



**UDESC**

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC  
CENTRO DE EDUCAÇÃO SUPERIOR DO OESTE – UDESC/OESTE  
PROGRAMA DE PÓS - GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**DIGESTIBILIDADE DE CÁLCIO E DE FÓSFORO  
DE FONTES INORGÂNICAS PARA GALINHAS  
POEDEIRAS**

**CARINA SORDI**

CHAPECÓ, 2019

**CARINA SORDI**

**DIGESTIBILIDADE DE CÁLCIO E DE FÓSFORO DE FONTES  
INORGÂNICAS PARA GALINHAS POEDEIRAS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração Ciência e Produção Animal, da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), como requisito parcial para obtenção de grau de **Mestre em Zootecnia.**

**Orientador: Fernando de Castro Tavernari**

Co-orientador: Marcel Manente Boiago

Chapecó, SC, Brasil  
2019

**Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da  
Biblioteca Setorial do CEO/UEDESC,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

Sordi, Carina  
DIGESTIBILIDADE DE CÁLCIO E DE FÓSFORO DE  
FONTES INORGÂNICAS PARA GALINHAS POEDEIRAS /  
Carina Sordi. -- 2019.  
70 p.

Orientador: Fernando De Castro Tavernari  
Coorientador: Marcel Manente Boiago  
Dissertação (mestrado) -- Universidade do Estado de Santa  
Catarina, Centro de Educação Superior do Oeste, Programa de  
Pós-Graduação em Zootecnia, Chapecó, 2019.

1. Cálcio. 2. Fósforo. 3. Digestibilidade. 4. Poedeiras. I.  
Tavernari, Fernando De Castro . II. Manente Boiago, Marcel. III.  
Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Educação  
Superior do Oeste, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. IV.  
Titulo.

Universidade do Estado de Santa Catarina  
UDESC Oeste  
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia

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

### DIGESTIBILIDADE DE CÁLCIO E DE FÓSFORO DE FONTES INORGÂNICAS PARA GALINHAS POEDEIRAS

Dissertação apresentada ao curso de Pós-graduação em Zootecnia, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Zootecnia, da Universidade do Estado de Santa Catarina.

Banca examinadora:

Orientador:



Dr. Fernando de Castro Tavernari  
(UDESC/ EMBRAPA)

Membros:



Dr. Aleksandro Schaffer da Silva  
(UDESC)



Dr. Luiz Fernando Teixeira Albino  
(UFV)

Chapecó, 28 de fevereiro de 2019.

## AGRADECIMENTOS

À Deus pelo presente da vida.

Aos meus pais, Adilson e Marizete, pelo amparo nos momentos difíceis, pelo amor, educação, incentivo e por serem meu porto seguro. Obrigada por tudo. Amo vocês.

À minha família, por compartilharem esta experiência com alegria e coragem, por toda força e calma de sempre, em especial a minha prima, Janete, por todo apoio e alegria transmitidos, minha companheira da vida. Nono Santo, minha luz, sei que está feliz ai de cima. Obrigada. Amo vocês.

As amigas Suelen e Jéssica que sempre incentivaram, mandaram boas energias e compreenderam os momentos de ausência. Amo vocês. Obrigada.

Ao meu orientador, Fernando de Castro Tavernari, pela oportunidade, ensinamentos e amizade durante estes anos de trabalho. Obrigada.

Ao meu co - orientador, Marcel Manente Boiago, pelos ensinamentos, compreensão e auxílio. Obrigada.

Aos funcionários da Granja Experimental de Aves, Fábrica de Rações e do Laboratório Físico Químico da Embrapa Suínos e Aves por todo esforço, dedicação e colaboração para com a realização das atividades. Vocês são fundamentais para o trabalho.

Aos estagiários e bolsistas, e agora amigos, sempre dispostos a colaborar com as atividades e tornar os meus dias muito mais felizes: Fernanda, Maiara, Vanessa, Anna e Natacha. Serei eternamente grata. Obrigada por todo apoio, alegria, por serem minhas confidentes dos medos e aflições e, principalmente, pelas incansáveis risadas.

Aos colegas de sala por dividirem sempre as alegrias e aflições, sem dúvida vocês fizeram toda a diferença nesta fase. Obrigada por todo o apoio e carinho transmitidos.

Aos colegas de mestrado: Géssica, Emerson, Ana Caroline, queridos amigos que ganhei como presente. Vocês foram essenciais para que eu seguisse a diante. Obrigada.

À Embrapa Suínos e Aves, pela possibilidade da realização dos experimentos e disponibilidade da estrutura.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos durante o período de mestrado.

E por fim, a todos que de alguma forma contribuíram para a realização desta importante etapa da minha vida.

