

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**FARELO DE ARROZ DESENGORDURADO E  
DIFERENTES MÉTODOS DE INCORPORAÇÃO DE  
FITASE EM DIETAS DE POEDEIRAS COMERCIAIS**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**PATRÍCIA DINIZ EBLING**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2011**

# **FARELO DE ARROZ DESENGORDURADO E DIFERENTES MÉTODOS DE INCORPORAÇÃO DE FITASE EM DIETAS DE POEDEIRAS COMERCIAIS**

**por**

**Patrícia Diniz Ebling**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) para obtenção do grau de  
**Mestre em Zootecnia**

**Orientador: Prof<sup>o</sup>. Dr. Irineo Zanella**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2011**

E16f Ebling, Patrícia Diniz  
Farelo de arroz desengordurado e diferentes métodos de incorporação de fitase em dietas de poedeiras comerciais / por Patrícia Diniz Ebling. – 2011.  
57 f. ; 30 cm

Orientador: Irineo Zanella  
Coorientador: José Henrique Souza da Silva  
Coorientador: Leila Picolli  
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, RS, 2011

1. Zootecnia 2. Ácido fítico 3. Atividade da fitase 4. Poedeiras 5. Avicultura  
I. Zanella, Irineo II. Silva, José Henrique Souza da III. Picolli, Leila IV. Título.

CDU 636.52/58

Ficha catalográfica elaborada por Cláudia Terezinha Branco Gallotti – CRB 10/1109  
Biblioteca Central UFSM

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Ciências Rurais  
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação de  
Mestrado

**FARELO DE ARROZ DESENGORDURADO E DIFERENTES  
MÉTODOS DE INCORPORAÇÃO DE FITASE EM DIETAS DE  
POEDEIRAS COMERCIAIS**

elaborada por  
**Patrícia Diniz Ebling**

Como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Zootecnia**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

**Irineo Zanella, Dr. (Presidente/Orientador)**

---

**Luciano Trevizan, Dr. (UDESC)**

---

**Paulo Santana Pacheco, Dr. (UFSM)**

Santa Maria, 22 de fevereiro de 2011.

## AGRADECIMENTOS

A Deus pela oportunidade...

Aos meus pais Lena e Célio, aos meus irmãos Éder e Sandra, que sempre apoiaram minhas escolhas.

A Universidade Federal de Santa Maria e, em especial, a Casa do Estudante Universitário (I e III) pela fundamental acolhida.

Agradeço muito aos meus amigos e colegas Camila, Cristiano e Priscila pela ajuda e disponibilidade durante vários momentos nesses dois anos que se passaram.

Ao meu orientador Irineo Zanella pela paciência e confiança.

Aos meus amigos Flávia, Juliane, Sidnei e Tásia que sempre conseguem transformar meus momentos de angústias em longas risadas e; agradeço a Karol (LAVIC) pela parceria.

Aos colaboradores: professores Antonio Mortari e Diniz Fronza, Aline, Andréia, Béth, Débora, Júlio, Mariane, Ana Kátia e João Paulo, cujas participações foram imprescindíveis na condução da pesquisa.

Aos professores José Henrique da Silva, Geni Salete Pinto de Toledo e Marcos Martinez do Vale pelas sugestões.

Ao pessoal do Laboratório de Nutrição Animal e ao Sr. Finamor, funcionário do Laboratório de Solos da UFSM, pela assistência nas análises laboratoriais.

Agradeço a Prof<sup>a</sup>. Leila Picolli, que juntamente com as empresas Basf e Ingal Alimentos possibilitaram esta pesquisa.

Só existem  
dois dias do ano  
em que nada pode ser feito,  
o dia de ontem e o  
dia de amanhã.  
Portanto, HOJE é o dia certo:  
Sonhe,  
Acredite e  
Faça.

(Dalai Lama)

## RESUMO

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia  
Universidade Federal de Santa Maria

### **FARELO DE ARROZ DESENGORDURADO E DIFERENTES MÉTODOS DE INCORPORAÇÃO DE FITASE EM DIETAS DE POEDEIRAS COMERCIAIS**

AUTORA: Patrícia Diniz Ebling  
ORIENTADOR: Dr. Irineo Zanella

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 22 de fevereiro de 2011.

A enzima fitase melhora o aproveitamento de vários nutrientes dos alimentos de origem vegetal, que são em parte indisponíveis aos animais não-ruminantes, principalmente o fósforo fítico, mas além deste, também amido, proteínas, lipídios e outros minerais, que são complexados com o ácido fítico. A efetividade desta enzima já foi amplamente comprovada. Apesar disso, inúmeros estudos não obtiveram sucesso em seu uso na alimentação de monogástricos. Isso deve-se as características de sensibilidade, instabilidade e especificidade das fitases. Diante destes fatos, objetivou-se com o estudo avaliar o modo mais eficaz de incorporação da enzima fitase em dietas para poedeiras comerciais, em relação ao desempenho, qualidade de ovos (experimento 1) e aproveitamento de proteína (experimento 2). A pesquisa foi conduzida no laboratório de avicultura do Colégio Politécnico (UFSM). O experimento de desempenho e qualidade de ovos utilizou 120 poedeiras comerciais da linhagem Isa Brown, sendo conduzido em três períodos de 21 dias. O ensaio de digestibilidade contou com 72 aves e teve duração de cinco dias. Ambos experimentos avaliaram as seguintes dietas: dieta basal (DB), dieta com farelo de arroz desengordurado (FAD) tratado previamente com fitase (FADFI), dieta com FAD e enzima fitase incorporada por meio do método tradicional (MTFI) e dieta com FAD sem enzima fitase (SEMFI). O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com quatro tratamentos, cinco repetições para o experimento 1 e três repetições para o experimento 2, com seis aves. Os dados coletados foram submetidos a análise de variância, e as médias que apresentaram diferença significativa, ao teste de Tukey (5%). O tratamento prévio do FAD mostrou-se eficiente, ou seja, tratar somente um ingrediente da dieta com fitase permite incorporar uma quantidade menor de fitase, mantendo desempenho e qualidade de ovos, que foram estatisticamente os mesmos ( $P > 0,05$ ) nos tratamentos que envolveram fitase, equivalendo-se também a dieta basal, comprovando que a fitase supriu a redução de fósforo no tratamento MTFI. O tratamento prévio de FAD com fitase possibilitou melhor aproveitamento da proteína bruta.

**Palavras-chave:** Ácido fítico. Atividade da fitase. Digestibilidade. Farelo de arroz desengordurado. Impacto ambiental.

## **ABSTRACT**

Master Dissertation  
Post-Graduate Program in Animal Science  
Universidade Federal de Santa Maria

### **DEFATTED RICE BRAN AND DIFFERENT METHODS OF MERGER OF PHYTASE IN DIETS OF LAYING HENS**

**AUTHOR:** Patricia Diniz Ebling

**ADVISOR:** Dr. Irineo Zanella

**Date and Location of Defense:** Santa Maria, February 22<sup>nd</sup>, 2011.

The enzyme phytase improves the utilization of various nutrients in plant foods, which are partly unavailable to non-ruminant animals, especially phytic acid, but beyond this also starch, proteins, lipids and other minerals, which are complexed with phytic acid. The effectiveness of this enzyme has been widely proven. Nevertheless, several studies were not successful in its use in feed for monogastric animals. This is due to the characteristics of sensitivity and specificity of phytases instability. Given these facts, the objective with the study to evaluate the most effective way of incorporating phytase in diets for laying hens in relation to performance, quality of eggs (experiment 1) and utilization of protein (experiment 2). The research was conducted in the laboratory of poultry Polytechnic College (UFSM). The experimental performance and egg quality of laying hens used 120 Isa Brown strain, being conducted in three periods of 21 days. The digestibility trial had 72 birds and lasted five days. Both experiments assessed the following diets: basal diet (BD), diet with defatted rice bran (DRB) previously treated with phytase (DRBF) diet with phytase enzyme and DRB incorporated through the traditional method (TMF) and a diet without DRB phytase (DRB). The experiment was a completely randomized design with four treatments, five replicates for experiment 1 and three replicates for experiment 2 with six birds. The data collected were submitted to analysis of variance and the means that differ significantly, Tukey (5%). The treatment of DRBF was efficient, ie, treating only one ingredient of the diet with phytase allows you to incorporate a smaller amount of phytase, while maintaining performance and quality of eggs, which were statistically the same ( $P > 0.05$ ) in treatments involving phytase, equivalent also to the basal diet, indicating that phytase supplied the reduction of phosphorus in the treatment TMF. The treatment of DRB with phytase enabled better utilization of protein.

**Keywords:** Phytic acid. Phytase activity. Digestibility, Defatted rice bran. Environmental impact.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição percentual e valores calculados das rações experimentais (kg).....	25
Tabela 2 - Resultados de taxa de postura (%) por período (Per.) e na média dos períodos .....	34
Tabela 3 - Resultados de consumo de ração (g/ave/dia) por período (Per.) e na média dos períodos.....	35
Tabela 4 - Resultados de massa de ovos (MO) e peso médio de ovos por período (Per.) e na média dos períodos.....	36
Tabela 5 - Resultados de conversão alimentar por dúzia de ovos (kg/dz) e por massa de ovos (kg/kg) por período (Per.) e na média dos períodos.....	37
Tabela 6 - Resultados de peso e porcentagens dos componentes dos ovos por período (Per.) e na média dos períodos.....	39
Tabela 7 - Resultados de densidade específica de ovos (g/cm <sup>3</sup> ) por período (Per.) e na média dos períodos.....	40
Tabela 8 - Resultados de coloração de gema por período (Per.) e na média dos períodos.....	41
Tabela 9 - Resultados dos coeficientes de digestibilidade aparente da PB das dietas experimentais .....	42

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	09
<b>1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	12
1.1 Avicultura de postura .....	12
1.2 Ácido fítico como fator antinutricional .....	14
1.3 Uso da enzima exógena fitase .....	15
1.4 Fatores que influenciam a atividade das fitases .....	17
1.5 Farelo de arroz desengordurado (FAD) .....	18
1.6 Farelo de arroz desengordurado tratado previamente com enzima fitase .....	21
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	23
<b>2.1 Experimento 1 – desempenho e qualidade de ovos</b> .....	23
2.1.1 Período experimental .....	23
2.1.2 Instalações .....	23
2.1.3 Animais .....	24
2.1.4 Tratamentos e dietas experimentais .....	24
2.1.5 Manejo experimental .....	26
2.1.6 Medidas estimadas e procedimentos experimentais .....	26
2.1.7 Delineamento experimental .....	29
<b>2.2 Experimento 2 – coeficientes de digestibilidade aparente da PB</b> .....	29
2.2.1 Período experimental .....	29
2.2.2 Instalações e animais .....	30
2.2.3 Tratamentos e manejo experimental .....	30
2.2.4 Procedimentos experimentais .....	30
2.2.5 Delineamento experimental .....	33
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	34
<b>3.1 Experimento 1 – desempenho e qualidade de ovos</b> .....	34
3.1.1 Taxa de postura .....	34
3.1.2 Consumo de ração .....	35
3.1.3 Massa e peso médio de ovos .....	35
3.1.4 Conversão alimentar por massa e por dúzia de ovos .....	36
3.1.5 Pesos médios e porcentagens de albúmen, gema e casca .....	37
3.1.6 Densidade de ovos .....	40
3.1.7 Pigmentação de gema .....	40
<b>3.2 Experimento 2 – coeficientes de digestibilidade aparente da PB</b> .....	41
<b>3.3 Discussão geral</b> .....	43
<b>4 CONCLUSÕES</b> .....	45
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	46

## INTRODUÇÃO

Devido a significativa participação da alimentação nos custos de produção, torna-se imprescindível a utilização de estratégias e técnicas que possam maximizar aproveitamento e valor biológico dos alimentos, mantendo constante desempenho animal ou melhorando-o a custos amenos.

No Brasil, as dietas para suínos e aves são formuladas à base de ingredientes de origem vegetal, sobretudo cereais, que possuem mais da metade do fósforo (P) sob a forma de fitato, com disponibilidade biológica variando entre 18 e 60% (CROMWELL, 1979; CORLEY et al., 1980). Desta forma o fósforo fítico torna-se indisponível para espécies animais não-ruminantes, pois estes não sintetizam enzima fitase, responsável pela hidrólise deste complexo. Além de possuir propriedade de se complexar com fósforo e vários outros minerais como cálcio (Ca), ferro (Fe), zinco (Zn), magnésio (Mn), manganês (Mg) e cobre (Cu), esse fator também compromete a disponibilidade de parte da proteína e energia (RAVINDRAN et al., 1999).

Devido a indisponibilidade do fósforo fítico aos não-ruminantes, há necessidade de inclusão de fontes de fósforo inorgânico para evitar carência de fósforo disponível nas dietas. A inclusão de duas fontes de fósforo aumenta o fósforo total da dieta, com uma pequena parte disponível. Além de indisponibilizar parte do fósforo, o ácido fítico também compromete parte do cálcio e nitrogênio (N), que não são assimilados pelo organismo animal e são excretados no meio ambiente. Dessa forma, as dietas não atendem as necessidades nutricionais para máximo desempenho dos animais.

