1000             | CN1500            | Trat    | Bloco  |           |
| <b>Desempenho</b>            |                    |                    |                    |                    |                   |         |        |           |
| Custo 1kg (\$/kg)            | 1,81 <sup>b</sup>  | 1,77 <sup>b</sup>  | 1,69 <sup>a</sup>  | 1,72 <sup>a</sup>  | 1,69 <sup>a</sup> | 0,0096  | 0,1035 | 4,33      |
| RB (\$)                      | 8,49 <sup>a</sup>  | 8,14 <sup>b</sup>  | 8,48 <sup>a</sup>  | 8,52 <sup>a</sup>  | 8,70 <sup>a</sup> | 0,0642  | 0,2663 | 4,28      |
| CR (\$)                      | 4,96 <sup>b</sup>  | 4,63 <sup>a</sup>  | 4,61 <sup>a</sup>  | 4,72 <sup>a</sup>  | 4,76 <sup>a</sup> | 0,0181  | 0,0119 | 4,42      |
| CT (\$)                      | 6,99 <sup>b</sup>  | 6,53 <sup>a</sup>  | 6,53 <sup>a</sup>  | 6,65 <sup>a</sup>  | 6,71 <sup>a</sup> | 0,0212  | 0,0112 | 4,4       |
| MB (\$)                      | 3,53 <sup>b</sup>  | 3,51 <sup>b</sup>  | 3,87 <sup>a</sup>  | 3,80 <sup>a</sup>  | 3,94 <sup>a</sup> | 0,0215  | 0,6393 | 8,31      |
| ML (\$)                      | 1,49 <sup>b</sup>  | 1,61 <sup>b</sup>  | 1,95 <sup>a</sup>  | 1,87 <sup>a</sup>  | 1,99 <sup>a</sup> | 0,0141  | 0,2553 | 18,37     |
| <b>Rendimento de carcaça</b> |                    |                    |                    |                    |                   |         |        |           |
| Peito                        |                    |                    |                    |                    |                   |         |        |           |
| Peito (\$/kg)                | 7,79 <sup>b</sup>  | 7,67 <sup>b</sup>  | 7,19 <sup>a</sup>  | 7,05 <sup>a</sup>  | 7,13 <sup>a</sup> | 0,0093  | 0,4706 | 6,55      |
| RB (\$)                      | 8,35 <sup>a</sup>  | 7,95 <sup>b</sup>  | 8,44 <sup>a</sup>  | 8,78 <sup>a</sup>  | 8,75 <sup>a</sup> | 0,0228  | 0,2826 | 6,31      |
| MB (\$)                      | 3,39 <sup>b</sup>  | 3,31 <sup>b</sup>  | 3,83 <sup>a</sup>  | 4,06 <sup>a</sup>  | 3,99 <sup>a</sup> | 0,0122  | 0,9590 | 13,55     |
| ML (\$)                      | 1,27 <sup>b</sup>  | 1,33 <sup>b</sup>  | 1,85 <sup>a</sup>  | 2,04 <sup>a</sup>  | 1,95 <sup>a</sup> | 0,0096  | 0,6837 | 30,63     |
| Asa                          |                    |                    |                    |                    |                   |         |        |           |
| Asa (\$/kg)                  | 24,03              | 23,04              | 19,86              | 21,87              | 22,80             | 0,1856  | 0,8196 | 15,57     |
| RB (\$)                      | 6,94 <sup>b</sup>  | 6,61 <sup>b</sup>  | 7,02 <sup>a</sup>  | 7,31 <sup>a</sup>  | 7,28 <sup>a</sup> | 0,0229  | 0,2820 | 6,31      |
| MB (\$)                      | 1,99 <sup>b</sup>  | 1,98 <sup>b</sup>  | 2,41 <sup>a</sup>  | 2,59 <sup>a</sup>  | 2,52 <sup>a</sup> | 0,0109  | 0,8673 | 18,39     |
| ML (\$)                      | -0,14 <sup>b</sup> | -0,00 <sup>b</sup> | 0,43 <sup>a</sup>  | 0,56 <sup>a</sup>  | 0,48 <sup>a</sup> | 0,0085  | 0,4910 | 165,5     |
| Coxa+Sobrecoxa               |                    |                    |                    |                    |                   |         |        |           |
| Co+So (\$/kg)                | 8,21               | 7,87               | 7,59               | 7,46               | 7,68              | 0,0637  | 0,1306 | 6,79      |
| RB (\$)                      | 5,54 <sup>b</sup>  | 5,27 <sup>b</sup>  | 5,60 <sup>b</sup>  | 5,83 <sup>a</sup>  | 5,80 <sup>a</sup> | 0,0228  | 0,2825 | 6,31      |
| MB (\$)                      | 0,58 <sup>b</sup>  | 0,64 <sup>b</sup>  | 0,99 <sup>a</sup>  | 1,11 <sup>a</sup>  | 1,05 <sup>a</sup> | 0,0092  | 0,6274 | 39,65     |
| ML (\$)                      | -1,54 <sup>b</sup> | -1,35 <sup>b</sup> | -0,99 <sup>a</sup> | -0,91 <sup>a</sup> | 0,99 <sup>a</sup> | 0,0075  | 0,2895 | 32,78     |