## RESUMO

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia  
Universidade do Estado de Santa Catarina

# DIGESTIBILIDADE DE CÁLCIO E DE FÓSFORO DE FONTES INORGÂNICAS PARA GALINHAS POEDEIRAS

AUTOR: Carina Sordi

ORIENTADOR: Fernando de Castro Tavernari  
Chapecó, 28 de fevereiro de 2019

A fim de determinar a digestibilidade de cálcio (Ca) e de fósforo (P) de alimentos para galinhas poedeiras foram realizados ensaios de metabolismo na EMBRAPA Suínos e Aves. No estudo 1, composto por dois experimentos, objetivou-se determinar a digestibilidade de Ca e de P de fosfatos e de calcários. No primeiro experimento, foram utilizadas 144 poedeiras leves, com 33 semanas de idade, distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado (DIC), com seis tratamentos e oito repetições, com três aves cada. Os tratamentos foram T1: perda endógena (ração isenta de Ca e de P para determinar as perdas endógenas pelo animal); T2: ração basal (RB); T3: RB + fosfato bicálcico (FB); T4: RB + calcário Furquim (C.); T5: RB + calcário Santa Helena fino (CSHF) e T6: RB + calcário Santa Helena grosso (CSHG). O ensaio teve duração de oito dias: quatro para adaptação e quatro para coleta total de excretas. Os coeficientes de digestibilidade verdadeira (Dverd.) do Ca para FB, CF, CSHF e CSHG para poedeiras as 33 semanas são: 84,80%, 68,60%, 64,30% e 43,10%, respectivamente, e o coeficiente de Dverd do P para o FB foi de 40,00%. Para o segundo experimento, foram utilizadas 192 poedeiras leves, com 52 semanas de idade, distribuídas em DIC, com oito tratamentos e oito repetições, com três aves cada. Os tratamentos consistiram de T1: perda endógena (ração isenta de Ca e de P para determinar as perdas endógenas pelo animal); T2: RB; T3: RB + fosfato bicálcico 18% (FB 18%); T4: RB + fosfato bicálcico 19% (FB 19%); T5: RB + fosfato bicálcico 20% (FB 20%); T6: RB + CF; T7: RB + CSHF e T8: RB + CSHG. O ensaio teve duração de oito dias: quatro para adaptação e quatro para coleta total de excretas. A Dverd. do Ca para FB 18%, FB 19%, FB 20%, CF, CSHF e CSHG foi: 76,00%; 68,00%; 69,30%; 50,40%; 56,50% e 14,00%, respectivamente. Já para o estudo 2, objetivou-se determinar o coeficiente de Dverd. do P de fosfatos a partir de dois ensaios. Para o primeiro experimento utilizou-se 120 poedeiras leves, com 52 semanas, distribuídas em um DIC, cinco tratamentos e oito repetições, de três aves cada. Os tratamentos foram: T1: perda endógena (ração isenta de Ca e de P para determinar as perdas endógenas pelo animal); T2: RB; T3: RB + FB 18%; T4: RB + FB 19%; T5: RB + FB 20%. O experimento teve duração de oito dias: quatro para adaptação e quatro para coleta de excretas, efetuada pelo método de coleta total. Os coeficientes de Dverd. do P para FB 18%, FB 19% e FB 20% são: 22,79%; 33,74%; 34,38%, respectivamente. Para o segundo experimento foram utilizadas 96 poedeiras leves, com 57 semanas de idade, distribuídas em DIC, com quatro tratamentos e oito repetições, com três aves cada. Os tratamentos consistiram de T1: RB; T2: RB + FB 18%; T3: RB + FB 19%; T4: RB + FB 20%. O experimento teve duração de oito dias: quatro para adaptação e quatro para coleta total de excretas. O coeficiente de Dverd. do P para FB 18%, FB 19% e FB 20% foram: 33,30%, 23,529% e 1,96%, respectivamente.

**Palavras-chave:** Cálcio. Fósforo. Digestibilidade. Poedeiras.

## ABSTRACT

Master's Dissertation  
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia  
Universidade do Estado de Santa Catarina

# DIGESTIBILITY OF CALCIUM AND PHOSPHORUS OF INORGANIC SOURCES FOR LAYING HENS

AUTHOR: Carina Sordi  
ADVISER: Fernando de Castro Tavernari  
Chapecó, February 28 2019