A suplementação com as enzimas exógenas fitases, alternativa para melhorar o aproveitamento do fósforo fítico, promove economia das fontes inorgânicas de fósforo, aspecto relevante quando se considera que estas fontes não são renováveis na natureza; e se não ocorrerem mudanças em relação a sua exploração, projeta-se que estarão esgotadas em menos de 100 anos (BORGES, 1997).

O fósforo é considerado terceiro ingrediente mais oneroso da alimentação animal, ainda podendo causar efeitos adversos no desempenho de poedeiras comerciais, se fornecido a menos ou mais na dieta (FIREMAN; FIREMAN, 1998).

O uso das fitases, ainda melhora o aproveitamento de outros nutrientes dos vegetais, liberando parte do amido, proteínas e lipídeos complexados ao fitato (TORRES, 2003).

Inúmeros pesquisadores (CARLOS; EDWARDS, 1998; BOLING et al., 2000; BORRMANN, 1999; CEYLAN et al., 2003; COSTA et al., 2004; BESS et al., 2006; LIGEIRO, 2007 e VIANA et al., 2009), trabalhando com enzima fitase e aves, não obtiveram diferenças significativas entre o uso da enzima fitase e outros métodos para correção do fator antinutricional ácido fítico. Por se tratar de enzima é necessário manuseio minucioso, pois quaisquer intempéries podem inativar ou diminuir a atividade da enzima. Estes resultados podem ser indício que o modo de incorporação da enzima na dieta pode não ser seguro para plena efetividade da enzima. Segundo Cromwell e Coffey (1991), quando se permite atuação da fitase nas ligações do grupo fosfato do fitato, ocorre liberação de fósforo e dos outros nutrientes que fazem parte dessa molécula.

A efetividade da fitase já foi extensivamente comprovada por meios acadêmicos e comerciais, ainda sim, sua eficácia depende de alguns fatores ligados à composição da dieta (AVICULTURA INDUSTRIAL, 2007). De acordo com Quian et al. (1997) há um efeito sinérgico entre fitase e vitamina D no aproveitamento de cálcio e fósforo. A melhor resposta à suplementação de fitase é obtida com a redução na relação cálcio:fósforo total de 2:1 para 1:3. Este manejo nutricional é impossível na nutrição de poedeiras, pois a deposição diária de cálcio na casca do ovo corresponde a 10% do total de cálcio estocado no organismo da ave; e para que a casca se forme adequadamente, a ave deve consumir cerca de 4,1g de cálcio por dia, tornando evidente a importância desse mineral na alimentação das poedeiras (ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 1999).

As enzimas são sensíveis frente às mudanças físico-químicas. A sua eficiência depende de inúmeros fatores como: pH, concentração de cálcio, vitamina D e principalmente temperatura e umidade do substrato (TORRES, 2003). A mesma autora afirma que as fitases matem estabilidade em pH entre 3-9 e temperaturas menores que 85°C, assim as variações de pH e temperaturas de peletização, proventrículo e moela, podem diminuir a atividade enzimática.

Portanto, objetivou-se avaliar duas metodologias de incorporação da enzima fitase, comparando-as a uma dieta basal e ao método de aumentar a suplementação de fósforo inorgânico na dieta, em busca de uma forma mais eficaz em melhorar o

aproveitamento do fósforo fítico na alimentação de poedeiras comerciais, levando em consideração o desempenho das aves, qualidade de ovos e digestibilidade da proteína bruta.

# 1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

## 1.1 Avicultura de postura

A produção mundial de ovos crescerá de 58,80 para em torno de 70,90 milhões de toneladas entre 2005 e 2015 (AVICULTURA INDUSTRIAL, 2009). Entre os países com maior produção de ovos a China ocupa o primeiro lugar com 477,91 bilhões de unidades e o Brasil ocupa o sétimo lugar, atrás de países como Estados Unidos, Índia, Japão, Rússia e México.

No Brasil, a produção de ovos foi crescente em todos os meses de 2010 e alcançou 622,499 milhões de dúzias no 3º trimestre de 2010, um aumento de 1,8% em relação ao trimestre anterior e de 4,0% comparado com o mesmo trimestre de 2009. Em 2005 o consumo *per capita* brasileiro foi de 142 unidades de ovos representando pequeno aumento sobre anos anteriores, abaixo de países como o México (375 ovos *per capita*), Japão (347 ovos *per capita*) e os Estados Unidos (258 ovos *per capita*) (IBGE, 2010).

Terra (2001) faz uma observação interessante, ressaltando que o número de poedeiras por habitante tem estreita conotação com consumo. Países como Japão, Estados Unidos, México e França, que mostram alto consumo *per capita*, tem plantel correspondente a uma poedeira por habitante, já o Brasil demonstra relação de 1:3. Verifica-se no Japão, Itália, Grécia, Suíça, Estados Unidos e Países Baixos, grande participação do valor agregado ao produto como o uso de ovos líquido e em pó, o que aumenta o fator de demanda de produtos a base de ovos.

A indústria avícola se caracteriza pela contínua agregação de novas tecnologias, característica que tem feito com que a avicultura alcance os mais destacados índices de produtividade entre os segmentos da pecuária (SALLE; SILVA, 2000). No entanto, esse desenvolvimento não se deve apenas a produtividade, mas também inclui o caráter social, ou seja, fornecer proteína de qualidade e de baixo custo (FURLAN, 2000).

A avicultura de postura, também apresenta-se tecnificada, sendo que a maioria das granjas caminham para automatização completa dos seus processos

de produção (TRINDADE et al., 2007). As gaiolas de arame galvanizado já estão sendo substituídas por gaiolas de plásticos, com as mesmas dimensões. O distanciamento entre os andares de gaiolas e o solo é substituído por esteiras coletoras automatizadas de excretas, possibilitando uma organização vertical das fileiras de gaiolas em maior número por galpão (AUGUSTO, 2007).

A modernização da avicultura promoveu grande aumento da produção de ovos, concomitantemente, ao aumento da quantidade de dejetos, com agravante de serem estes, geralmente, dispostos indiscriminadamente no meio ambiente (STEIL, 2001).

Ao mesmo tempo em que a indústria avícola torna-se exemplo de rápido desenvolvimento, crescem as exigências dos mercados importadores. Medidas de biossegurança, padronizações de processos, programas de bem-estar animal, rastreabilidade, restrições ao impacto ambiental, antimicrobianos e a fontes protéicas de origem animal, já fazem parte da rotina de empresas que desejam atuar e/ou continuar atuando no mercado avícola.

O fato das aves não possuírem bexiga, implica na produção de urina aquosa e excreção de metabólitos sólidos, que são adicionados às fezes como uma mancha branca, composta por ácido úrico. Nas excretas o ácido úrico representa um valor superior a 80% do nitrogênio total dos dejetos, além de ser extremamente insolúvel em água (AUSTIC, 1990; MORENG; EVANS, 1990; apud AUGUSTO, 2007). A presença de nutrientes como nitrogênio e fósforo nos dejetos podem causar a eutrofização de rios, lagos e reservatórios (SHARPLEY; HALVORSON, 1994).

Portanto, é de crucial relevância a pesquisa, aprimoramento e utilização de estratégias, métodos e aditivos que proporcionem um maior aproveitamento dos nutrientes dos alimentos pelos animais, diminuindo a quantidade de substâncias excretadas, que possam se tornar deletérias perante o meio ambiente.

## **1.2 Ácido fítico como fator antinutricional**

Segundo Keshavarz (1999), fósforo fítico é a denominação dada ao fósforo que faz parte da molécula do ácido fítico (hexafosfato de inositol), encontrada nos vegetais. A molécula de fitato é composta por 28,2% de fósforo e apresenta alto

potencial de quelação. Nos grãos está presente fundamentalmente sob forma de fitatos. Para Borges (1997) a função do fitato na semente do vegetal é servir de estoque de fósforo e outros minerais, além da energia, que são liberados pela ação da fitase endógena a medida que ocorre a germinação.

Pelo fato do fitato ser altamente ionizado, este complexa com uma série de cátions (Ca, Fe, Zn, etc...) e grupo amino de alguns aminoácidos essenciais (LÜDKE et al., 2002). Essa característica reforça o conceito dos fitatos como fatores antinutricionais e anti-econômicos, pois diluem os teores dos nutrientes citados. Por tornar parte do cálcio também indisponível para as poedeiras comerciais, o fitato pode causar diminuição da produção e qualidade dos ovos.

Segundo Villavicencio et al. (2000), o ácido fítico por indisponibilizar íons cálcio e magnésio, que são co-fatores necessários para a atuação de outras enzimas, interfere na digestibilidade de outros nutrientes. Segundo mesmo autor, o cálcio, por exemplo, é necessário para a atuação da  $\alpha$ -amilase, da tripsina e da quimotripsina, além disso, o fitato se liga aos resíduos de lisina e arginina das proteínas, interferindo diretamente na atuação da tripsina.

No Brasil, as dietas para suínos e aves são formuladas à base de ingredientes de origem vegetal. Geralmente cereais, que possuem mais da metade do fósforo sob a forma de fitato, com disponibilidade biológica variando entre 18 e 60% (CROMWELL, 1979; CORLEY et al., 1980). Desta forma o fósforo fítico torna-se indisponível para espécies animais não-ruminantes, pois estes não sintetizam a enzima fitase responsável pela hidrólise deste complexo, diferindo-se de espécies ruminantes que possuem a capacidade de sintetizá-la através da microbiota natural do rúmem. O fósforo inorgânico que é proveniente de alimentos de origem animal não está na forma de fitato, sendo totalmente disponível tanto para animais ruminantes quanto aos não-ruminantes, desde que não seja quelado por outros fatores antinutricionais.

Nelson (1967) defende que a capacidade do frango em hidrolizar o fitato e, como resultado utilizar fósforo fítico, aumenta com a idade, sendo limitada em aves jovens.

O ácido fítico em condições naturais nos alimentos tem capacidade de associar-se a cátions ou proteínas devido à carga negativa da molécula. Em pH levemente ácido ou neutro, os seis grupamentos fosfato da molécula de ácido fítico expõem suas 12 cargas negativas. Este fato favorece a complexação direta ou

indireta desta molécula com cátions bivalentes (Ca, Fe, Zn, Mg, Cu), com amido, proteínas e enzimas, podendo alterar a digestibilidade e absorção destes nutrientes, reduzindo a energia metabolizável da ração.

Segundo Lüdke et al. (2002) o fósforo fítico, por ser de baixa disponibilidade para não-ruminantes, juntamente com fósforo inorgânico adicionado às dietas, resultam em altos níveis de minerais excretados nas fezes dos animais. Isso desencadeia alto índice de poluição ambiental em áreas de alta densidade de aves, devido a grande quantidade não apenas de fósforo, mas também de nitrogênio e cálcio excretados.

### 1.3 Uso da enzima exógena fitase

As enzimas exógenas atuam, basicamente, eliminando aspectos antinutricionais dos grãos, aumentando o potencial digestivo da dieta, enriquecendo as enzimas endógenas e reduzindo a poluição ambiental causada pelos nutrientes eliminados pelas fezes/excretas dos animais (GUENTER, 2002). A suplementação com a enzima fitase melhora o aproveitamento do fósforo fítico e outros nutrientes pela hidrólise do fitato, liberando amido, proteínas e lipídeos complexados com fitato (TORRES, 2003).

A enzima fitase é produzida por muitas espécies de bactérias, fungos e leveduras. Em escala comercial é obtida pela recombinação gênica de um número limitado de microorganismos, e o *Aspergillus (níger e ficum)* é um dos mais importantes (COUSINS, 1999).

O uso da fitase disponibiliza o fósforo complexado ao ácido fítico, diminuindo a adição do fósforo inorgânico nas dietas (TEJEDOR et al., 2001). Também melhora a disponibilidade de outros nutrientes, tais como proteína bruta, amido e gordura (CLASSEN, 1993; PETTERSSON; AMAN, 1989; FRIESEN et al., 1991 apud CONTE et al., 2002).

Bioquimicamente a enzima é conhecida como 3-fitase, tendo como nome sistemático mio-inositol hexa-quisfosfato 3-fosfohidrolase; hoje é utilizada em maior escala nas dietas animais. A ação das fitases causa hidrólise do fitato em mioinositol e fósforo inorgânico (FIREMAN; FIREMAN, 1998). Henn (2002), também explica que

a fitase transfere o grupo fosfato do substrato para a enzima e da enzima para a água. O fitato então é hidrolizado, liberando o fósforo inorgânico juntamente com outros nutrientes presos na sua estrutura. A partir deste momento o fósforo está disponível para absorção, configurando o mecanismo de ação da fitase exógena.