<sup>a,b</sup> Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste Scott-Knott (7%).

<sup>1</sup>CP: Controle positivo; <sup>2</sup>CN: Controle negativo; <sup>3</sup>CN750: Controle negativo com inclusão de 750 FTU/kg de ração; <sup>4</sup>CN1000: Controle negativo com inclusão de 1000 FTU/kg de ração; <sup>5</sup>CN1500: Controle negativo com inclusão de 1500 FTU/kg de ração; <sup>6</sup>Trat: Tratamento; <sup>7</sup>CV: Coeficiente de variação.

Em relação a análise econômica para o desempenho, foram encontradas diferenças estatísticas ( $p < 0,05$ ) para todas as variáveis analisadas. Observou-se que o controle positivo e o controle negativo apresentaram os maiores ( $p < 0,05$ ) custos para produzir 1 kg de carne de frango, seguido dos demais tratamentos com a adição de enzima fitase que

não diferiram entre si. Para o custo de ração e para o custo total de produção o controle positivo apresentou os maiores ( $p < 0,05$ ) valores em relação aos demais tratamentos, que não apresentaram diferenças estatísticas entre si. Em relação a receita bruta, o controle negativo apresentou a menor ( $p < 0,05$ ) receita, em relação aos demais tratamentos. Para a margem bruta e para a margem líquida os piores ( $p < 0,05$ ) resultados foram observados para o controle positivo e negativo, sendo que tratamentos com a inclusão da fitase apresentaram as maiores margens e não diferiram estatisticamente entre si.

Para a análise econômica do rendimento de peito foi observado maiores ( $p < 0,05$ ) custos de produção de 1kg de peito para os controles positivo e negativo, seguido dos demais tratamentos com adição de enzima fitase, que não diferiram entre si. Não foram encontradas diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) para o rendimento de asa e coxa e sobrecoxa. As maiores ( $p < 0,05$ ) receitas brutas foram apresentadas pelos tratamentos com fitase de 1000 e 1500 FTU/kg, seguido dos demais tratamentos para todos os rendimentos de corte. Assim como, para a margem bruta e margem líquida os melhores ( $p < 0,05$ ) resultados foram encontrados nos tratamentos referentes aos tratamentos que tiveram a inclusão da enzima.

Não foram encontradas diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) para o custo de produção de 1 kg de asa e da coxa e sobrecoxa.

No presente estudo, para a análise econômica, menores custos foram encontrados para a ração, custo de produção total e para o custo para produzir 1 kg de carne para as rações que incluíam a enzima fitase, apresentando melhor custo/benefício para esses tratamentos. E, conseqüentemente, melhores receitas brutas. Essa redução de custos é decorrente da diminuição da inclusão do fosfato bicálcico e do óleo de soja, que são os ingredientes que mais oneram o custo das rações, e assim, resultou em rações mais baratas e com maior lucro no final da produção (LESSON; SUMMERS, 1997). Resultados semelhantes ao desse estudo foram encontrados por Assuena (2007), onde testando a inclusão de níveis de fitase para frangos de corte verificou que as rações que tiveram a inclusão da enzima foram as que apresentaram menores custos de ração.