In order to determine the digestibility of calcium (Ca) and phosphorus (P) of feed for laying hens, metabolism assays were performed in the EMBRAPA Swine and Poultry. In the study 1, composed of two experiments, the objective was to determine the Ca and P digestibility of phosphates and limestones. In the first trial, 144 lightweight 33-week-old laying hens were distributed in a completely randomized design (CRD), six treatments and eight replicates, with three chickens each. The treatments were T1: endogenous loss; T2: basal ration (RB); T3: RB + Dicalcium Phosphate; T4: RB + Furquim Limestone (LS Furq.); T5: RB + Santa Helena Fine Limestone (LS S.H. Fine) and T6: RB + Santa Helena Coarse Limestone (LS S.H. Coarse). The trial lasted eight days: four for adaptation and four for excreta collection, performed by the total collection method. The true digestibility coefficients (Dverd.) Of Ca for Dicalcium Phosphate, LS Furq., LS S.H. Fine and LS S.H. Coarse for laying hens at 33 weeks are: 84.80%, 68.60%, 64.30% and 43.10%, respectively. And the Dverd coefficient of P for the Dicalcium Phosphate was 40.00%. For the second experiment, 192 lightweight laying hens were used, with 52 weeks of age, distributed in CRD, with eight treatments and eight replications, with three chickens each. The treatments consisted of T1: endogenous loss; T2: RB; T3: RB + Fosfóforo 18% (Fosc 18%); T4: RB + Fosfóforo 19% (Fosc 19%); T5: RB + 20% Fosfóforo (Fosc 20%); T6: RB + LS Furq.; T7: RB + LS S.H. Fine and T8: RB + LS S. H. Coarse. The trial lasted nine days: four for adaptation and five for total collection of excreta. To Dverd. from Ca to Fosc. 18%, Fosc. 19%, Fosc. 20%, LS Furq., LS S.H. Fine and LS S.H. Coarse was: 76.00%; 68.00%; 69.30%; 50.40%; 56.50% and 14.00%, respectively. For study 2, the objective was to determine the coefficient of Dverd. of phosphate P from two runs. For the first one, 120 lightweight laying hens were used, with 52 weeks, distributed in a CRD, five treatments and eight replicates, of three chickens each. The treatments were: T1: endogenous loss; T2: RB; T3: RB + Fosc. 18%; T4: RB + Fosc. 19%; T5: RB + Fosc. 20%. The trial had a duration of nine days: four for adaptation and five for total collection of excreta, performed by the total collection method. The coefficients of Dverd. from P to Fosc. 18%, Fosc. 19% and Fosc. 20% are: 22.79%; 33.74%; 34.38%, respectively. For the second test, 96 lightweight laying hens, 57 weeks old, distributed in DIC were used, with four treatments and eight replicates, with three chickens each. The treatments consisted of T1: RB; T2: RB + Fosc. 18%; T3: RB + Fosc. 19%; T4: RB + Fosc. 20%. The trial lasted eight days: four for adaptation and four for total collection of excreta. The Dverd. from P to Fosc. 18%, Fosc. 19% and Fosc. 20% were: 33.30%, 23.529% and 1.96%, respectively.

**Keywords:** Calcium. Phosphor. Digestibility. Hens.



## SUMÁRIO

<b>1. CAPÍTULO I.....</b>	<b>8</b>
<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>8</b>
AVICULTURA DE POSTURA E A IMPORTÂNCIA DOS MINERAIS PARA AVES .....	8
TRANSPORTE E ABSORÇÃO DE CÁLCIO .....	9
TRANSPORTE E ABSORÇÃO DE FÓSFORO .....	10
HOMEOSTASE DE CÁLCIO E FÓSFORO.....	11
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS INGREDIENTES QUE INFLUENCIAM NA DIGESTIBILIDADE DOS MINERAIS.....	13
FORMULAÇÃO PELA BASE TOTAL <i>VERSUS</i> BASE DIGESTÍVEL.....	14
METODOLOGIAS PARA AVALIAR A DIGESTIBILIDADE DE ALIMENTOS .....	16
<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>17</b>
Objetivo geral .....	17
Objetivos específicos .....	17
<b>2. CAPÍTULO II.....</b>	<b>18</b>
<b>MANUSCRITOS .....</b>	<b>18</b>
<b>MANUSCRITO I .....</b>	<b>19</b>
<b>Digestibilidade de cálcio de fontes inorgânicas para galinhas poedeiras leves .....</b>	<b>20</b>
Introdução .....	21
Material e métodos .....	23
Resultados .....	26
Discussão .....	27
Conclusão .....	32
Agradecimentos .....	32
Referências .....	32
<b>MANUSCRITO II .....</b>	<b>44</b>
<b>Digestibilidade de fontes inorgânicas de fósforo para galinhas poedeiras leves.....</b>	<b>45</b>
Introdução .....	46
Material e métodos .....	47
Resultados .....	50
Discussão .....	51
Conclusão .....	53
Agradecimentos .....	54
Referências .....	54
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>63</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>64</b>
<b>CARTA DE APROVAÇÃO DO CEUA.....</b>	<b>70</b>

## 1. CAPÍTULO I

### REVISÃO DE LITERATURA

#### AVICULTURA DE POSTURA E A IMPORTÂNCIA DOS MINERAIS PARA AVES

A avicultura de postura é um setor que tem apresentado elevada taxa de crescimento. O Brasil é o oitavo maior produtor mundial de ovos (AMARAL et al., 2016), com produção nacional, no ano de 2017, de aproximadamente 3,3 bilhões de dúzias, deste montante 99,74% permaneceu no mercado interno (ABPA, 2017), com consumo per capita de 198 unidades, 50 unidades a mais comparada ao ano de 2010, quando foram consumidas 148 ovos/ habitante (ABPA, 2017) e é o terceiro setor que mais consome rações (SINDIRAÇÕES, 2016).

Os custos com a alimentação animal representam cerca de 70% do total de despesas da produção (CIAS, 2018). Neste contexto, os minerais cálcio (Ca) e fósforo (P) são considerados elementos essenciais para uma boa nutrição de aves de postura, pois estão envolvidos em quase todas as vias metabólicas do organismo animal, com atividades importantes na reprodução, no crescimento, no metabolismo energético, entre outras funções fisiológicas vitais, não só para manutenção da vida, como também para o aumento da produtividade do animal (BERTECHINI, 2006), além de serem fundamentais para a formação óssea e qualidade das cascas dos ovos (NUNES et al., 2006).

O Ca é o mineral de maior abundância no organismo das aves, e é considerado um dos íons mais importantes do sistema ósseo, atua na regulação de funções celulares dos tecidos nervoso e muscular, na coagulação sanguínea, nas atividades hormonais, na reprodução e na formação do ovo (MAIORKA et al., 2002).