Ravindran e Bryden (1997) defendem que a fitase hidrolisa a ligação de fósforo-proteína, remove os efeitos proteolíticos negativos do ácido fítico, aumentando a digestão e absorção de proteínas e aminoácidos, respectivamente.

Costa et al. (2004) citam inúmeros experimentos que tem sido realizados nos últimos anos, demonstrando o efeito das fitases em dietas à base de milho e farelo de soja para poedeiras (VAN DER KLIS et al., 1997; GORDON; ROLAND, 1997; CARLOS; EDWARDS, 1998; PUNN; ROLAND, 1999; SCOTT; KAMPEN; SILVERSIDES, 1999; BOLING et al., 2000). Nesses experimentos, fitases exógenas foram usadas em dietas com níveis variando entre 100 e 600 unidades de fitase (FTU)/kg de ração com níveis de ácido fítico entre 0,10% e 0,50%. Mas a maioria das pesquisas conclui que não há necessidade da utilização de fitase em dietas a base de milho e farelo de soja, sendo que são normalmente utilizadas em dietas à base de cereais como farelo de trigo e arroz.

Bonato et al. (2004) não obtiveram diferença significativa no desempenho e rendimento de carcaça de frangos de corte alimentados com dietas contendo diferentes teores de farelo de arroz integral e suplementadas com complexo enzimático (incluindo fitase).

Araújo et al. (2008) trabalhando com frangos de corte, utilizaram farelo de arroz integral em até 14% e reduziram fósforo inorgânico na formulação da ração com inclusão de fitase, mas não detectaram diferença no desempenho zootécnico das aves.

Vieira et al. (2001) comparando desempenho e qualidade de ovos de poedeiras comerciais da linhagem Hy-line W36 de segundo ciclo, cuja dieta dessas aves continham diferentes teores de farelo de trigo e complexos enzimáticos, não encontraram nenhuma diferença significativa, com exceção do peso do ovo, que melhorou de 62,74 para 64,28g passando a recomendarem o uso de até 9% de farelo de trigo em rações para poedeiras em produção.

Por se tratar de enzima é necessário um manuseio minucioso para com sua incorporação na ração, pois quaisquer intempéries podem inativar ou diminuir a atividade da enzima, por isso, esses resultados podem ser indícios que o modo de

incorporação da enzima na dieta pode não estar sendo seguro para plena efetividade da enzima.

#### **1.4 Fatores que influenciam a atividade das fitases**

De forma geral, as enzimas são sensíveis e instáveis as mudanças físico-químicas do ambiente onde se encontram.

A atividade da fitase é expressa como sendo a quantidade de enzima que hidrolisa 1,0 micromol de fósforo inorgânico por minuto proveniente de 1,5 micromol de fitato de sódio em pH 5,5 e à temperatura de 37°C, em unidade de fitase, FTU (YI et al., 1996).

A eficiência das fitases depende de condições específicas de temperatura, pH e umidade (BÜHLER et al., 1998). Torres (2003) afirma que as fitases mantem estabilidade em pH entre 3-9 e em temperaturas menores que 85°C; e, que variações de pH e temperaturas de peletização, proventrículo e moela, podem diminuir a atividade enzimática.

Fatores relacionados ao animal como fisiologia da espécie, saúde e idade; além de fatores relacionados as dietas como concentração de cálcio, fósforo inorgânico, vitamina D e a forma de processamento dos alimentos, também interferem na atividade das fitases (SEBASTIAN et al., 1998).

Para Mroz e Jongbloed (1998), o pH é um dos fatores de maior relevância na determinação da solubilidade final do fitato e proteína, pois mudanças no pH afetam a dissociação do ácido fítico.

Tipos de substratos, matérias-primas vegetais utilizadas em formulações de dietas, exercem influências sobre a atividade das fitases. Pois, cada enzima é, em algum grau, específica para certo substrato, apresentando estrutura espacial para atuar sobre ele (HENN, 2002). Acamovic e McCleary (1996) enfatizam ainda que seja imprescindível combinar enzima com quantidade correta de substrato.

Tanto o nível de cálcio como o de fósforo disponível na dieta para frangos influenciam a utilização do fósforo fítico (BALLAM et al., 1984). Aves consumindo rações com baixos níveis de fósforo e cálcio possuem maior capacidade para hidrolizar o fitato do que aquelas que receberam níveis altos dos mesmos nutrientes

(DENBOW et al., 1995). Quando apenas o nível de fósforo foi limitante e o nível de cálcio estava adequado, a fitase não foi eficiente em melhorar o desempenho das aves (SEBASTIAN et al., 1997), o que sugere que o nível de cálcio da dieta é o ponto crucial que interfere negativamente na atividade da fitase na mucosa intestinal das aves, cujo provável efeito é representado pela competição direta do cálcio pelos sítios ativos da enzima (WISE, 1983), dificultando a atuação das fitases no ácido fítico do substrato.

As afirmativas acima corroboram com os resultados encontrados por Lei et al. (1994), que ao fornecerem, para leitões desmamados, dietas à base de milho e farelo de soja com níveis baixos (0,4%) e normal (0,8%) de cálcio e suplementadas com fitase (750 e 1200 FTU/kg) derivada do *Aspergillus ficum*, obtiveram efeito depressivo no desempenho dos animais que consumiram dietas com níveis normais de cálcio suplementadas com fitase, comparadas as com baixo nível de cálcio.

De acordo com Quian et al. (1997) há um efeito sinérgico entre fitase e vitamina D no aproveitamento de cálcio e fósforo. O processo de absorção do cálcio é estimulado pela vitamina D, esta aumenta a síntese da proteína transportadora de cálcio – a calbidina, mobilizando o cálcio diretamente do trato digestório para o útero das aves (FARMER et al., 2005), responsável pela formação da casca dos ovos. O processo de absorção do cálcio dietético estimulado na presença da vitamina D inibe a competição direta do cálcio com os sítios ativos da fitase, melhorando a atuação da enzima, pois diminui a exposição da enzima ao cálcio.

### **1.5 Farelo de arroz desengordurado (FAD)**

O mercado mundial de cereais começa a sentir os primeiros impactos esperados pela sua alta demanda devido a produção do biocombustível e pelo aumento da população. Para Cousins (1999), a população atual que é de seis bilhões, nos próximos 20 a 30 anos terá aumentado para oito bilhões, todavia, não só o número de pessoas, mas também o consumo individual de comida irá aumentar.

Com isso, a competição entre humanos e animais por recursos vegetais tem se tornado preocupação para os nutricionistas avícolas. Projeções apontam que, à

curto prazo, haverá séria escassez de alimentos convencionais para animais, em virtude também dos altos preços de produtos como o milho e o farelo de soja. Assim, torna-se imprescindível a utilização de alimentos alternativos na nutrição animal, principalmente os subprodutos agroindustriais, que são ingredientes de baixo custo e encontrados facilmente em certas regiões e em algumas épocas do ano (GRANGEIRO et al., 2001).

O farelo de arroz é um alimento que pode substituir parcialmente o milho na alimentação animal. Tem sua origem do grão de arroz, produzido em mais de 100 países e que constitui-se numa forma de alimento para cerca da metade da população mundial, de modo que na alimentação animal normalmente são utilizados seus subprodutos (FAO, 2004). O farelo de arroz contém, aproximadamente, 13% de proteína bruta (PB) e 4.394 Kcal/kg de energia bruta (ROSTAGNO et al., 2005).

O farelo de arroz integral (FAI) é produto originário do polimento realizado no beneficiamento do grão de arroz sem casca. Consiste no pericarpo e/ou película que cobre o grão, estando presente o gérmen, fragmentos de arroz, pequenas quantidades de casca e quirera.

O farelo de arroz parboilizado origina-se do polimento realizado no beneficiamento do grão parboilizado. Já o farelo de arroz desengordurado (FAD) é subproduto da extração do óleo, contido no farelo de arroz integral ou parboilizado por meio de solvente.

A principal vantagem do FAD é a não rancificação, permitindo que o produto seja armazenado por um período de tempo maior (PIMENTEL; PEIXOTO, 1983). Mas, além disso, é subproduto importante como fonte de energia, proteína, fósforo e outros minerais.

O uso de subprodutos de grãos geralmente é limitante, pois estes normalmente possuem fatores antinutricionais que impedem sua utilização como fontes de nutrientes; como é o caso do FAD. Parte da limitação do uso de FAD em dietas para animais não-ruminantes é em função da presença de polissacarídeos não-amiláceos, que formam um gel no trato intestinal, afetando negativamente a absorção de nutrientes (VIEIRA et al., 2007). Outra preocupação é que apesar de ser rico em fósforo, apenas 20 a 25% deste fósforo é disponível (Pd) para não-ruminantes (WERENKO et al., 1997), o restante se encontra na forma de fitato.

Assada e Kassai (1962) explicam que o alto teor de fósforo contido no farelo de arroz, é devido a maior porção de mio-inositol apresentar-se na forma de esterfosfato na planta, no estágio inicial do amadurecimento do grão. Especificamente 2% da parte externa do grão contém 23 vezes mais ácido fítico que o grão intacto, e a remoção de 13% da superfície do grão resulta em um endosperma sem ácido fítico detectável (LÜDKE et al., 2000).

O fitato diminui não só a disponibilidade de fósforo, mas também forma complexos com outros minerais como Ca, Fe, Zn e Cu, além de possuir efeito negativo sobre a digestibilidade da proteína e utilização da energia, provavelmente devido à inibição de enzimas do aparelho digestivo (ERSIN et al., 2006).

Fireman et al. (1997) indicam pesquisas em que o FAD pode ser incluso em dietas para poedeiras em altos níveis sem afetar a produção, porém um dos fatores limitantes para esta prática é a piora observada na qualidade da casca do ovo. Lemos et al. (2004), estudando diferentes níveis de inclusão de farelo de arroz na dieta para poedeiras comerciais concluíram que o consumo de ração e conversão alimentar pioraram linearmente com o aumento da inclusão do farelo de arroz, atribuindo-se essa piora à fatores antinutricionais.

A solução para amenizar fatores antinutricionais de alimentos alternativos como FAD, barateando as rações para aves está na utilização de enzimas exógenas, como a fitase, que já é realidade no mercado de produção de carne e ovos.

Araújo et al. (2008) estudando a possibilidade de inclusão do farelo de arroz desengordurado em dietas para monogástricos, concluíram que inclusão de no máximo 10,5% desse subproduto na alimentação das poedeiras a partir da 44ª semana, mantendo-se o nível de fósforo total em 0,55%, não afeta a produção de ovos das aves .

Fireman et al. (1999), avaliando os efeitos da inclusão de farelo de arroz desengordurado, com ou sem adição de fitase, sobre qualidade dos ovos de galinhas poedeiras, encontraram piora da gravidade específica da casca dos ovos. Esses autores também relataram influência negativa no aproveitamento dos cátions, como o  $\text{Ca}^{++}$ , e elevação do teor de ácido fítico, o que não ocorreu quando adicionada a enzima fitase às dietas.

## 1.6 Farelo de arroz desengordurado tratado previamente com enzima fitase

Na literatura são encontrados inúmeros trabalhos que tratam sobre a utilização da enzima exógena fitase na alimentação de monogástricos, muitos apresentando resultados satisfatórios, outros demonstrando resultados não significativos. Também são encontrados vários estudos relevantes sobre fatores que influenciam a atividade e efetividade da enzima. Porém, ainda, são escassos os estudos em relação a novos modos de incorporação das enzimas durante o processamento da ração de suínos e aves.

Normalmente, a enzima fitase é adicionada em uma pré-mistura composta por uma pequena porção dos ingredientes da dieta, logo essa pré-mistura é incorporada às demais porções da dieta de modo a realizar-se a mistura final e convencional dos ingredientes, sendo este considerado o método tradicional de incorporação da enzima fitase na alimentação animal.

Mas na piscicultura já se utilizam os mais variados métodos de incorporação da fitase na ração, que pode ser adicionada em ingrediente único antes da mistura, em todos os ingredientes no momento da mistura ou ainda após a ração estar pronta, através da aspersão. Uma das metodologias é descrita por Storebakken et al. (1998), que preconizam a realização do tratamento prévio de um único ingrediente ou da ração com a fitase, em que o ingrediente ou a ração é misturada em água morna (40°C) na proporção 1:3. Nessa mistura, sobre agitação constante, adiciona-se a enzima fitase. A mistura então é mantida em incubação numa temperatura em torno de 40°C, por duas horas. Após esse período, a mistura aquosa é levada para estufa a 70°C até atingir umidade inferior a 12%.

Este tratamento tem como intuito ativar a enzima possibilitando sua atuação previamente, ou seja, em condições específicas de temperatura e pH, evitando que a atividade da enzima sofra influências negativas pelo seu contato natural com a água e até mesmo com o organismo dos peixes.