### **3.4. CONCLUSÃO**

Dessa maneira, a suplementação da enzima fitase pode ser uma alternativa para melhorar os índices zootécnicos, diminuindo a inclusão de nutrientes nas rações. Níveis



de 750, 1000 e 1500 FTU/kg na ração de frangos de corte de 1 a 41 dias, melhoraram o desempenho dos animais e o rendimento de carcaças, resultando em excelentes índices econômicos.

### 3.5. REFERÊNCIAS

AHMAD, F. et al. Performance of broiler on phytase supplemented soybean meal based diet. **Poultry Science**, Carry, v. 3, p. 266-271, 2004.

AMERAH, A. M. et al. Effect of calcium level and phytase addition on ileal phytate degradation and amino acid digestibility of broilers fed corn-based diets. **Poultry Science**, Carry, v. 93, p. 906-915, 2014.

ASSUENA, V. **Efeito da inclusão da fitase sobre o desempenho, densitometria óssea, excreção de fósforo e nitrogênio e viabilidade econômica de frangos de corte**. 2007. 50 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 2007.

KHAN, S. A. et al. The Effect of Phytase Enzyme on the Performance of Broiler Flock (A-Review). **Poultry Science**, Carry, v. 1, n. 2, p. 117-125, 2013.

LEESON, S.; SUMMERS, J. D. **Commercial poultry nutrition**. 2.ed. Guelph: University Books, 1997. 350p.

OLIVEIRA, E. M. **Diferentes inclusões de fitase em dietas de frango de corte**. 2016. 91 f. Tese (Doutorando em Ciência animal), Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.

PIRGOZLIEV, V. et al. Phosphorus utilisation and growth performance of broiler chicken fed diets containing graded levels of supplementary myo-inositol with and without exogenous phytase. **Journal World Poultry Research**, Cambridge, v. 7, p. 1, 2017.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org>, 2015.

RAVINDRAN, V. et al. Influence of an Escherichia coli-derived phytase on nutrient utilization in broiler starters fed diets containing varying concentrations of phytic acid. **Poultry Science**, Carry, v. 85, p. 82-89, 2006.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2011.

SALOMINSKI, B. A. Recent advances in research on enzymes for poultry diets. **Poultry Science**, Carry, v. 90, p. 2013-2033, 2011.

SANTOS, L. D. et al. Níveis de fósforo disponível e cálcio em rações suplementadas com fitase para frangos de corte nas fases de crescimento e final. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Campinas, v. 40, p. 2486-2495, 2011.

SANTOS, T. T. et al. Effect of high phytase inclusion rates on performance of broilers fed diets not severely limited in available phosphorus. **Asian-Australian Journal Animal Science**, Champaign, v. 26, p. 227, 2013.

SHIRLEY, R. B.; EDWARDS JR, H. M. Graded levels of phytase past industry standards improves 28 broiler performance. **Poultry Science**, Carry, v. 82, p. 671-680, 2003.

## **CAPÍTULO 4. QUALIDADE ÓSSEA DE FRANGOS DE CORTE AOS 21 DIAS ALIMENTADOS COM RAÇÕES SUPLEMENTADAS COM ALTAS DOSES DE 6-FITASE DE ORIGEM HÍBRIDA**

### **4.1. INTRODUÇÃO**

Nos últimos anos o setor da avicultura apresentou um crescimento bastante acentuado, de forma que houve a necessidade da busca de estratégias na nutrição para a otimização da utilização dos nutrientes em rações, para diminuir os impactos ambientais e os custos de produção com a utilização de alimentos que apresentem alguns fatores antinutricionais (VARGAS et al., 2017).

Os alimentos ricos em fitato, como os ingredientes de origem vegetal, não são totalmente aproveitados pelos animais monogástricos, assim, a importância da enzima fitase está diretamente relacionada à melhoria no desempenho do animal decorrente da liberação de fósforo e de outros nutrientes, como o cálcio, a partir da hidrólise da molécula do fitato (SAKOMURA et al., 2014).

A qualidade óssea é de extrema importância para o sucesso da produção animal, e fraquezas na ossatura pode ser indício de que os animais estão submetidos a ambientes que são pobres em bem-estar, sistemas confinados, prejudicando seu desenvolvimento, desempenho e qualidade de carne (BROOM; MOLENTO, 2004).