O P também é um elemento importante para os animais, participa do metabolismo de energia, na manutenção do equilíbrio ácido básico, na formação de fosfolipídios das membranas celulares (SUTTLE, 2010), influencia o apetite e a eficiência alimentar (RUNHO et al., 2001), além de estar altamente relacionado com a produção e a qualidade dos ovos. No entanto, o P requer atenção especial, não apenas por sua importância no metabolismo animal, mas também com relação à fatores econômicos, uma vez que é indicado como o terceiro nutriente de maior custo nas rações para monogástricos, ficando atrás somente das fontes de energia e de proteína (ALVARENGA et al., 2008).

Atualmente tem-se preocupado com o uso do Ca nas rações, principalmente por sua exigência ser expressa em Ca total e também devido ao baixo custo do calcário (uma das principais formas de atender a exigência de Ca na dieta) a sua adição às rações é efetuada de forma excessiva (CRUZ, 2009). Este excesso pode dificultar a absorção de outros minerais, tais como: fósforo (P), magnésio (Mg), manganês (Mn), zinco (Zn), sódio (Na), potássio (K), entre outros, pela formação de quelatos insolúveis (ANDERSON et al., 1995). De acordo com Stein et al. (2011), a quantidade de Ca presente na dieta tem influência sob a digestibilidade do P.

### **TRANSPORTE E ABSORÇÃO DE CÁLCIO**

A absorção de Ca pelo epitélio intestinal pode acontecer a partir de dois mecanismos; o transporte ativo, também chamado de transcelular ou transporte passivo, conhecido como paracelular (HOENDEROP et al., 2005)

O transporte ativo de Ca, é regulado pela entrada de Ca no organismo, requer energia metabólica, dependente de vitamina D e ocorre principalmente no duodeno e jejuno proximal, e com baixa incidência no jejuno distal e íleo, uma vez que nestes segmentos do intestino há ausência de sistemas carreadores específicos dependentes de dihidroxicolecalciferol e pH adequado (HOENDEROP et al., 2005). Quando há baixo consumo de Ca na ração, a absorção de Ca iônico acontece especialmente por transporte ativo (BRONNER, 2003).

O transporte ativo abrange três etapas: a primeira trata-se da entrada pela membrana em borda em escova do enterócito; já na segunda há a movimentação transcelular e a terceira e última compreende a saída através da membrana basolateral. Essa movimentação é assegurada devido à estrutura celular: a membrana com borda de escova localizada na superfície luminal da célula ajuda a entrada do Ca para o enterócito e a membrana basolateral facilita a saída do Ca através da porção basolateral da célula (MACARI et al, 2002).

A entrada do Ca na célula ocorre pelo gradiente químico pelos canais de Ca que estão na membrana plasmática. A difusão do Ca e o movimento através da membrana pelo pólo basolateral da célula duodenal, é a taxa que limita este passo (BRONNER, 1986). Quando na borda em escova o Ca liga-se ao calbindin D9K (proteína de ligação ao Ca presente na parte interna da membrana plasmática), que o leva para o interior da célula. Esta ligação é necessária para a manutenção do Ca em solução, por ser pouco solúvel em meio aquoso. Para isso, ainda é importante para a absorção a vitamina D, já que a mesma realiza a biossíntese de calbindin D9K (PANSU, 1999).

Já o transporte passivo de Ca, é a passagem de Ca iônico pelo epitélio, sem gastos de energia, mas que depende de um gradiente de concentração. Apresenta-se como a principal forma de absorção de Ca, ocorrendo ao longo de todo o intestino grosso (ADEDOKUM & ADEOLA, 2013), especialmente no jejuno e parte proximal do íleo, através das junções firmes, que são espaços intercelulares entre as camadas de células individuais que formam o epitélio (HOENDEROP et al., 2005). Quando uma dieta possui alto nível ou concentração adequada de Ca solúvel, há uma rápida absorção no intestino através desta via em função do gradiente eletroquímico favorável (BRONNER, 1998), o que resulta na elevação do Ca iônico no sangue e, por conseguinte, a inibição do apetite (LOBAUGH et al., 1981).

Além do gradiente de concentração favorável, o transporte passivo sofre influência de fatores como: tempo de permanência da digesta no lúmen intestinal, solubilidade do mineral no intestino e pH ideal. O Ca iônico das fontes inorgânicas, carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e calcário, pode ser rapidamente solubilizado pelo meio ácido do estômago (KLASING, 1998). A concentração de Ca no sangue e nos tecidos deve ser mantida constante, no entanto ocorre um intercâmbio contínuo entre o Ca do plasma sanguíneo e dos ossos, portanto, o Ca dietético absorvido seria responsável pelo aumento na concentração desse íon na corrente sanguínea se não fosse a rápida deposição mineral no tecido ósseo (JUNQUEIRA & CARNEIRO, 2004).

## **TRANSPORTE E ABSORÇÃO DE FÓSFORO**

Referindo-se a transporte de P, do mesmo modo que o Ca, ele pode ocorrer por processo ativo ou passivo. A principal forma de absorção dos fosfatos na região proximal do intestino delgado pela membrana intestinal é por transporte ativo (AUMAN, 2003), processo este com gasto de energia, estimulado pela vitamina D e dependente de sódio (Na) (transporte ativo secundário), de modo similar ao que ocorre com o Ca (MACARI et al., 2002). A absorção de P pode ocorrer por todo o intestino delgado, mas de maneira mais expressiva no duodeno, em função do seu pH aumentar a solubilidade e conseqüentemente a absorção (MACARI et al., 2002).