O método citado possibilita que a fitase atue em apenas um ingrediente da ração, economizando enzima, através de um tratamento prévio que envolva condições específicas de temperatura e pH; além de evitar o contato da enzima com nutrientes que possam diminuir sua atividade como cálcio, fósforo disponível e gordura provenientes, respectivamente, do calcário calcítico, fosfato bicálcico e óleo

vegetal das dietas para monogástricos. Portanto, a vantagem da adição da fitase a um único ingrediente é o maior controle de sua atividade sobre o ingrediente alvo.

Seguindo esse raciocínio e aproveitando um ingrediente rico no substrato para a fitase, farelo de arroz desengordurado, decidiu-se avaliá-lo ao nível de 20% tratado previamente com fitase, comparando-o a outras alternativas de atenuar o fator antinutricional ácido fítico.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo contou com dois experimentos conduzidos nas instalações avícolas de postura do Laboratório de Avicultura do Colégio Politécnico localizado na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

No experimento 1 avaliou-se o efeito dos tratamentos sobre o desempenho zootécnico e qualidade de ovos. No experimento 2 foram estimados os coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta (PB) das dietas (tratamentos) experimentais, através do método de indicadores.

### 2.1 Experimento 1 – Desempenho e qualidade de ovos

#### 2.1.1 Período experimental

O experimento que avaliou o desempenho e qualidade de ovos das aves envolveu três períodos experimentais de 21 dias, tendo início em 08 de outubro e término em 10 de dezembro de 2009. O período pré-experimental foi de 15 dias, com intuito de adaptar as aves às dietas e à rotina experimental.

#### 2.1.2 Instalações

O experimento foi realizado em galpão de postura, composto por quatro fileiras de gaiolas. As aves foram alojadas em 30 gaiolas convencionais de arame galvanizado compostas por quatro celas. O comedouro era do tipo calha (canos de PVC) e bebedouro tipo *nipple*.

### 2.1.3 Animais

Foram utilizadas 120 poedeiras comerciais da linhagem Isa Brown, com 36 semanas de idade. As aves foram balanceadas em relação a produção de ovos e a peso corporal, afim de organizá-las uniformemente nas unidades experimentais.

### 2.1.4 Tratamentos e dietas experimentais

As aves foram submetidas a quatro tratamentos (dietas):

1. **DB**: dieta basal, a base de milho e farelo de soja;
2. **FADFI**: dieta com 20% de farelo de arroz desengordurado (FAD) tratado previamente com 300 FTU de fitase/kg de FAD;
3. **MTFI**: método tradicional de incorporação da enzima fitase na dieta que também continha 20% de FAD, mas sem tratamento prévio com fitase, ou seja, a fitase na quantidade de 300 FTU/kg de ração foi adicionada juntamente com todos os ingredientes da ração;
4. **SEMF**: dieta com 20% de FAD e sem enzima fitase.

Foram utilizadas dietas isonutritivas do tipo Postura I na forma farelada (Tabela 1), formuladas com base nas exigências nutricionais recomendadas para a categoria (ROSTAGNO et al., 2005). O teor de fosfato bicálcico, no tratamento MTFI, foi corrigido levando em consideração o teor de fósforo liberado do fitato com uso da enzima, conforme recomendação da empresa fabricante.

Para o tratamento prévio do FAD com fitase, foi usado como referência teórica o método descrito por Storebakken et al. (1998) adaptado, em que o FAD foi misturado em água morna (40°C) na proporção 1:1. Nessa mistura, sobre agitação constante, adicionou-se 300 FTU de enzima fitase (10000G) por quilo de FAD, sendo mantida em incubação a temperatura de 40°C, por duas horas. Neste momento o pH da mistura foi medido sendo de 5,5. Após esse período, a mistura aquosa foi levada para estufa a 60°C até atingir umidade inferior a 12%, quando amostras do FAD tratado foram enviadas e analisadas em laboratório, a fim de determinar o teor de seus nutrientes para posterior formulação da dieta FADFI.

Para incorporação de 300 FTU de enzima por quilo de dieta no tratamento MTFI, foi realizada uma pré-mistura da enzima com uma porção dos ingredientes de maior proporção da dieta, logo essa pré-mistura foi incorporada às demais porções da dieta de modo a realizar-se a mistura final e convencional dos ingredientes.

O tratamento SEMFI representou o emprego de maiores quantidades de fósforo inorgânico para suprir a indisponibilização de parte do fósforo orgânico dos cereais.

Tabela 1 – Composição percentual e valores calculados das rações experimentais (kg).

Ingredientes	Tratamentos			
	DB <sup>1</sup>	FADFI <sup>2</sup>	MTFI <sup>3</sup>	SEMF <sup>4</sup>
Milho	63,665	44,896	45,121	44,467
Farelo de soja (45%)	23,738	19,464	19,421	19,488
FAD	-	-	20,000	20,000
FAD tratado com fitase <sup>5</sup> (300 FTU/kg)	-	20,000	-	-
Calcário	9,746	10,145	10,341	10,034
Fosfato bicálcico	1,499	0,862	0,559	1,036
Óleo de soja	0,203	3,452	3,377	3,495
Sal comum	0,400	0,400	0,400	0,400
Premix mineral-vitâmico <sup>6</sup>	0,500	0,500	0,500	0,500
DL-metionina (98%)	0,217	0,221	0,221	0,221
L-lisina (97,6%)	0,032	0,060	0,061	0,070
Fitase (300 FTU/kg)	-	-	0,003	-
<b>TOTAL</b>	<b>100,000</b>	<b>100,000</b>	<b>100,003</b>	<b>100,000</b>

  

	Valores Calculados			
Energia Metabolizável Aparente (kcal/kg)	2700	2700	2700	2700
Proteína Bruta (%)	16,000	16,000	16,000	16,000
Cálcio (%)	4,200	4,200	4,200	4,200
Fósforo disponível (%)	0,375	0,375	0,285	0,375
Lisina (%)	0,850	0,850	0,850	0,850
Met-Cis (%)	0,750	0,750	0,750	0,750

<sup>1</sup> Dieta basal.

<sup>2</sup> Dieta com FAD tratado previamente com fitase.

<sup>3</sup> Dieta com fitase e FAD.

<sup>4</sup> Dieta com FAD e sem fitase

<sup>5</sup> FAD tratado com fitase (300 FTU/kg).

<sup>6</sup> Premix vitamínico – kg do produto. vit. A, 40.000.000 UI; vit. D3, 8.000.000 UI; vit. E, 100.000 UI; vit. K3, 6.000,0 mg; vit. B1 6.000,0 mg; vit. B2 20.000,0 mg; vit. B6, 12.000,0 mg; vit. B12, 60.000,0 mg; biotina, 320,0 mg; ácido fólico, 2.800 mg; ácido nicotínico, 120.000,0 mg; ácido pantotênico, 40.000,0 mg; se, 1.000,0 mg.

<sup>6</sup> Premix mineral – kg do produto. Mn, 150.000 mg; Zn, 100.000 mg; Fe, 100.000 mg; Cu, 16.000 mg e I, 1.500 mg.

### 2.1.5 Manejo experimental

Durante total período experimental, a temperatura e umidade relativa do ar (URA) foram monitoradas por meio de termohigrômetros de máxima e mínima, sendo feitas duas leituras diárias de temperatura e umidade (às 8:00 e 17:00 horas). As médias de temperatura registradas no período foram de 18,53°C (mínima) e 26,14°C (máxima) e as porcentagens médias de umidade relativa registradas foram de 51,19% (mínima) e 81,22% (máxima).

O regime de iluminação adotado foi de 17 horas de luz (natural+artificial) por dia. A ração e a água foram fornecidas às aves *ad libitum*.

Os ovos foram coletados das gaiolas duas vezes ao dia (às 8:00 e 17:00 horas), sendo a produção individual por ave devidamente anotada em planilhas.

### 2.1.6 Medidas estimadas e procedimentos experimentais

As medidas de desempenho avaliadas foram taxa de postura, consumo de ração, conversão alimentar por massa e por dúzia de ovos, massa e peso médio de ovos. As medidas qualitativas observadas foram densidade específica dos ovos, pigmentação da gema, peso médio do albúmen, gema e clara e porcentagem de albúmen, gema e clara.

#### 2.1.6.1 Taxa de postura

Para determinar a produção de ovos foi contabilizado diariamente o número de ovos produzidos, posteriormente fez-se a média da produção de ovos por período experimental, por meio das médias semanais acumuladas.

#### 2.1.6.2 Consumo de ração

O consumo de ração foi calculado pela diferença da quantidade de ração fornecida, no início de cada período e as sobras, pesadas ao final dos mesmos.

#### 2.1.6.3 Massa de ovos

A massa de ovos foi determinada semanalmente multiplicando-se o número de ovos produzidos pelo peso médio dos ovos:

$$\text{Massa de ovos (kg)} = \text{N}^{\circ} \text{ de ovos} * \text{Peso do Ovo (kg)}$$

A cada três semanas fez-se a média desse parâmetro originando a massa de ovos por período experimental, assim como em todas as variáveis estudadas.

#### 2.1.6.4 Conversão alimentar por dúzia de ovos e por massa de ovos

A conversão alimentar por dúzia de ovos (kg/dz) e por massa de ovos (kg/kg) foi determinada, periodicamente, através do quociente entre o consumo de ração expresso em quilogramas (kg) e o número de dúzias de ovos produzidas e pela massa de ovos, respectivamente:

$$\text{C.A por dúzia de ovos} = \text{kg de alimento consumido} / \text{n}^{\circ} \text{ de dúzias de ovos}$$

$$\text{C.A por massa de ovos} = \text{kg de alimento consumido} / \text{kg de ovos}$$

#### 2.1.6.5 Peso médio de ovos

No segundo dia de cada semana experimental, o peso médio de ovo de cada unidade experimental foi determinado utilizando-se a produção de ovos total daquele dia. Foi feita uma média dos pesos obtidos semanalmente para chegar-se ao peso médio dos ovos de cada período experimental.

#### 2.1.6.6 Densidade específica dos ovos

Para avaliação da densidade ou gravidade específica dos ovos foi utilizada a produção total de ovos do segundo dia de cada semana experimental. Os ovos eram imersos em sete baldes com diferentes soluções salinas, variando entre 1,070 e 1,100 g/cm<sup>3</sup>, baseado no método de Hamilton (1982). Considerando que os fatores que influenciam a porcentagem de casca devem influenciar a gravidade específica do ovo e o aumento desta variável significará um aumento da espessura e resistência da casca (FIREMAN et al., 1999). A gravidade específica da solução salina a qual cada ovo flutuava primeiro foi considerada a gravidade equivalente daquele ovo. O número de ovos que flutuaram em cada balde foi registrado e a média da gravidade específica de cada unidade experimental e, posteriormente, de cada tratamento foi determinada.

#### 2.1.6.7 Pesos médios e porcentagens de albúmen, gema e casca

Também no segundo dia de cada semana experimental, uma amostra aleatória de três ovos por unidade experimental foi coletada para a obtenção dos pesos médios e porcentagens dos componentes dos ovos, separados manualmente.

#### 2.1.6.8 Pigmentação da gema

Aproveitando a separação dos componentes dos ovos, foi feita estimativa da pigmentação de gema, através do uso do Leque Colorimétrico de Roche, com escala de cores variando entre 1 a 15.

#### 2.1.7 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), com quatro tratamentos e cinco repetições de seis aves. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias que apresentaram diferença significativa ao teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, por meio do pacote estatístico SAS (2009). Primeiramente, as análises estatísticas foram realizadas avaliando os dados coletados das variáveis por período experimental, posteriormente, aplicou-se as análises estatísticas na média dos dados coletados dos três períodos, ou seja, no período experimental total.

### **2.2 Experimento 2 – Coeficientes de digestibilidade aparente da PB**

#### 2.2.1 Período experimental

Para estimar o coeficiente de digestibilidade aparente da PB das dietas realizou-se ensaio de digestibilidade, cujo período experimental foi de cinco dias, tendo início no primeiro dia após o término da coleta de dados do experimento 1.

### 2.2.2 Instalações e animais

Foram utilizadas 72 poedeiras comerciais da linhagem Isa Brown com 45 semanas de idade, provenientes do experimento 1. As aves foram alojadas em gaiolas adaptadas para coleta das amostras de excretas, com sacos plásticos distribuídos na base das gaiolas.

### 2.2.3 Tratamentos e manejo experimental

Os tratamentos que correspondem as diferentes dietas experimentais, equivalem-se aos tratamentos do Experimento 1. As aves continuaram sendo as mesmas por tratamento e por unidade experimental nos dois experimentos.

O manejo geral do lote de aves também foi o mesmo conduzido no Experimento 1.

### 2.2.4 Procedimentos experimentais

Para estimar os coeficientes de digestibilidade aparente da PB dos tratamentos experimentais, foi utilizado o método de indicadores, também conhecido como coleta parcial de excretas, seguindo a metodologia citada e descrita por Sakomura e Rostagno (2007). Segundo os mesmos autores esta metodologia permite através de uma relação de substâncias indigestíveis (indicadores) presentes no alimento e nas excretas, determinar um fator de indigestibilidade. Com este fator é possível estimar a quantidade de excreta que corresponde a quantidade de nutriente presente na dieta que foi digerida pelos animais. Entre algumas das principais vantagens deste método está a não mensuração do total de ração consumida e de excretas produzidas pelas aves, possibilitando coleta somente de amostras de excretas.