Existem diversos mecanismos que podem ser utilizados para avaliar a mineralização óssea. Os métodos invasivos são resistência óssea, teores de cinza, índice Seedor, peso dos ossos, teores de cálcio e fósforo. A resistência óssea é uma das mais importantes análises, pois está diretamente relacionada com a quantidade de cálcio e fósforo presente na matriz inorgânica e a deficiência desses minerais gera ossos enfraquecidos (ONYANGO et al., 2003). Existem também os métodos não invasivo como a técnica da densitometria para saber o grau de mineralização que o osso se encontra no momento da análise.

Alguns estudos realizados com a adição de fitase mostraram que a suplementação da enzima pode melhorar a resistência à quebra dos ossos, principalmente da tíbia, em frangos de corte aos 21 dias, além de melhorar também outros parâmetros importantes para a avaliação óssea (DENBOW et al., 1998). Qian et al. (1996), com a suplementação de fitase, observou o aumento do comprimento do osso e da resistência à quebra de tíbias.

Da mesma maneira que, Dilger et al. (2004) suplementando rações com fitase em doses de até 1.000 FTU/kg obtiveram melhores resultados de crescimento e de mineralização óssea. Ao comparar a inclusão de fitases de origem fúngica e bacteriana em rações para frangos de corte, constataram que ambas as fitases melhoraram a densidade mineral óssea (CHUNG et al., 2013).

Entretanto, os efeitos de altas doses da 6-fitase híbrida ainda não são conhecidos para avaliar os parâmetros ósseos. Dessa maneira, objetivou-se avaliar o efeito de rações suplementadas com altas doses de 6-fitase híbrida, sobre a qualidade óssea em frangos de corte aos 21 dias de idade.

## 4.2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Aviário Experimental do Setor de Avicultura da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, localizado no Campus Fernando Costa, Pirassununga - SP. Os procedimentos experimentais adotados foram aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais, sob protocolo número 1601220316.

Foram alojados 1200 pintos de corte da linhagem comercial Cobb-500®, machos, com um dia de idade, com peso inicial de  $47,94 \pm 0,54$  g, distribuídos em um delineamento em blocos casualizados com cinco tratamentos e oito repetições com 30 aves cada. O delineamento em blocos casualizados foi utilizado para o controle da temperatura em diferentes regiões do galpão. Os cinco tratamentos utilizados foram: 1) Controle positivo (CP) com composição de alimentos e exigências nutricionais de acordo com Rostagno et al. (2011) para frangos de corte machos de desempenho médio; 2) Controle negativo (CN) com redução na matriz nutricional equivalente a dose de fitase de 750 FTU/kg em relação ao controle positivo, sem a inclusão da enzima fitase; 3) CN com inclusão da fitase em 750 FTU/kg (CN750); 4) CN com inclusão da fitase em 1000 FTU/kg (CN1000); e 5) CN com inclusão da fitase em 1500 FTU/kg (CN1500). A redução dos nutrientes no controle negativo foi de 0,184% de fósforo disponível, 84,8 kcal/kg de energia metabolizável, 0,36% de proteína bruta, 0,206% de cálcio, 0,002% de sódio, 0,006% de lisina digestível e 0,019% de metionina+cistina digestível. A enzima utilizada foi Natuphos® E 10.000 FTU/g, nova 6-fitase de origem híbrida. Os níveis de fitase utilizados foram 0, 75, 100 e 150 g/tonelada incluídas no controle negativo,

garantindo os níveis de 0, 750, 1000 e 1500 FTU/kg, de acordo com a recomendação do fabricante (Natuphos® E 10.000 – BASF). As rações foram à base de milho e farelo de soja e o programa de alimentação foi com duas rações, sendo as fases de 1 a 7 e de 8 a 21 dias de idade, conforme mostra a Tabela 5. Os níveis de fitase analisados estão apresentados na Tabela 6.