Para que ocorra o transporte passivo é indispensável um gradiente de concentração favorável, proporcionado pelas cargas dos íons. Este processo pode ser facilitado através de carreadores entre as membranas basolaterais. Quando chega à membrana basolateral, o grupamento fosfato move-se passivamente por concentração ou gradiente eletroquímico, da célula para o sangue (AUMAN, 2003).

A absorção de P pelos animais monogástricos sofre influência de diversos fatores. Processos fisiológicos regulam a homeostase do P no organismo, fazendo uso de mecanismos que abrangem absorção intestinal e excreção renal. Quando há baixa ingestão de P, aumenta a reabsorção de P pelos rins, reduzindo a excreção, como forma de garantir a homeostase (BREVES & SCHOROEDER, 2001).

Além disso, a relação Ca:P na dieta parece agir sobre o processo de absorção do P. Outro fator de grande relevância na absorção é a disponibilidade do elemento no lúmen intestinal. A presença de íons de ferro (Fe), magnésio (Mg), alumínio (Al) e Ca, que proporcionam a formação de sais pouco solúveis tem capacidade para reduzir essa disponibilidade (MACARI et al., 2002).

Existe uma relação funcional estreita entre o Ca, Mg e o P. Analisando a ação do P, separadamente, não se pode deixar de considerar sua inter-relação com o Ca e o Mg, pois o desequilíbrio de um deles conduz automaticamente ao desbalanço dos outros. No processo de absorção do P existe a necessidade de um equilíbrio entre os íons Ca e P no trato intestinal, para que se processe a absorção normal, equilíbrio chamado de relação Ca:P, que situa-se entre 2:1 ou 1:2 (ANDRIGUETO et al., 2002).

## **HOMEOSTASE DE CÁLCIO E DE FÓSFORO**

Os níveis de Ca e de P adicionados às dietas são fatores críticos para absorção e aproveitamento pós-absorção de ambos os minerais (ADEDOKUN & ADEOLA, 2013), considerando que a função nutricional do Ca está relacionada à do P, pela interação que ocorre entre eles (JARDIM FILHO et al., 2005). Alguns hormônios controlam este processo: calcitonina, paratormônio (PTH) e a vitamina D (BREVES & SCHOROEDER, 2001).

O nível sanguíneo de Ca e de P é regulado pelo efeito integrado da calcitonina, PTH e a forma ativa da vitamina D, a 1,25 dihidroxicolecalciferol (1,25- (OH) 2D) no trato gastrointestinal e rins e tamponado por elevadas quantidades de Ca de reserva, especialmente no osso. Aproximadamente metade do Ca plasmático está na forma de Ca livre ionizado, que é fisiologicamente ativo nos tecidos alvo, em torno de 15% está associado a ânions de baixo peso molecular, como citratos e fosfatos e 40% está na forma não ionizada, ligados reversivelmente a proteínas plasmáticas (EATON & POOLER, 2006).

O PTH é o hormônio responsável por manter os níveis de Ca no plasma, e é liberado quando estes se reduzem, devido à baixa ingestão e promove, desta forma, aumento na liberação de Ca e P

presentes no osso medular. Além disso, o PTH ativa a vitamina D<sub>3</sub>, estimula a reabsorção de P e Ca pelos túbulos renais e contribui para o aumento no número de transportadores de Ca e P no intestino. Contudo, em situações de baixos níveis de Ca na dieta ocorre a liberação do PTH, aumentando a absorção de Ca pelo intestino (CHENG et al., 2004).

A calcitonina influencia a homeostase do P quando há baixos níveis deste no sangue (hipofosfatemia) onde a relação Ca:P pode estar aumentada. Assim, em quadros de hipofosfatemia, a calcitonina é liberada pelas paratireoides, omitindo a ação do PTH, como forma de cessar a mobilização óssea para que os níveis de Ca no sangue não aumentem, desfavorecendo ainda mais a relação Ca:P plasmática (ITTO, 1998).

Já o fornecimento de dietas deficientes em Ca para aves que demandam elevada quantidade do mineral leva a um quadro de hipocalcemia. (ADEDOKUN & ADEOLA, 2013). De acordo com Adedokun & Adeola (2013), baixa concentração plasmática gera aumento da secreção do PTH e da síntese de 1,25-dihidroxicolecalciferol, elevando a absorção de Ca intestinal. Assim, quando há deficiência de Ca na dieta, para suprir a sua necessidade metabólica, o organismo recorre aos ossos, fator contribuinte para o aumento da ocorrência de osteoporose (BERTECHINI, 2006). Outra questão é que a partir da deficiência de Ca, para galinhas em postura, ocorre queda na produção de ovos, com manifestação de casca fina ou porosa (JARDIM FILHO et al., 2005) ou até mesmo cessar a produção de ovos pela suspensão da liberação das gonadotrofinas (MORRIS & NALBANDOV, 1961).