O indicador utilizado foi o óxido de cromo (0,5%), devidamente misturado junto a ração em um misturador específico para homogeneização de micronutrientes.

As amostras de excretas foram coletadas durante três dias (a cada seis horas), iniciando no terceiro dia de consumo de ração com óxido de cromo. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e armazenadas em congelador.

#### 2.2.4.1 Preparo das amostras para análises laboratoriais

Para iniciar o processo de análises bromatológicas das excretas, descongelou-se as mesmas em temperatura ambiente. Então, as excretas foram homogeneizadas por repetição, sendo retirada uma amostra que foi levada para estufa de ventilação forçada a 55°C, por 72 horas, a fim de proceder a pré-secagem, para a determinação da amostra seca ao ar, realizada no Laboratório de Nutrição Animal-UFSM (LANA). A seguir as amostras foram moídas para posteriores análises laboratoriais, juntamente com as amostras das rações experimentais, para a determinação dos coeficientes digestibilidade aparente.

#### 2.2.4.2 Determinação da concentração de óxido de cromo das amostras

A digestão da amostra para determinar a concentração de óxido de cromo foi realizada no Laboratório de Piscicultura e as leituras por espectrofotômetro de absorção atômica, foram realizadas no Laboratório de Solos do Departamento de Solos, ambos na UFSM.

Primeiramente, para determinação da concentração de óxido de cromo adicionou-se a solução solubilizadora de cromo, a base de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) e ácido perclórico ( $HClO_4$ ), logo a solução formada (amostra + solução solubilizadora de cromo) foi levada ao bloco digestor promovendo a digestão das amostras, segundo metodologia utilizada por Pedron (2006). Com este extrato estimou-se o

teor de óxido de cromo das amostras, cuja concentração foi determinada em espectrofotômetro de absorção atômica.

#### 2.2.4.3 Determinação da concentração de proteína bruta PB das amostras

As análises da fração PB das amostras de excretas foram realizadas no LANA-UFSM. A determinação da PB procedeu-se através do método de Kjeldahl, em que houve determinação da concentração protéica a partir da concentração de nitrogênio total da amostra, cujo princípio baseia-se na transformação do nitrogênio amoniacal ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) em amônia (NH<sub>3</sub>), a qual é fixada pelo ácido bórico e posteriormente titulada com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> até nova formação de (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, na presença do indicador ácido/base, conforme metodologia descrita por Silva (2002).

#### 2.2.4.4 Estimativas dos coeficientes de digestibilidade aparentes da PB das dietas experimentais

Com os resultados laboratoriais, os valores de digestibilidade aparente da PB foram calculados, conforme Zanella (1998) através das seguintes fórmulas:

$$FI = \frac{\% Cr_2O_3 \text{ d}}{\% Cr_2O_3 \text{ e}}$$

Onde: FI = fator de indigestibilidade;

Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> d = óxido de cromo na dieta;

Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e = óxido de cromo na excreta.

$$CDAPB = \frac{\% PBd - (\% PBe \times FI)}{\% PBd} \times 100$$

Onde: CDAPB = coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta;

PBe = proteína bruta na excreta;

PBd = proteína bruta na dieta.

#### 2.2.5 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), com quatro tratamentos e três repetições de seis aves. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias que apresentaram diferença significativa ao teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, por meio do pacote estatístico SAS (2009).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Experimento 1 – desempenho e qualidade de ovos

##### 3.1.1 Taxa de postura

Os resultados de taxa de postura são apresentados na Tabela 2. Não houve diferença significativa entre os tratamentos para taxa de postura nos períodos I e II, resultado que persistiu na média dos períodos. Porém, no período III, detectou-se maior produção de ovos no tratamento FADFI em relação a SEMFI. O maior teor de ácido fólico da dieta SEMFI no período III pode ter comprometido parte do cálcio e de outros microminerais, inibindo várias enzimas digestivas endógenas como pepsina, amilase e tripsina (RAMOS et al., 2007). Do mesmo modo ocorreu com os resultados de Francesch et al. (2005), que observaram maior taxa de postura em poedeiras alimentadas com rações contendo baixo Pd e suplementadas com fitase.

Já os resultados de taxa de postura na média dos períodos assemelham-se com os de Ceylan et al. (2003) e Boling et al. (2000), que não observaram maior produção de ovos em poedeiras de 20 a 40 semanas de idade (CEYLAN et al., 2003) e 20 a 60 semanas (BOLING et al., 2000) alimentadas com rações com baixo nível de Pd e suplementadas com também 300 FTU de fitase.

Tabela 2 – Resultados de taxa de postura (%) por período (Per.) e na média dos períodos.

Períodos	Tratamentos				CV (%)
	DB <sup>1</sup>	FADFI <sup>2</sup>	MTFI <sup>3</sup>	SEMF <sup>4</sup>	
Per. I	91,264 ± 3,230	92,704 ± 1,304	90,974 ± 1,896	90,046 ± 3,110	2,754
Per. II	93,810 ± 2,134	93,134 ± 1,589	92,164 ± 1,873	92,144 ± 1,992	2,055
Per. III	94,584 <sup>ab</sup> ± 2,537	95,102 <sup>a</sup> ± 1,954	93,938 <sup>ab</sup> ± 2,032	91,308 <sup>b</sup> ± 1,592	2,193
Média	93,219 ± 2,876	93,673 ± 1,884	92,359 ± 2,190	91,466 ± 2,211	2,502

Médias com letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste de Tukey (P<0,05).

<sup>1</sup> Dieta basal sem FAD e sem fitase.

<sup>2</sup> Dieta com FAD tratado previamente com fitase.

<sup>3</sup> Dieta com fitase e FAD.

<sup>4</sup> Dieta com FAD e sem fitase.

### 3.1.2 Consumo de ração

Os resultados de consumo de ração são apresentados na Tabela 3. No período II, as aves do tratamento DB consumiram menos ração ( $P < 0,05$ ) que as dos demais tratamentos.

Na média dos períodos, não observou-se diferença significativa para esta variável, equivalendo-se aos dados encontrados por Costa et al. (2004) e Viana et al. (2009) que não observaram diferença no consumo de poedeiras comerciais, comparando diferentes níveis de fitase com diferentes níveis de Pd.

Tabela 3 – Resultados de consumo de ração (g/ave/dia) por período (Per.) e na média dos períodos.

Períodos	Tratamentos				CV (%)
	DB <sup>1</sup>	FADFI <sup>2</sup>	MTFI <sup>3</sup>	SEMFI <sup>4</sup>	
Per. I	115,698 ± 0,259	114,468 ± 0,674	114,960 ± 0,125	119,301 ± 0,235	2,632
Per. II	117,111 <sup>b</sup> ± 0,537	126,571 <sup>a</sup> ± 0,641	126,301 <sup>a</sup> ± 0,767	125,746 <sup>a</sup> ± 0,389	3,841
Per. III	120,762 ± 0,738	124,619 ± 0,907	125,539 ± 0,265	124,127 ± 0,765	4,563
Média	117,851 ± 0,579	121,889 ± 0,980	122,270 ± 0,805	122,270 ± 0,062	4,961

Médias com letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

<sup>1</sup> Dieta basal sem FAD e sem fitase.

<sup>2</sup> Dieta com FAD tratado previamente com fitase.

<sup>3</sup> Dieta com fitase e FAD.

<sup>4</sup> Dieta com FAD e sem fitase.

### 3.1.3 Massa e peso médio de ovos

Não obteve-se diferença significativa ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos para peso médio e massa de ovos em nenhum dos períodos experimentais, e este resultado persistiu na média dos períodos (Tabela 4).

Os resultados não corroboram com os encontrados por Vieira et al. (2001) e Ersin et al. (2006), em que no primeiro estudo os pesquisadores detectaram ovos mais pesados quando as aves recebiam dietas com alto teor de fitato. Já na referida

pesquisa de Ersin et al. (2006), a massa e a produção de ovos, foi reduzida quando o nível de farelo de arroz aumentou de 0 para 15%, em um estudo dirigido sem a fitase.

Tabela 4 – Resultados de massa de ovos (MO) e peso médio de ovos por período (Per.) e na média dos períodos.

Variáveis/ Períodos	Tratamentos				CV (%)
	DB <sup>1</sup>	FADFI <sup>2</sup>	MTFI <sup>3</sup>	SEMFI <sup>4</sup>	
MO (g/ave/dia)					
Per. I	56,397 ± 0,359	57,833 ± 0,281	57,770 ± 0,159	55,984 ± 0,311	3,998
Per. II	59,428 ± 0,224	60,681 ± 0,291	59,095 ± 0,064	58,428 ± 0,178	2,763
Per. III	61,913 ± 0,231	62,063 ± 0,138	61,389 ± 0,119	59,595 ± 0,455	2,763
Média	59,246 ± 0,391	60,095 ± 0,322	59,413 ± 0,225	58,000 ± 0,367	4,456
Peso de ovo (g)					
Per. I	61,774 ± 1,580	62,701 ± 1,966	63,519 ± 0,991	61,608 ± 1,437	3,508
Per. II	63,340 ± 2,214	64,692 ± 0,986	64,084 ± 2,692	63,398 ± 0,853	2,899
Per. III	65,442 ± 0,358	65,740 ± 1,938	65,360 ± 2,491	65,195 ± 1,673	3,789
Média	63,519 ± 1,827	64,378 ± 2,290	64,321 ± 1,544	63,400 ± 2,531	3,791

Médias com letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste de Tukey (P<0,05).

<sup>1</sup> Dieta basal sem FAD e sem fitase.

<sup>2</sup> Dieta com FAD tratado previamente com fitase.

<sup>3</sup> Dieta com fitase e FAD.

<sup>4</sup> Dieta com FAD e sem fitase.

### 3.1.4 Conversão alimentar por massa e por dúzia de ovos

Na média dos períodos (Tabela 5), para parâmetro conversão alimentar por dúzia de ovos (CA/dz) o tratamento FADFI apresentou-se estatisticamente igual (P>0,05) aos demais tratamentos. Já as aves do tratamento DB apresentaram CA/dz semelhante (P>0,05) a FADFI e MTFI e inferior (P<0,05) às aves do tratamento SEMFI. Observou-se mesmo efeito dos tratamentos sobre a variável conversão alimentar por massa de ovos (CA/MO).

Nos resultados encontrados por Gentilini et al. (2009), comparando dietas com 20% de FAD e dietas com 20% de farelo de arroz integral (FAI) na alimentação de poedeiras, ambas com fitase, a CA/MO foi melhor para as poedeiras alimentadas com FAI, o estudo indicou ainda que, além de disponibilizar uma menor quantidade

de energia metabolizável, o FAD também promoveu menor deposição de gordura corpórea.

Provavelmente os resultados de CA/dz e CA/MO se devem ao nível utilizado de FAD e pelo conteúdo de fibra existente na dieta. Havendo maior conteúdo de fibra na dieta poderá ocorrer formação de complexos com minerais, prejudicando assim, a sua absorção (FERREIRA, 1994). O que difere dos resultados obtidos pelos outros tratamentos que incluíram também 20% de FAD, pode ter sido a ausência de fitase na dieta, cuja atuação libera além do fósforo do fitato outros minerais e nutrientes, enfatizando que na dieta SEMFI o nível de ácido fítico é superior ao das demais dietas.

Tabela 5 – Resultados de conversão alimentar por dúzia (kg/dz) e por massa ovos (kg/kg) por período (Per.) e na média dos períodos.

Variáveis/ Períodos	Tratamentos				CV (%)
	DB <sup>1</sup>	FADFI <sup>2</sup>	MTFI <sup>3</sup>	SEMF <sup>4</sup>	
CA (kg/dz)					
Per. I	1,522 ± 0,057	1,490 ± 0,089	1,518 ± 0,044	1,576 ± 0,075	4,472
Per. II	1,499 <sup>b</sup> ± 0,063	1,628 <sup>ab</sup> ± 0,080	1,644 <sup>a</sup> ± 0,090	1,637 <sup>a</sup> ± 0,050	4,526
Per. III	1,533 ± 0,100	1,585 ± 0,109	1,604 ± 0,052	1,628 ± 0,051	5,195
Média	1,518 <sup>b</sup> ± 0,072	1,568 <sup>ab</sup> ± 0,105	1,588 <sup>ab</sup> ± 0,081	1,614 <sup>a</sup> ± 0,0618	5,190
CA (kg/kg)					
Per. I	2,056 ± 0,098	1,983 ± 0,147	1,991 ± 0,054	2,134 ± 0,084	4,563
Per. II	1,972 ± 0,088	2,099 ± 0,137	2,138 ± 0,117	2,154 ± 0,088	5,246
Per. III	1,953 ± 0,130	2,008 ± 0,115	2,046 ± 0,056	2,089 ± 0,158	5,968
Média	1,993 <sup>b</sup> ± 0,109	2,030 <sup>ab</sup> ± 0,134	2,058 <sup>ab</sup> ± 0,098	2,125 <sup>a</sup> ± 0,110	5,541

Médias com letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste de Tukey (P<0,05).