As aves foram alojadas em um galpão de alvenaria, com telhas de barro e fechado nas laterais com tela de aço galvanizado. O galpão foi dividido em 40 boxes com cama nova de maravalha de pinus, provido de bebedouros do tipo nipple e comedouros pendulares, com área disponível de 0,0823 m<sup>2</sup>/ave. Para o controle de temperatura na fase inicial foi utilizado lâmpadas infravermelho de 250w em cada boxe e campânulas de aquecimento nos corredores, além do uso de ventiladores e do manejo das cortinas laterais nas demais fases, conforme a condição climática. A ração e a água foram fornecidas à vontade e os demais aspectos do manejo foram conforme o manual da linhagem.

Aos 21 dias duas aves foram selecionadas por unidade experimental, insensibilizadas por eletrochoque e abatidas por sangria mediante corte a veia jugular. As tíbias direitas foram removidas e processadas para posterior análise. Para o controle do peso corporal e do peso da tíbia foi utilizada uma balança de precisão. O perímetro da epífise proximal e distal, e da diáfise dos ossos foi mensurado com o auxílio de uma fita milimétrica. E foi realizado o cálculo do índice Seedor, que corresponde o peso do osso (mg) dividido pelo seu comprimento (mm) (SEEDOR et al., 1991).

A análise de resistência óssea foi feita no Laboratório de Morfologia e Fisiologia Animal da FCAV/UNESP, Campus de Jaboticabal, com auxílio de texturômetro Instron (Emic, Modelo 23-S), que foi regulado para permitir que o vão livre da diáfise fosse de 4 cm e velocidade de 1mm/segundo. Um programa computacional registrou a força necessária para que ocorresse a quebra total do osso, sendo os valores expressos em quilograma força.

Para as análises de densidade mineral óssea da tíbia, as amostras foram tomografadas e as leituras densitometrias foram realizadas após a digitalização das imagens. As tíbias direitas dos frangos de corte foram radiografadas na projeção craniocaudal. Para a realização das leituras densitometrias das tíbias, foi utilizado um scanner A3 scaníon para a digitalização das imagens radiográficas (Hologic do Brasil, Discovery Wi).

Os dados foram verificados quanto à presença de dados discrepantes e em seguida submetidos à análise de normalidade dos erros studentizados (teste de Cramer-Von-

Mises), de homogeneidade de variâncias, e submetidos à análise de variância, com o auxílio do programa estatístico RStudio (R Core Team, 2015), aplicando o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

### 4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos parâmetros da análise óssea estão apresentados na tabela 10.

**Tabela 10** – Peso vivo (PV, g), peso da tíbia (PT, g), índice Seedor (IS, g/mm), perímetro da epífise proximal (PEP, mm), perímetro da epífise distal (PED, mm) e perímetro da diáfise (PD, mm) de frangos de corte aos 21 dias de idade

|     | Tratamento        |                    |                    |                     |                     | P-valor           |        | CV <sup>7</sup><br>(%) |
|-----|-------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|-------------------|--------|------------------------|
|     | CP <sup>1</sup>   | CN <sup>2</sup>    | CN750 <sup>3</sup> | CN1000 <sup>4</sup> | CN1500 <sup>5</sup> | Trat <sup>6</sup> | Bloco  |                        |
| PV  | 1006              | 1025               | 1023               | 1055                | 1069                | 0,3913            | 0,0493 | 5,89                   |
| PT  | 4,36 <sup>a</sup> | 3,76 <sup>b</sup>  | 3,66 <sup>b</sup>  | 4,11 <sup>a</sup>   | 4,11 <sup>a</sup>   | 0,0441            | 0,2484 | 10,46                  |
| IS  | 66,8 <sup>a</sup> | 57,38 <sup>b</sup> | 55,66 <sup>b</sup> | 62,14 <sup>a</sup>  | 63,78 <sup>a</sup>  | 0,0057            | 0,0368 | 8,42                   |
| PEP | 4,67 <sup>a</sup> | 4,75 <sup>a</sup>  | 4,17 <sup>b</sup>  | 4,33 <sup>b</sup>   | 4,67 <sup>a</sup>   | 0,0278            | 0,0736 | 7,56                   |
| PED | 4,33 <sup>a</sup> | 4,33 <sup>a</sup>  | 3,75 <sup>b</sup>  | 3,92 <sup>b</sup>   | 4,33 <sup>a</sup>   | 0,0068            | 0,2308 | 7,30                   |
| PD  | 2,92              | 3,00               | 2,83               | 2,92                | 2,75                | 0,5142            | 0,2919 | 8,81                   |

<sup>a,b</sup> Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste Scott-Knott (5%).