Quando do fornecimento de dietas com altas quantidades de Ca, portanto a hipercalcemia, ocorre a secreção de calcitonina nas aves. Esse hormônio inibe a mobilização de Ca dos ossos e estimula a excreção de Ca e de P nos rins. Essa ação faz com que os níveis de Ca e de P sejam reduzidos no sangue (MACARI et al., 2002).

As respostas aos desajustes nos níveis de Ca e de P variam individualmente entre as aves. A inadequada relação Ca:P na ração, pela falta de um ou de outro, pode interferir na disponibilidade desses minerais e levar a um desequilíbrio na homeostase, além do desenvolvimento inadequado dos ossos e má formação da casca do ovo (PASTORE, 2010).

## **CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS INGREDIENTES QUE INFLUENCIAM NA DIGESTIBILIDADE DOS MINERAIS**

Os valores de digestibilidade podem variar de acordo com as características do ingrediente que é adicionado às rações. Para o calcário há grande variação no tamanho de partícula, na solubilidade e na concentração de Ca nas fontes, sendo a granulometria uma das principais causas da variabilidade obtida nos resultados. Assim, é necessário compreender como o Ca presente nos calcários e nos fosfatos interfere na digestibilidade do P e verificar se o tamanho da partícula influencia o processo de absorção dos minerais Ca e P (SA & BOYD, 2017). De acordo com o que sugere Potter (1988), quanto maior o tamanho da partícula mais elevada será a disponibilidade do elemento presente no alimento.

Segundo Leandro et al. (2001), o tamanho das partículas dos ingredientes utilizados nas rações pode influenciar a digestibilidade dos nutrientes, e comprometer o desempenho produtivo. Além disso, o uso inadequado das fontes de Ca e de P ocasiona prejuízo aos ossos das aves, perdas na qualidade de casca, bem como diminuição da vida produtiva da poedeira (JARDIM FILHO et al., 2005).

De acordo com Anwar et al. (2016), objetivando avaliar a digestibilidade ileal de Ca para frangos de corte, observou-se que o coeficiente de digestibilidade aparente de Ca em calcário com partículas maiores, que situam-se entre 1-2 milímetros (mm), foi mais elevado, obtendo coeficiente de 71% em comparação a 43% quando do fornecimento de partículas finas, menores que 0,5 mm.

Kim et al. (2018), com o intuito de verificar o impacto do tamanho de partículas de calcário na digestibilidade aparente de P, observou que quando do fornecimento de calcário com partículas finas, menores que 75 micrômetros ( $\mu\text{m}$ ), mesmo com adição de fitase, há diminuição da digestibilidade do P.

Além da granulometria, a solubilidade dos alimentos também apresenta-se como fator importante sobre a digestibilidade de minerais (BRONNER, 1998). Segundo Axe (1989), a solubilidade *in vitro* dos calcários é o melhor preditor da resposta em galinhas poedeiras. Zhang & Coon (1997) observaram que quando a solubilidade *in vitro* do calcário foi baixa ocorreu um aumento de retenção de calcário na moela das aves.

A partir do conhecimento da solubilidade dos diferentes fontes de Ca será possível compreender o atendimento das exigências das aves, no período de formação da casca (ITO, 2002). Segundo o que sugerem Zhang & Coon (1997), para o calcário de moagem fina a solubilidade deve variar entre 50 e 70% e para calcário de partículas grossas este valor deve encontrar-se em torno de 20 e 40%.

## **FORMULAÇÃO PELA BASE TOTAL *VERSUS* BASE DIGESTÍVEL**

A avaliação da digestibilidade do Ca recebeu pouca atenção no passado, devido principalmente ao baixo custo do calcário, principal fonte de Ca nas dietas de aves (ANWAR et al., 2018). No entanto, recentemente a indústria avícola vem buscando trabalhar com P em sua base digestível e, a relação existente entre Ca e P na absorção e na utilização pós-absorção vêm despertando interesse para o desenvolvimento de um banco de dados com valores de Ca digestível dos alimentos, como forma de garantir que os requisitos destes minerais para as aves sejam atendidos com precisão (ANWAR et al., 2018), devido aos efeitos adversos que o alto teor de Ca pode gerar na disponibilidade do P (PLUMSTEAD et al., 2008). Mesmo apresentando-se como ingrediente importante na nutrição para aves, estudos que determinam a digestibilidade P das fontes adicionadas às rações são limitados (BIKKER ET AL., 2016; VAN HARN et al., 2017).

Além disso, por muito tempo, as fontes de P receberam um valor biológico, que era obtido em relação a um fosfato inorgânico padrão, considerado como 100% disponível, ao invés de serem expressas em uma porcentagem de P digestível (MUTUCUMARANA & RAVINDRAN, 2015). Essa mesma situação aconteceu com o Ca, descrito em termos de biodisponibilidade relativa, utilizando como padrão o carbonato de cálcio. Uma das principais críticas a esta metodologia é a possibilidade de obtenção de valores de disponibilidade superiores a 100%, o que é biologicamente impossível, mas que tem possibilidade de ocorrer neste tipo de estudo, como observado por Brugalli et al. (1999) em trabalho com frangos de corte, onde os valores médios de disponibilidade de P encontrados para a farinha de carne e ossos foram de 106,50; 103,56 e 121,94%. A absorção de um nutriente não é absoluta devido a diversos fatores que referem-se à composição dos ingredientes e também a aspectos relacionados ao animal (ADEDOKUN et al., 2018).