<sup>1</sup> Dieta basal sem FAD e sem fitase.

<sup>2</sup> Dieta com FAD tratado previamente com fitase.

<sup>3</sup> Dieta com fitase e FAD.

<sup>4</sup> Dieta com FAD e sem fitase.

### 3.1.5 Pesos médios e porcentagens de albúmen, gema e casca

Não observou-se diferença significativa (P>0,05) entre os tratamentos, na análise estatística por período e no período total do experimento, para as variáveis porcentagem de albúmen, gema e casca (Tabela 6). Entretanto, constatou-se

diferença significativa ( $P < 0,05$ ) no peso de albúmen no período II, em que o peso médio de albúmen foi inferior no tratamento SEMFI em relação aos tratamentos FADFI e MTFI, sendo que este resultado foi constante na média dos períodos. Esse efeito pode ser consequência do melhor aproveitamento do FAD quando na dieta era adicionada fitase. Pois, esta auxilia na liberação de proteínas (MANZKE et al., 2009). Leeson e Summers (2005) afirmam que há correlação positiva entre peso de clara e peso de ovos, o que aconteceu no estudo em questão.

Não houve diferença significativa para as médias de peso de gema entre os tratamentos ( $P > 0,05$ ), de modo que os nutrientes necessários para a formação da gema, incluindo fósforo, foram totalmente disponibilizados às aves, através da dieta, independente da fonte (fósforo inorgânico, extração por meio da fitase com ou sem método de incorporação diferenciado). Costa et al. (2004) e Viana et al. (2009) também não obtiveram diferença significativa para peso de gema em seus estudos.

Para variável peso de casca, a dieta sem fitase (SEMF) obteve a pior média de peso de casca ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos, no estudo do período total do experimento. O resultado na análise de peso médio de casca concorda com estudos de Viana et al. (2009). No seu estudo observou que dietas com baixo Pd afetavam a qualidade da casca dos ovos, gerando maior quantidade de ovos quebrados e com casca mole. Lim et al. (2003) verificaram que a suplementação de 300 FTU de fitase/kg de ração determinou melhora na qualidade externa dos ovos, trabalhando com poedeiras da 21<sup>a</sup> a 41<sup>a</sup> semanas de idade.

Semelhante ao que acontece no processo de moenda do trigo, quando o rompimento das paredes celulares libera ácido fítico, o qual atua como ligante de cátions bivalentes como o Ca e o P, indisponibilizando aproximadamente dois terços desses nutrientes em ingredientes de origem vegetal (HELSEBY et al., 2000), pode ter ocorrido com o FAD. Possivelmente houve interação entre o maior nível de ácido fítico e o mineral cálcio, piorando a qualidade da casca dos ovos no tratamento composto por 20% de FAD e sem fitase na dieta.

Tabela 6 - Resultados de peso e porcentagens dos componentes dos ovos por período (Per.) e na média dos períodos.

Variáveis/ Períodos	Tratamentos				CV(%)
	DB	FADFI	MTFI	SEMFI	
<b>Peso de albúmen (g)</b>					
Per. I	27,955 ± 0,004	28,800 ± 0,005	28,822 ± 0,004	26,777 ± 0,007	5,810
Per. II	28,178 <sup>ab</sup> ± 0,002	29,244 <sup>a</sup> ± 0,002	29,467 <sup>a</sup> ± 0,002	26,511 <sup>b</sup> ± 0,005	3,597
Per. III	29,033 ± 0,001	29,233 ± 0,002	28,867 ± 0,002	28,400 ± 0,008	4,802
Média	28,389 <sup>ab</sup> ± 0,003	29,093 <sup>a</sup> ± 0,003	29,052 <sup>a</sup> ± 0,003	27,230 <sup>b</sup> ± 0,007	4,830
<b>Peso de gema (g)</b>					
Per. I	9,930 ± 0,002	9,93 ± 0,001	10,444 ± 0,002	9,489 ± 0,002	6,165
Per. II	10,311 ± 0,001	10,267 ± 0,002	10,222 ± 0,001	10,000 ± 0,002	5,080
Per. III	10,933 ± 0,002	10,800 ± 0,002	10,700 ± 0,001	10,467 ± 0,002	5,321
Média	10,393 ± 0,002	10,333 ± 0,002	10,456 ± 0,002	9,985 ± 0,003	6,220
<b>Peso de casca (g)</b>					
Per. I	5,244 <sup>a</sup> ± 0,0001	5,333 <sup>a</sup> ± 0,001	5,156 <sup>ab</sup> ± 0,001	4,844 <sup>b</sup> ± 0,001	3,938
Per. II	5,289 <sup>ab</sup> ± 0,001	5,556 <sup>a</sup> ± 0,001	5,422 <sup>ab</sup> ± 0,001	5,022 <sup>b</sup> ± 0,001	4,574
Per. III	5,267 ± 0,0003	5,167 ± 0,002	5,167 ± 0,001	5,033 ± 0,001	6,948
Média	5,267 <sup>a</sup> ± 0,0004	5,352 <sup>a</sup> ± 0,001	5,352 <sup>a</sup> ± 0,001	4,967 <sup>b</sup> ± 0,001	5,373
<b>% de albúmen</b>					
Per. I	64,805 ± 2,014	65,318 ± 1,532	64,859 ± 1,519	65,102 ± 1,407	2,514
Per. II	64,338 ± 1,365	64,877 ± 1,387	65,314 ± 0,751	63,733 ± 1,454	1,970
Per. III	64,179 ± 0,905	64,674 ± 1,584	64,534 ± 1,314	64,46 ± 3,062	2,947
Média	64,441 ± 1,414	64,956 ± 1,419	64,902 ± 1,193	64,432 ± 2,046	2,398
<b>% de gema</b>					
Per. I	23,026 ± 1,808	22,588 ± 1,234	23,541 ± 1,308	23,079 ± 1,108	6,028
Per. II	23,572 ± 1,278	22,779 ± 1,341	22,664 ± 0,604	24,133 ± 1,352	5,092
Per. III	24,169 ± 1,103	23,897 ± 0,863	23,95 ± 0,743	23,997 ± 2,302	5,823
Média	23,589 ± 1,408	23,088 ± 1,232	23,385 ± 1,029	23,736 ± 1,619	5,714
<b>% de casca</b>					
Per. I	12,169 ± 0,271	12,094 ± 0,435	11,60 ± 0,295	11,819 ± 0,632	3,631
Per. II	12,090 ± 0,544	12,344 ± 0,283	12,022 ± 0,373	12,134 ± 0,838	4,542
Per. III	11,652 ± 0,343	11,429 ± 1,245	11,517 ± 0,646	11,543 ± 0,806	7,167
Média	11,970 ± 0,441	11,956 ± 0,824	11,713 ± 0,486	11,832 ± 0,750	5,449

Médias com letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste de Tukey (P<0,05).

<sup>1</sup> Dieta basal sem FAD e sem fitase.

<sup>2</sup> Dieta com FAD tratado previamente com fitase.

<sup>3</sup> Dieta com fitase e FAD.

<sup>4</sup> Dieta com FAD e sem fitase.

### 3.1.6 Densidade específica de ovos

Em relação a densidade específica dos ovos no período I, detectou-se diferença significativa somente entre o tratamento DB (1,092g/cm<sup>3</sup>) e o tratamento que possuía 20% de FAD e não continha fitase (1,088g/cm<sup>3</sup>). Mas esse resultado não se repetiu nos períodos II e III, nem mesmo na média dos três períodos, nos quais não observou-se diferença significativa entre os tratamentos (Tabela7).

Tabela 7 – Resultados de densidade específica de ovos (g/cm<sup>3</sup>) por período e na média dos períodos.

Períodos	Tratamentos				CV(%)
	DB <sup>1</sup>	FADFI <sup>2</sup>	MTF <sup>3</sup>	SEMFI <sup>4</sup>	
Período I	1,092 <sup>a</sup> ± 0,002	1,091 <sup>ab</sup> ± 0,002	1,090 <sup>ab</sup> ± 0,002	1,088 <sup>b</sup> ± 0,002	0,192
Período II	1,090 ± 0,001	1,090 ± 0,004	1,090 ± 0,002	1,089 ± 0,001	0,190
Período III	1,088 ± 0,001	1,085 ± 0,004	1,085 ± 0,002	1,085 ± 0,004	0,273
Média	1,090 ± 0,002	1,089 ± 0,004	1,088 ± 0,003	1,087 ± 0,003	0,294

Médias com letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste de Tukey (P<0,05).

<sup>1</sup> Dieta basal sem FAD e sem fitase.

<sup>2</sup> Dieta com FAD tratado previamente com fitase.

<sup>3</sup> Dieta com fitase e FAD.

<sup>4</sup> Dieta com FAD e sem fitase.

O resultado concorda em parte com o estudo de Fireman et al. (1999), cujas aves que eram alimentadas com dietas contendo FAD, com baixo Pd, produziram ovos com pior qualidade de casca. No entanto a adição de fitase na dieta total foi suficiente (300 FTU/kg), para corrigir a qualidade da casca destes ovos, igualando-a à daqueles produzidos por aves que consumiram dietas a base de milho e farelo de soja.

### 3.1.7 Pigmentação de gema

Já, analisando o parâmetro que auxilia na qualidade comercial dos ovos, coloração de gema, os resultados obtidos nos períodos I e III (Tabela 8), consistiram

em que o tratamento basal, composto basicamente por milho e farelo de soja, apresentou diferença significativa ( $P < 0,05$ ) e obteve a coloração de gema mais intensa sobre os demais tratamentos, que continham 20% de farelo de arroz desengordurado e não apresentaram diferenças significativas ( $P > 0,05$ ). Esse resultado persistiu no estudo estatístico das médias dos períodos.

Tabela 8 – Resultados de coloração de gema por período (Per.) e na média dos períodos.

Períodos	Tratamentos				CV (%)
	DB <sup>1</sup>	FADFI <sup>2</sup>	MTF <sup>3</sup>	SEMFI <sup>4</sup>	
CG					
Per. I	8,133 <sup>a</sup> ± 0,298	7,333 <sup>b</sup> ± 0,279	7,267 <sup>b</sup> ± 0,236	7,200 <sup>b</sup> ± 0,183	3,378
Per. II	7,800 ± 0,506	7,200 ± 0,183	7,467 ± 0,298	7,333 ± 0,333	4,693
Per. III	8,000 <sup>a</sup> ± 0,0001	7,500 <sup>b</sup> ± 0,0001	7,400 <sup>b</sup> ± 0,224	7,400 <sup>b</sup> ± 0,224	2,087
Média	7,978 <sup>a</sup> ± 0,344	7,322 <sup>b</sup> ± 0,222	7,400 <sup>b</sup> ± 0,242	7,311 <sup>b</sup> ± 0,251	3,587

Médias com letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

<sup>1</sup> Dieta basal sem FAD e sem fitase.

<sup>2</sup> Dieta com FAD tratado previamente com fitase.

<sup>3</sup> Dieta com fitase e FAD.

<sup>4</sup> Dieta com FAD e sem fitase.

Isso é explicado pelo fato do FAD, que substituiu parte do milho nos tratamentos FADFI, MTFI e SEMFI, ser um ingrediente pobre em xantofilas, pigmentos naturais que conferem coloração alaranjada na gema, ao contrário do milho que é a principal fonte de xantofilas entre os ingredientes de rações para aves. Pois, para Oliveira et al. (2007) a intensidade da cor das gemas, decorrente de xantofilas, principalmente luteína e zeaxantina, é dependente dos níveis de inclusão do milho nas rações.

### 3.2 Experimento 2 – Coeficiente de digestibilidade aparente da PB

O tratamento FADFI, que envolveu o tratamento prévio do FAD com fitase, obteve o maior ( $P < 0,05$ ) coeficiente de digestibilidade aparente da PB em relação aos demais tratamentos, os quais não diferiram estatisticamente (Tabela 9).

Tabela 09 – Resultados dos coeficientes de digestibilidade aparente da PB das dietas experimentais.

Variável observada	Tratamentos				CV (%)
	DB <sup>1</sup>	FADFI <sup>2</sup>	MTFI <sup>3</sup>	SEMFI <sup>4</sup>	
CDA PB (%)	75,268 <sup>b</sup> ± 1,998	80,176 <sup>a</sup> ± 1,318	75,629 <sup>b</sup> ± 0,816	72,771 <sup>b</sup> ± 0,762	1,833

Médias com letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste de Tukey (P<0,05).

<sup>1</sup> Dieta basal sem FAD e sem fitase.