<sup>1</sup>Controle positivo; <sup>2</sup>Controle negativo; <sup>3</sup>Controle negativo com inclusão de 750 FTU/kg de ração; <sup>4</sup>Controle negativo com inclusão de 1000 FTU/kg de ração; <sup>5</sup>Controle negativo com inclusão de 1500 FTU/kg de ração; <sup>6</sup>Tratamento; <sup>7</sup>Coefficiente de variação.

Foram observadas diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) para o peso da tíbia, índice de Seedor e para o perímetro da epífise proximal e distal da tíbia nos animais aos 21 dias de idade. O tratamento com a inclusão de 750 FTU/kg apresentou menores resultados ( $p < 0,05$ ) para todos os parâmetros avaliados, assim como, o controle negativo, quando comparados aos demais tratamentos com a inclusão da enzima fitase nos níveis de 1000 e 1500 FTU/kg, e do controle positivo. Não foram encontradas diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) entre os tratamentos para o peso vivo dos animais aos 21 dias e nem para o perímetro da diáfise.

A suplementação de fitase em rações, com os níveis de 1000 e 1500 FTU/kg podem melhorar a qualidade óssea dos frangos de corte, mostrando ser semelhantes aos resultados encontrados para o controle positivo. Esses resultados são decorrentes do aumento da disponibilidade dos nutrientes antes complexados na molécula fitato, que são disponíveis pela atuação da enzima 6-fitase híbrida (AMERAH et al., 2014).

O menor peso da tíbia aos 21 dias pode ser decorrente pela expressão de proteínas responsáveis pelo desenvolvimento corporal, além do fornecimento inadequado de nutrientes para as aves (ALMEIDA PAZ; BRUNO, 2006). Isso ocorre, porque há menores concentrações de cálcio e fósforo, que podem afetar negativamente o desenvolvimento mineral dos ossos no controle negativo e no tratamento com a inclusão de fitase de 750 FTU/kg quando comparados ao demais. Resultados semelhantes foram encontrados na literatura, onde mostram que a redução dos níveis nutricionais na dieta ocasionam piora nos resultados de qualidade óssea (TANG et al., 2012; WALK WALK; BEDFORD; MCELROY, 2012). Porém, em estudos em que a enzima fitase foram incluídas em rações de frangos de corte, observaram que mesmo com baixos níveis de fósforo disponível e de cálcio, o peso dos ossos aumentaram, mostrando a eficiência da adição da enzima fitase em rações (POWELL et al., 2011).

A densidade mineral representada pelo índice Seedor, pelo perímetro da epífise proximal e da epífise distal foram menores nos tratamentos do controle negativo e no da fitase 750 FTU/kg, sendo que, quanto maior o valor dessas medidas mais denso é o osso, e, conseqüentemente, de melhor qualidade. Embora ainda existam poucos resultados na literatura sobre essas análises em frangos de corte, os resultados do presente estudo estão de acordo aos encontrados por Bruno (2002), com valores que variam de 15,95 a 70,24 no índice Seedor. Lalpanmawia et al. (2014) observaram um aumento no comprimento e diâmetro da tíbia de frangos de corte aos 35 dias de idade, quando tinha a inclusão de fitase nas rações.

Schaly et al. (2009) também encontraram maiores valores de comprimento em ossos de frangos de cortes aos 42 dias de idade que foram submetidos a rações com a inclusão da fitase. Assim, a partir da fase de crescimento das aves, pode-se utilizar menores níveis de cálcio e fósforo nas rações quando associados a inclusão de fitase sem prejudicar a morfometria dos ossos.