Santana (2013) determinou a digestibilidade de Ca de minerais para suínos a partir da coleta total de excretas e obteve como coeficiente para o calcário valores de 81,89%, fosfato bicálcico em pó A 77,52%, fosfato bicálcico B 85,08%, fosfato microgranulado A 80,89%, fosfato microgranulado B 83,52 e fosfato microgranulado C 86,85%, valores inferiores ao que se assume, considerando uma fonte 100% disponível.

A fim de otimizar o uso de ingredientes nas rações para satisfazer adequadamente as necessidades das aves de energia e de nutrientes, a formulação da dieta afastou-se da base total e vem buscando a base digestível, que pode ser aparente (RAVINDRAN et al., 2005) ou verdadeiro,



sendo que esta última considera as perdas endógenas dos nutrientes pelos animais (MUTUCUMARANA & RAVINDRAN, 2016).

As perdas endógenas são oriundas de secreções pancreáticas e biliares além de descamações do intestino (VITTI & SILVA FILHO, 2010). Um dos métodos para a determinação da perda endógena pelo animal é a partir da utilização de uma dieta isenta de determinado nutriente, no qual ocorre a recuperação do mesmo (de origem endógena) nas excretas ou fezes (PETTEY et al., 2006). Outros métodos são: as dietas purificadas ou semi-purificadas livres de tal nutriente (ADHIKARI et al., 2015) ou análise de regressão (BUNZEN et al., 2008). Na Tabela 1 estão apresentadas as perdas endógenas de P de estudos realizados com diferentes categorias animais para farelo de canola, farelo de soja, fosfato monocálcico, fosfato bicálcico e farinha de carne e ossos.

**Tabela 1:** Resultados da determinação de perdas endógenas de P de estudos distintos, realizados com diferentes alimentos e categorias animais.

<b>Ingrediente</b>	<b>Perda endógena P</b>	<b>Autor</b>	<b>Animais</b>
Farelo de soja	-421 g/kg de MS consumida	Verardi, 2017	Frango de corte
Farelo de canola	-493 g/kg de MS consumida	Verardi, 2017	Poedeiras, recria
Farelo de soja	-1490 g/kg de MS consumida	Verardi, 2017	Poedeiras, recria
Farelo de canola	-344 g/kg de MS consumida	Verardi, 2017	Poedeiras, produção
Farelo de soja	210 mg/kg de MS consumida	Verardi, 2017	Poedeiras, produção
Farelo de canola	-471 g/kg de MS consumida	Verardi, 2017	Suíños
Farelo de soja	-457 g/kg de MS consumida	Verardi, 2017	Suíños
Fosfato monocálcico	-0,04 g/kg de MS consumida	Trairatapiwanm et al., 2018	Frango de corte
Fosfato bicálcico	-0,11 g/kg de MS consumida	Trairatapiwanm et al., 2018	Frango de corte
Farinha carne ossos	354 mg/kg de MS consumida	Mutucumarana et al., 2016	Frango de corte
Fosfato bicálcico	138,43 mg/kg de MS consumida	Bunzen, 2009	Frango de corte

Fonte: o autor, 2019.

A tabela acima demonstra a perda endógena determinada em alguns trabalhos com diferentes alimentos e espécies animais, bem como em distintos estágios de produção. É possível verificar uma diminuição das perdas endógenas pelo animal com o avançar da idade, se comparado as perdas endógenas dos frangos de corte, poedeiras em recria e poedeiras em produção .

## **METODOLOGIAS PARA AVALIAR A DIGESTIBILIDADE DE ALIMENTOS**

A determinação da digestibilidade de minerais, neste caso de Ca e de P, pode ser por diversos métodos (RODEHUTSCORD, 2009). Os principais são: a biodisponibilidade relativa, a digestibilidade ileal (ZHANG & ADEOLA, 2017) e o método da coleta total de excretas que pode

ser obtida a digestibilidade aparente ou verdadeira, sendo que para esta última deve-se considerar as perdas endógenas de P e de Ca pelo animal (SAKOMURA & ROSTAGNO, 2016).

A determinação do fósforo disponível, por exemplo, pode ser a partir da avaliação de parâmetros de desempenho, da medição da resistência óssea, do peso das cinzas dos ossos ou pela porcentagem das cinzas ósseas dos animais que foram alimentados com os alimentos teste (por exemplo fontes de P) e faz-se a comparação com uma fonte de P padrão, esta considerada 100% disponível (CROMWELL, 1992). No entanto, esses ensaios baseados em critérios de crescimento ou ossos são capazes de fornecer apenas valores relativos de disponibilidade de P (COON et al., 2002) e, além disso, este método é oneroso, trabalhoso e demorado (BUNZEN, 2009). Outra crítica a esta metodologia é a possibilidade de obtenção de valores acima de 100%. Por exemplo, Blair et al. (1965) relataram biodisponibilidade relativa de 102% de Ca no calcário. A biodisponibilidade relativa de Ca também tem sido relatada com ampla variação: de 73 a 109%, em frangos, para diferentes amostras de calcário (REID & WEBER, 1976).