<sup>2</sup> Dieta com FAD tratado previamente com fitase.

<sup>3</sup> Dieta com fitase e FAD.

<sup>4</sup> Dieta com FAD e sem fitase.

Este resultado é atribuído as condições diferenciadas oferecidas à fitase no tratamento FADFI, principalmente evitando sua exposição a nutrientes como o cálcio. Isso favoreceu a atividade da fitase, tendo como consequência uma maior hidrólise do fitato do FAD evitando, assim, que o fitato pudesse se ligar a enzimas digestivas e diminuir a atividade de proteases endógenas, como a tripsina e a quimiotripsina do trato gastrointestinal, logo melhorando o aproveitamento da proteína.

Tejedor et al. (2001) avaliaram o efeito da enzima fitase sobre a disponibilidade de nutrientes de dietas fornecidas a frangos de corte, baseadas em milho e farelo de soja, com diferentes teores de cálcio e fósforo e concluíram que o alto teor de cálcio em relação ao fósforo (relação Ca:P - 2,4:1) nas dietas com níveis de Ca e P baixos prejudicou o efeito da fitase.

Sebastian et al. (1996) e Quian et al. (1997) observaram resultados semelhantes utilizando diferentes relações Ca e Pd em dietas para pintos de corte. Portanto, a relação Ca:Pd é, provavelmente, fator limitante, na redução da atividade da fitase. Também trabalhando com frangos de corte na fase inicial de produção, Camden et al. (2001) concluíram que a adição de fitase em rações com teores reduzidos de Pd e Ca melhorou a retenção de nitrogênio e fósforo, reduzindo a excreção destes minerais.

Acredita-se que a interação entre ácido fítico e proteínas é também dependente do pH, pois em baixo pH, o ácido fítico forma uma ligação eletrostática com aminoácidos básicos como arginina, lisina e histidina formando complexos insolúveis (SANTOS, 2005).

Nahashon et al. (1994) observaram que o uso de fitase em dietas de poedeiras com 0,25% de Pd promoveu aumento de 25% na retenção de nitrogênio em relação ao tratamento controle, evidenciando a eficácia da enzima fitase em hidrolisar a ligação entre o ácido fítico e a proteína. Por outro lado, Snow et al. (2003), avaliando o efeito da enzima fitase na digestibilidade de aminoácidos em poedeiras alimentadas com três diferentes dietas, observaram que o efeito significativo sobre a digestibilidade ileal de aminoácidos dependeu do tipo da dieta e não da suplementação de 300 FTU de fitase/kg de ração.

O tratamento prévio do FAD com fitase melhora a disponibilidade da PB, verificada pelo menor coeficiente de digestibilidade da dieta FADFI, possibilitando a redução do nível de PB desta dieta. Esta observação concorda com Zanella et al. (1999), pois estes defendem que dietas suplementadas com fitase e níveis reduzidos de minerais, proteína e/ou aminoácidos e energia possibilitam mesmo desempenho que uma dieta com níveis nutricionais convencionais.

### **3.3 Discussão Geral**

O ácido fítico além de se ligar com minerais tem a habilidade de se ligar à proteína levando a um decréscimo da sua solubilidade, e conseqüentemente, redução na disponibilidade, com maior excreção de nitrogênio no meio ambiente, lembrando que o nitrogênio juntamente com o fósforo são considerados os principais elementos poluidores presentes nas excretas (LIGEIRO, 2007).

O fósforo e o nitrogênio são nutrientes essenciais em vários processos metabólicos dos animais; contudo, os movimentos ambientalistas tem forçado a redução destes nutrientes poluentes, que podem ser excretados em maior ou menor quantidade, dependendo da manipulação das fórmulas das dietas e das enzimas adicionadas (TEJEDOR et al., 2001).

A qualidade do modo de produção, além de estar ligada a fatores como higiene, sanidade, manejo e bem estar animal, leva em consideração também o modo de produção sustentável. Neste contexto e relacionando-o aos ganhos nutricionais e econômicos como o aumento do coeficiente de digestibilidade da PB, observados através da proposta do uso de farelo de arroz desengordurado tratado

previamente com fitase, consegue-se a minimização da excreção de nitrogênio, logo, menor poluição. O excesso de minerais liberados no solo torna as águas subterrâneas, dos rios e lagos vulneráveis aos processos de eutrofização e nitrificação, provocando diminuição da quantidade de oxigênio existente nessas águas (COSTA et al., 2004).

Evitando a exposição da enzima fitase as fontes de cálcio, fósforo disponível e as condições de temperatura e pH desfavoráveis, originou-se os resultados positivos de desempenho, qualidade de ovos das aves do tratamento FADFI, apesar de ambos não apresentarem diferença significativa ao tratamento MTFI; e do coeficiente de digestibilidade aparente da PB, maior no FADFI em relação aos outros tratamentos ( $P < 0,05$ ). Nesse sentido os resultados também concordam com a teoria de Sandberg et al. (1993), em que altas concentrações de cálcio na dieta aumentam o pH do conteúdo intestinal podendo diminuir a atividade da fitase.

O tratamento que envolveu a dieta com 20% de FAD e a não adição de fitase (SEMFI), obteve os piores resultados na maioria dos parâmetros analisados, embora nem todos estatisticamente significativos. Resultado este, que pode ser atribuído ao nível de 20% de FAD utilizado e, como conseqüência, pelo maior conteúdo de fibra existente na dieta, aumentando a velocidade da taxa de passagem do alimento no trato gastrointestinal reduzindo a absorção de nutrientes (LÜDKE et al., 2002). Isso sendo agravado pela ausência da fitase, pois FAD é ingrediente com alto teor de fósforo total de baixa disponibilidade, portanto rico em ácido fítico. Pois além de possuir propriedade de complexar com fósforo e vários outros minerais, esse fator também indisponibiliza parte da proteína e energia.

Como não foi encontrada diferença significativa ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos para porcentagem de casca, conclui-se que o uso de FAD com fitase, independente do modo de incorporação da fitase na dieta, aumenta peso da casca de ovos, alcançando os resultados da dieta basal.

A literatura a respeito de diferentes métodos de incorporação da enzima fitase em rações é muito escassa, necessitando de maiores investigações para garantir o potencial econômico da utilização desta enzima.

## 4 CONCLUSÕES

O uso concomitante de fitase e 20% de FAD, independentemente da metodologia de incorporação da fitase (FADFI e MTFI), é indicado em dietas para poedeiras comerciais Isa Brown, entre a 36<sup>a</sup> e 45<sup>a</sup> semanas de idade, pois não prejudica as medidas observadas, equivalendo-se a dieta basal.

O tratamento prévio de 20% de FAD com fitase possibilitou melhor aproveitamento da proteína bruta.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACAMOVIC, T.; McCLEARY, B. Enzima especial série-A: otimização da resposta. **Feed Mix**, v.4, p.14-19, 1996.

ALIMENTAÇÃO ANIMAL. A qualidade da casca do ovo. **Revista Alimentação Animal**, São Paulo, n.16. Set./Dez., 1999.

ARAÚJO, D. M. et al. Farelo de trigo e complexo enzimático na alimentação de poedeiras semi-pesadas na fase de produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.5, Viçosa, Mai., 2008.

ASSADA, K.; KASAI, Z. Formation of myo-inositol and phytin in ripening rice grains. **Plant and Cell and Physiology**, v.3, n.1, p.28-45, 1962.

AUGUSTO, K.V.Z. **Caracterização quantitativa dos resíduos em sistema de produção de ovos: compostagem e biodigestão aeróbica**. 2007. 131f. Dissertação (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.

AVICULTURA INDUSTRIAL. **O potencial da fitase na nutrição animal**. Revista Avicultura Industrial, São Paulo, 04 dez. 2007. Disponível em: <<http://www.aviculturaindustrial.com.br/.../o-potencial-da-fitase-na-nutricao-animal>>. Acesso em 26 fev. 2010.

AVICULTURA INDUSTRIAL. **Ovos**. Revista Avicultura Industrial, São Paulo, 09 mar. 2009. Disponível em: <[http://aviculturaindustrial.com/PortalGessulli/WebSite/Noticias/uniquimica-participa-do-vii-congresso-de-producao-comercializacao-e-consumo-de-ovos,38702,20081118090935\\_B\\_868.aspx](http://aviculturaindustrial.com/PortalGessulli/WebSite/Noticias/uniquimica-participa-do-vii-congresso-de-producao-comercializacao-e-consumo-de-ovos,38702,20081118090935_B_868.aspx)>. Acesso em de jan. 2011.

BALLAM. G.C. et al. Effect of fiber and phytate source and of calcium and phosphorus level on phytate hydrolysis in the chick. **Poultry Science**, v.63, p.333-338, 1984.

BESS, F. et al. Efeito da adição de fitase sobre a percentagem de postura e densidade de ovos em matrizes de corte. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, supl.8, p.106, 2006.

BOLING, S.D. et al. The effects of dietary available phosphorus levels and phytase on performance of young and older laying hens. **Poultry Science**, v.79, n.2, p.224-230, 2000.

BONATO, L.B. et al. Efeito de Diferentes Níveis de Inclusão de Farelo de Arroz Integral para Frangos de Corte. **Revista Ciência Rural**, v.34, n.2, Santa Maria, Mar/Abr., 2004.

BORGES, F.M.O. Utilização de enzimas em dietas avícolas. Cadernos Técnicos da Escola de Medicina Veterinária da UFMG, v.20, n.35, p.5-30, 1997.

BORRMANN, M.S.L. **Efeitos da adição de fitase, com diferentes níveis de fósforo disponível, em rações de poedeiras de segundo ciclo.** 1999. 74f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.

BÜHLER, M. et al. Las enzimas en la nutrición animal. 1ªed. **Bonn: Awt**, p.47, 1998.

CAMDEN, B.J. et al. Effectiveness of exogenous microbial phytase in improving the bioavailabilities of phosphorus and other nutrients in maize-soya-bean meal diets for broilers. **Animal Science**, v.73, n.2, p.289-297, 2001.

CARLOS, A.B.; EDWARDS, H.M. The effects of 1,25-dihydroxycholecalciferol and phytase on the natural phytate phosphorus utilization by laying hens. **Poultry Science**, v.77, n.6, p.850-858, 1998.

CEYLAN, N. et al. High available phosphorus corn and phytase in layer diets. **Poultry Science**, v.82, p.789-795, 2003.

CONTE, A.J. et al. Efeito da fitase e xilanase sobre a energia metabolizável do farelo de arroz integral em frangos de corte. **Ciência Agrotécnica**, Lavras. v.26, n.6, p.1289-1296. nov./dez., 2002.

COSTA, F. et al. Níveis de fósforo disponível e de fitase na dieta de poedeiras de ovos de casca marrom. **Ciência Animal Brasileira**. Goiânia, v.5, n.2, p.73-81, abr./jun. 2004.

CORLEY, J.R. et al. Biological availability of phosphorus in rice bran and wheat bran as affected by pelleting. **Journal of Animal Science**, v.2, n.50, p.286-292, 1980.

COUSINS, B. Enzimas na nutrição de aves, Kingsville, Texas, 1999. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL ACAV – EMBRAPA SOBRE NUTRIÇÃO DE AVES, 1., 1999, Concórdia, SC. **Anais...** EMBRAPA: Concórdia, v.1. p.118–132, 1999.

CROMWELL, G.L. Availability of phosphorus in feedstuffs for swine. **Proceedings Distillers Feed Conference**, v.34, n.40, p.40-50, 1979.

CROMWELL, G.L.; COFFEY, R.D. Phosphorus - A key essential nutrient, yet a possible major pollutant - its central role in animal nutrition. In: ALLTECH'S ANNUAL SYMPOSIUM OF BIOTECHNOLOGY IN THE FEED INDUSTRY, 7., 1991, Nicholasville. **Proceedings...** Nicholasville: Alltech Technical Publications, p.133-145, 1991.

DENBOW, D.M. et al. Improving phosphorus availability in soybean meal for broilers by supplemental phytase. **Poultry Science**, v.74, p.1831-1842, 1995.

ERSIN, H.S. et al. Using rice bran in diets of laying hens. **Journal of Central European Agriculture**. Turquia, v.7, n.1, p.135-140, 2006.

FAO- Agriculture Data, Agricultural Production, Crops Primary, 2004. Disponível em: < <http://apps.fao.org>>. Acesso em 19 dez. 2009.

FARMER, M.; ROLAND, S.R; CLARCK, A.J. Influence of dietary calcium on bone calcium utilization. **Poultry Science**, v.84, p.337-344, 2005.

FERREIRA, W.M. Os componentes da parede celular vegetal na nutrição de não-ruminantes. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE NÃO-RUMINANTES DA REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31., 1994, Maringá. **Anais...** Maringá: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1994. p.85-113, 1994.

FIREMAN, A.K.B.A; FIREMAN, F.A.T. Fitase na alimentação de poedeiras. **Revista Ciência Rural**, v.28, n.3, Santa Maria, Jul./Set., 1998.