Os resultados da análise de resistência à quebra do osso (RES, kgf), área total do osso (AT, cm<sup>2</sup>), área total da epífise proximal (ATEP, cm<sup>2</sup>), área total da epífise distal (ATED, cm<sup>2</sup>), área total da diáfise (ATD, cm<sup>2</sup>), composição mineral total (CMT, g), composição mineral da epífise proximal (CMEP, g), composição mineral da diáfise distal (CMED, g), composição mineral da diáfise (CMD, g), densidade mineral total (DMT, g/cm<sup>2</sup>), densidade mineral da epífise proximal (DMEP, g/cm<sup>2</sup>), densidade mineral da epífise distal (DMED, g/cm<sup>2</sup>) e densidade mineral da diáfise (DMD, g/cm<sup>2</sup>) de ossos de frangos de corte aos 21 dias de idade estão apresentados na tabela 11.

**Tabela 11** – Análise de qualidade óssea de frangos de corte aos 21 dias

|             | Tratamento      |                 |                    |                     |                     | P-valor           |        | CV <sup>7</sup><br>(%) |
|-------------|-----------------|-----------------|--------------------|---------------------|---------------------|-------------------|--------|------------------------|
|             | CP <sup>1</sup> | CN <sup>2</sup> | CN750 <sup>3</sup> | CN1000 <sup>4</sup> | CN1500 <sup>5</sup> | Trat <sup>6</sup> | Bloco  |                        |
| <b>RES</b>  | 153             | 151             | 144                | 172                 | 176                 | 0,3340            | 0,8565 | 18,00                  |
| <b>AT</b>   | 2,64            | 2,14            | 2,34               | 2,36                | 2,30                | 0,1490            | 0,7486 | 13,64                  |
| <b>ATEP</b> | 0,42            | 0,22            | 0,18               | 0,33                | 0,20                | 0,6143            | 0,7698 | 114,23                 |
| <b>ATED</b> | 0,39            | 0,37            | 0,68               | 0,28                | 0,54                | 0,4128            | 0,1344 | 83,18                  |
| <b>ATD</b>  | 0,80            | 0,60            | 0,55               | 0,77                | 0,54                | 0,0797            | 0,0213 | 29,75                  |
| <b>CMT</b>  | 0,26            | 0,20            | 0,22               | 0,26                | 0,24                | 0,5359            | 0,8479 | 28,05                  |
| <b>CMEP</b> | 0,03            | 0,02            | 0,01               | 0,03                | 0,02                | 0,4153            | 0,3298 | 129,56                 |
| <b>CMED</b> | 0,04            | 0,03            | 0,08               | 0,04                | 0,06                | 0,3487            | 0,2219 | 93,37                  |
| <b>CMD</b>  | 0,09            | 0,07            | 0,05               | 0,09                | 0,06                | 0,1310            | 0,1419 | 44,46                  |
| <b>DMT</b>  | 0,11            | 0,10            | 0,09               | 0,11                | 0,10                | 0,6545            | 0,9249 | 21,34                  |
| <b>DMEP</b> | 0,07            | 0,04            | 0,05               | 0,06                | 0,06                | 0,7118            | 0,0379 | 74,07                  |
| <b>DMED</b> | 0,06            | 0,04            | 0,11               | 0,06                | 0,09                | 0,1095            | 0,3367 | 67,44                  |
| <b>DMD</b>  | 0,11            | 0,10            | 0,09               | 0,11                | 0,09                | 0,4778            | 0,4232 | 31,27                  |

<sup>a,b</sup> Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste Scott-Knott (5%).

<sup>1</sup>Controle positivo; <sup>2</sup>Controle negativo; <sup>3</sup>Controle negativo com inclusão de 750 FTU/kg de ração; <sup>4</sup>Controle negativo com inclusão de 1000 FTU/kg de ração; <sup>5</sup>Controle negativo com inclusão de 1500 FTU/kg de ração; <sup>6</sup>Tratamento; <sup>7</sup>Coefficiente de variação.

Diversas pesquisas ao longo das últimas décadas relatam o efeito da adição de fitase em rações para frangos de corte sobre a melhora no desempenho, na digestibilidade de fósforo e de cálcio e das cinzas da tíbia nos animais (SELLE e RAVINDRAN, 2007). Não foram encontradas diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) entre os tratamentos para nenhuma das variáveis analisadas para a qualidade óssea, embora os tratamentos com inclusão de altas doses de fitase apresentaram melhores resultados do que os demais tratamentos. Demonstrando que o presente estudo, comprova que mesmo sem resultados significativos, a fitase melhora a retenção de fósforo e cálcio, bem como a métrica dos ossos.