FIREMAN, F.A.T. et al. Utilização de farelo de arroz com ou sem fonte pigmentante na dieta de poedeiras, Juiz de Fora, MG, 1997. **Anais...** REUNIÃO ANUAL SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, 1997, Juiz de Fora. p.33, 1997.

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

FRANCESCH, M. et al. Effects of an experimental phytase on performance, egg quality, tibia ash content and phosphorus bioavailability in laying hens fed on maize- or barley-based diets. **British Poultry Science**, v.46, n.3, p.340-348, 2005.

FURLAN, R. L. Anamnese, Diagnóstico Clínico e Anatopatológico. In: JUNIOR, A.B., MACARI, M. **Doença das Aves**. Campinas: FACTA – Fundação Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2000. Cap.2.1 p.13-28.

GENTILINI, L.S.N., et al. Utilização de farelo de arroz desengordurado e farelo de arroz integral na dieta de poedeiras comerciais: desempenho. In: AMOSTRA CIENTÍFICA, 1; ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 11, 2009, Pelotas, RS. **Anais...** Universidade Federal de Pelotas.. Disponível em: <[http://www.ufpel.edu.br/cic/2009/cd/pdf/CA/CA\\_01481.pdf](http://www.ufpel.edu.br/cic/2009/cd/pdf/CA/CA_01481.pdf)>. Acesso em 26 fev. 2010.

GORDON, R.W.; ROLAND, D.A. Performance of commercial laying hens fed various phosphorus levels with and without supplemental phytase. **Poultry Science**, v.76, p.1172-1177, 1997.

GRANGEIRO, M.G.A. et al. Inclusão da levedura de cana-de-açúcar (*Saccharomyces cerevisiae*) em dietas para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.3, p.766-773, 2001.

GUENTER. W. Pratical experience with the use of enzymes. **Winnipeg: University of Manitoba**, 2002. Acessado em 12 nov. 2009. Online. Disponível em: <<http://www.idrc.ca/books/focus/821/chpt.html>>.

HALMILTON, R.M.G. Methods and factors that affect the measurement of egg shell quality. **Poultry Science**, v.61, p.2022, 1982.

HELSEBY, N.A. et al. Antimutagenic effects of wheat bran diet through modification of xenobiotic metabolising enzymes. **Mutation Research**, v.454, p.77-88, 2000.

HENN, J.D. Aditivos enzimáticos em dietas de suínos e aves. Porto Alegre: UFRGS, 2002. **Seminário** apresentado na Disciplina de Bioquímica do Tecido Animal. Disponível em: <[http://www.ufrgs.br/bioquimica/posgrad/BTA/aditiv\\_enzimas.pdf](http://www.ufrgs.br/bioquimica/posgrad/BTA/aditiv_enzimas.pdf)>. Acesso em 10 dez. 2009.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Site. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/producaoagropecuaria/abate-leite-couro-ovos\\_201003comentarios.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/producaoagropecuaria/abate-leite-couro-ovos_201003comentarios.pdf)>. Acesso em 15 jan. 2011.

KESHAVARZ, K. Por que es necesario emplear la fitasa en la dieta de las ponedoras? **Revista Industria Avicola**, v.46, n.10, p.13-14, Out., 1999.

LEI, X.G.; KU, P.K.; MILLER, E.R. et al. Calcium level affects the efficacy of supplementation microbial phytase in corn-soybean meal diets weanling pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.72, n.1, p. 139-143, Jan. 1994.

LEMOS, I.T.P. Utilização do farelo de arroz integral em níveis crescentes na dieta para poedeiras na fase de produção. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2004, Campo Grande, MS. **Anais...** Campo Grande, MS, 2004.

LESSON, S.; SUMMERS, J.D. **Commercial Poultry Nutrition**. III Edition University Books, p.406, 2005.

LIGEIRO, E.C. **Efeito da utilização da fitase sobre o desempenho, qualidade dos ovos, avaliação econômica e excreção de fósforo e nitrogênio de poedeiras comerciais alimentadas com rações contendo ingredientes alternativos**. 2007. 81f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2007.

LIM, H.S. et al. Effects of phytase supplementation on the performance, egg quality, and phosphorous excretion of laying hens fed different levels of dietary calcium and nonphytate phosphorous. **Poultry Science**, v.82, n.1-2, p.92-99, 2003.

LÜDKE, M.C.M. et al. Efeito da fitase em dietas com ou sem fosfato inorgânico para suínos em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n.2, Viçosa, Mar./Abr., 2000.

LÜDKE, M.C.M.M. et al. Utilização da fitase em dieta com ou sem farelo de arroz desengordurado para suínos em crescimento/terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 5, p. 2002-2010, 2002.

MANZKE, N.E. et al. Complexo enzimático e de farelo de arroz desengordurado na dieta de poedeiras comerciais sobre qualidade de ovos. In: AMOSTRA CIENTÍFICA, 1; ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 11, 2009, Pelotas, RS. **Anais...** Universidade Federal de Pelotas.. Disponível em:

<[http://www.ufpel.edu.br/cic/2009/cd/pdf/CA/CA\\_01480.pdf](http://www.ufpel.edu.br/cic/2009/cd/pdf/CA/CA_01480.pdf)>. Acesso em 26 fev. 2010.

MROZ, Z.; JONGBLOED, A.W. The influence of phytase on the availability of protein and energy in swine. In: BASF TECHNICAL SYMPOSIUM, 1998, Raleigh, North caroline. Caroline swine nutrition conference. Durham: Basf, 1998. p. 65-88.

NAHASHON, S.N.; NAKAUE, H.S. MIROSH, L.W. Phytase activity phosphorus and calcium retention, and performance of single comb White Leghorn layers fed diets containing two levels of available phosphorus and supplemented with direct-feed microbials. **Poultry Science**, Champaign, v.73, n.10, p.1552-1562, 1994.

NELSON, T.S. The utilization of phytate phosphorus by poultry – a review. **Poultry Science**, Champaign, v.46, p.862-871, 1967.

PEDRON, F.A. **Fibra na alimentação do jundiá (*Rhandia quelen*)**. 2006. 65f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

PIMENTEL, M.A.; PEIXOTO, R.R. Desaleitamento precoce de terneiros. II – Valor do farelo de arroz em rações. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.12, n.4, p.654-666, 1983.

PUNN, S.; ROLAND, D.A. Influence of supplemental microbial phytase on first cycle laying hens fed phosphorus-deficient diets from day one of age. **Poultry Science**, v.78, p.1407-1411, 1999.

QUIAN, H. et al. Adverse effects of wide calcium:phosphorus ratios on supplemental phytase. Efficacy for weaning pigs fed two dietary phosphorus levels. **Journal of Animal Science**, v.74, n.6, p.1288-1297, 1997.

OLIVEIRA, N.T.E. de et al. Pigmentação de gemas de codornas japonesas alimentadas com rações contendo colorífico. **Revista Ciência Agrotécnica**, Lavras, v.31, n.5, p.1525-1531, set./out., 2007.

RAMOS, L.S.N. et al. Utilização de enzima exógena fitase em dietas de frangos de corte. **Revista Científica Produção Animal**, v.9, n.1, 2007.

RAVINDRAN, V. et al. Influence of microbial phytase on apparent ileal amino acid digestibility of feedstuffs for broilers. **Poultry Science**, v.78, n.5, p.699-706, 1999.

RAVINDRAN, V.; BRYDEN, W.L. Influence of dietary phytic acid and available phosphorus levels on the response of broilers to supplemental Natuphus. In: SHORT COURSE ON FEED TECHNOLOGY, 7, 1997, Ansong. Korea: Korea Society of Animal Nutrition and Feedstuffs, 1997. p. 1-56.

ROSTAGNO, H.S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais.** Viçosa, MG: UFV, Departamento de Zootecnia, 2005. 186p

SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos.** Jaboticabal: Funep, 2007, p.67.

SALLE, C.T.P.; SILVA, A.B. Prevenção de Doenças/Manejo Profilático/Monitoração. In: JUNIOR, A.B., MACARI, M. **Doença das Aves.** Campinas: FACTA – Fundação Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2000. Cap.1. p.3-12.

SANDBERG, A.S. et al. High dietary calcium level decreases colonic phytate degradation in pigs fed a rapeseed diet. **Journal of Nutrition**, v.123, n.1, p.559-566, 1993.

SANTOS, F.R. **Efeito da suplementação com fitase sobre o desempenho e digestibilidade de nutrientes para frangos de corte.** 2005. 99f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2005.

SAS, Statistical Analysis System. **User'guide: Stat Version.** Ed. Cary: SAS Institute, USA, 2009.

SCOTT, T.A.; KAMPEN, R.; SILVERSIDES, F.G. The effect of phosphorus, phytase enzyme and calcium on the performance of layers fed corn-based diets. **Poultry Science**, v.78, p.1742-1749, 1999.

SEBASTIAN, S. et al. The effects of supplemental microbial phytase on the performance and utilization of dietary calcium, phosphorus, copper and zinc in broiler chickens fed corn-soybean diets. **Poultry Science**, v.75, n.6, p.729-736, 1996.

SEBASTIAN, S.; TOUCHBURN, S.P.; CHAVEZ, E.R. Apparent digestibility of protein and amino acids in broiler chickens fed a corn-soybean diet supplemented with microbial phytase. **Poultry Science**, v.76, p.1760-1769, 1997.

SEBASTIAN, S. et al. Implications of phytic acid and supplemental microbial phytase em poultry nutrition: a review. **World's Poultry Science**, v.54, n.1, p.27-47, 1998.

SHARPLEY, A.N.; HALVORSON, A.D. The management of soil phosphorus availability and its impact on surface water quality. **Advance Soil Science**, p.7-90, 1994.

SILVA, D.J. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa: UFV, 2002. 235p.

SNOW, J. L.; DOUGLAS, M. W.; PARSONS, C. M. Phytase Effects on Amino Acid Digestibility in Molted Laying Hens. **Poultry Science**, Champaign, v. 82, n.7, p.474–477, 2003.

STEIL, L. **Avaliação do uso de inóculos na biodigestão anaeróbia de resíduos de aves de postura, frangos de corte e suínos**. 2001. 109f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2001.

STOREBAKKEN, T. et al. Availability of protein, phosphorous and others elements in fish meal, soy-protein concentrate and phytase-treated soy-protein-concentrate-based diets to Atlantic salmon, *Salmo salar*. **Aquaculture**. v.161, p.365-379, 1998.

TEJEDOR, A.A.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S. et al. Efeito da adição da enzima fitase sobre o desempenho e a digestibilidade ileal de nutrientes. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.30, n.3, p.802-808, 2001.

TERRA, C. **Uso de aditivos na alimentação animal. 2001**. Disponível em: <<http://www.agronline.com.br/artigos/artigo.php?id=17>>. Acesso em 28 de março de 2009.

TORRES, D.M. **Valor nutricional de farelos de arroz suplementados com fitase, determinado por diferentes metodologias com aves**. 2003. 172f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

TRINDADE, J.L. et al. Qualidade do ovo de galinhas poedeiras criadas em galpões no semi-árido pernambucano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.6, p.652-657, 2007.

VAN DER KLIS, J.D. et al. The efficacy of phytase in corn-soybean meal-based diets for laying hens. **Poultry Science**, v.76, p.1535-1542, 1997.

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

VIEIRA, R.S.A. et al. Desempenho e qualidade de ovos de poedeiras comerciais de segundo ciclo alimentadas com rações contendo fitase. **Ciência Agrotécnica**, v. 25, n.6, p.1413-1422, Lavras, Nov./Dez., 2001.

VIEIRA, A.R. et al. Efeitos de diferentes níveis de inclusão de farelo de arroz em dietas suplementadas com fitase para frangos de corte. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**. Maringá, v.29, n.3, p.267-275, 2007.

VILLAVINCENCIO, A.L.C.H. et al. Effect of irradiation on anti-nutrients (total phenolics, tannins and phytate) in Brazilian beans. **Radiation Physics and Chemistry**, v.57, p.289-293, 2000.

WEREMKO, D. et al. Bioavailability of phosphorus in feeds of plant origin for pigs - **Review Asian-Australian Journal Animal Science**, v.10, p.551, 1997.

WISE, A. Dietary factors determining the biological activities of phytase. **Nutrition Abstract and Review**, 53:791-806, 1983.

YI, Z. et al. Effect of microbial phytase on nitrogen and amino acid digestibility and nitrogen retention of turkey poultry fed corn-soybean meal diets. **Poultry Science**, v.75, n.8, p.979-990, 1996.

ZANELLA, I. **Efeito da suplementação de enzimas em dietas a base de milho e sojas processadas sobre a digestibilidade e desempenho de frangos de corte**. 1998. 179p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, 1998.

ZANELLA, I. et al. Effect of enzyme supplementation of broiler diets based on corn and soybeans. **Poultry Science**, v.78, p.561-568, 1999.