#### 4.4. CONCLUSÃO

Nas condições desse experimento, a suplementação da enzima fitase com redução de nutrientes na matriz nutricional pode ser uma alternativa para melhorar os parâmetros de qualidade óssea. Altas doses de inclusão da enzima fitase como nos níveis de 1000 e 1500 FTU/kg na ração de frangos de corte, apresentaram a mesma qualidade óssea do controle positivo, porém com um melhor custo.



#### 4.5. REFERÊNCIAS

ALMEIDA PAZ, I. C. L.; BRUNO, L. D. G. Bone mineral density: review. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas v. 8, n. 2, p. 69-73, 2006.

AMERAH, A. M. et al. Effect of calcium level and phytase addition on ileal phytate degradation and amino acid digestibility of broilers fed corn-based diets. **Poultry Science**, Carry, v. 93, p. 906-915, 2014.

BROOM, D. M.; MOLENTO, C. F. M. Bem-estar animal: Conceito e Questões relacionadas revisão. **Archives of Veterinary Science**, Curitiba, v. 9, n. 2, 2004.

BRUNO, L. D. G. **Desenvolvimento ósseo em frangos de corte: Influência da restrição alimentar e da temperatura ambiente**. 2002. 72f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual de Paulista, UNESP, Jaboticabal, 2002.

CHUNG, T. K. et al. Effect of two microbial phytases on mineral availability and retention and bone mineral density in low-phosphorus diets for broilers. **Bristh Poultry Science**, Londres, v. 54, n. 3, p. 362-373, 2013.

DENBOW, D. M. et al. Soybeans transformed with a fungal phytase gene improve phosphorus availability for broilers. **Poultry Science**, Carry, v. 77, n. 6, p. 878-88, 1998.

DILGER, R. N. et al. Evaluation of microbial phytase in broiler diets. **Poultry Science**, Carry, v. 83, p. 962-970, 2004.

LALPANMAWIA, H. et al. Efficacy of phytase on growth performance, nutriente utilization and bone mineralization in broiler chicken. **Animal Feed Science Technology**, Amsterdam, n. 192, p. 81-89, 2014.

ONYANGO, E. M. et al. Bone densitometry as an indicator of percentage tibia ash in broiler chicks fed varying dietary calcium and phosphorus levels. **Poultry Science**, Carry, v. 82, p. 1787-1791, 2003.

POWELL. S.; BIDNER, T. D.; SOUTHERN, L. L. Phytase supplementation improved growth performance and bone characteristics in broilers fed varying levels of dietary calcium. **Poultry Science**, Carry, v. 90, n. 3, p. 604-608, 2011.

QIAN, H. et al. Effects of supplemental phytase and phosphorus on histological and others tibia bone characteristics and performance of broilers fed semi-purified diets. **Poultry Science**, Carry, v. 75, n. 5, p. 618-626, 1996.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org>, 2015.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2011.

SAKOMURA, N. K.; HAUSCHILD, L.; BONATO, M. A. **Nutrição de não ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2014, 678 p.

SCHALY, L. M. et al. Efeito de níveis de fósforo não-fítico e de fitase sobre o fêmur de frangos de corte. **Biotemas**, Florianópolis, v. 22, p. 81-85, 2009.

SEEDOR, J. G.; QUARRUCCIO, H. A.; THOMPSON, D. D. The bisphosphonate alendronate (MK-217) inhibits bone loss due to ovariectomy in rats. **Journal Bone Mineral Research**, Hoboken, n. 6, p. 339–346, 1991.

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

TANG H. O.; et al. Effects of a thermostable phytase on the growth performance and bone mineralization of broilers. **Journal Applied Poultry Research**, Champaign, v. 21, p. 476–483, 2012.

WALK C. L.; BEDFORD, M. R.; MCELROY, A. P. Influence of limestone and phytase on broiler performance, gastrointestinal pH, and apparent ileal nutrient digestibility. **Poultry Science**, Carry, n. 91, n. 6, p. 1371-1378, 2012.

VARGAS, R. C. et al. Multi-enzyme complex in laying hens diet. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 16, n. 1, p. 61-69, 2017.