A determinação da digestibilidade ileal é considerada atualmente como o método preferencial para se avaliar a digestibilidade de P. Este método baseia-se em medições quantitativas e representa o desaparecimento de P no final do íleo (WPSA, 2013). Para a coleta de conteúdo ileal é feita a inclusão de uma substância indigestível na dieta, os indicadores (WANG et al., 2016). Para ser considerado um indicador adequado, a substância deve ser totalmente indigestível e não absorvível, não deve ser tóxica para o animal e apresentar facilidade para ser analisada (MOUGHAN et al., 1991). São normalmente utilizados como indicadores o titânio e a cinza insolúvel em ácido (OLUKOSI et al., 2012). O método é simples, mas o que se obtém é a digestibilidade aparente, sendo, portanto necessária uma correção para as perdas endógenas do nutriente em estudo, para posteriormente possibilitar o cálculo da digestibilidade verdadeira (VITTI & SILVA FILHO, 2010).

Para o método de coleta total de excretas, os animais passam por um período de adaptação, de três a cinco dias. É realizada a coleta de excretas diariamente, fazendo a pesagem da quantidade produzida, bem como da ração fornecida. Ao final do período experimental, faz-se a pesagem das sobras de ração, como forma de determinar a ração consumida no período (SAKOMURA & ROSTAGNO, 2016). Quando é feita a coleta de excretas com uso de marcador, o procedimento e condução do ensaio é realizado da mesma forma que citado acima, no entanto é introduzido na ração um composto colorido e indigestível no início e no final do período de coleta, supondo que

o marcador ingerido move-se com a digesta pelo trato gastrointestinal (ADEOLA, 2001) e então a coleta inicia e termina na observação de excretas que apresentem a cor do marcador. Normalmente se utiliza como marcadores o óxido férrico e o óxido crômico (KONG & ADEOLA, 2014).

Uma das vantagens da coleta ileal sobre a coleta total é que os valores de digestibilidade ileal não são afetados pela atividade microbiana do intestino grosso (RAVINDRAN et al., 2004) e a excreção de P na urina são excluídos (SHASTAK et al., 2012). No entanto, de acordo com estudos de Fan et al. (2001) e Zhang et al. (2016) para o P, não têm sido verificadas diferenças entre os dois métodos. Do mesmo modo, trabalhos de Gonzáles-Vega et al. (2013) e Zhang et al. (2016), para digestibilidade de Ca, referindo-se à milho, farelo de soja, farelo de canola e fontes inorgânicas de Ca não foram encontradas diferenças entre os métodos utilizados. Cruz (2009) em estudo com suínos e Santana (2013), trabalhando com frangos de corte e suínos verificaram que não há diferença entre o método de coleta total de excretas e coleta ileal para a determinação da digestibilidade de nutrientes. Desta forma; levando em consideração a facilidade para execução e por ser menos trabalhoso recomenda-se determinar a digestibilidade de P e Ca a partir do método de coleta total de excretas (ZHANG & ADEOLA, 2017).

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo geral**

Determinar os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeiro do cálcio e do fósforo de fontes inorgânicas, que apresentam diferença em granulometria, origem e solubilidade para galinhas poedeiras leves em três idades.

### **Objetivos específicos**

Determinar os coeficientes de digestibilidade verdadeira de cálcio de fontes inorgânicas para galinhas poedeiras leves com 33 semanas de idade.

Determinar os coeficientes de digestibilidade verdadeira de cálcio de fontes inorgânicas para galinhas poedeiras leves com 52 semanas de idade.

Determinar os coeficientes de digestibilidade verdadeira de fósforo de fontes inorgânicas para galinhas poedeiras leves com 33 semanas de idade.

Determinar os coeficientes de digestibilidade verdadeira de fósforo de fontes inorgânicas para galinhas poedeiras leves com 52 e 57 semanas de idade, a partir de duas metodologias distintas.

## **2. CAPÍTULO II**

### **MANUSCRITOS**

Os resultados desta dissertação são apresentados na forma de dois manuscritos, com suas formatações de acordo com as orientações da revista:

**Semina: Ciências Agrárias**

## 2.1 MANUSCRITO I

### **Digestibilidade de cálcio de fontes inorgânicas para galinhas poedeiras leves**

Carina Sordi<sup>1,\*</sup>; Fernando De Castro Tavernari<sup>2</sup>; Antônio Gilberto Bertechini<sup>3</sup>; Helenice Mazzuco<sup>2</sup>; Luiz Fernando Teixeira Albino<sup>4</sup>, Anna Griza<sup>5</sup>; Natacha Drechmer<sup>5</sup>; Fernanda Rigon<sup>6</sup>,  
Maiara Bender<sup>7</sup>;Vanessa Pedon<sup>8</sup>.

<sup>1</sup> Mestranda em Zootecnia, Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, Rua Beloni Trombeta Zanin, 680E, Chapecó – SC – Brasil. Bolsista CAPES. e-mail: carinasordi@hotmail.com

<sup>2</sup> Pesquisador da Embrapa Suínos e Aves– CNPSA, Concórdia – SC – Brasil.

<sup>3</sup> Viçosa Universidade Federal e Lavras- Lavras- MG- Brasil.

<sup>4</sup> Universidade Federal de Viçosa- Viçosa- MG- Brasil.

<sup>5</sup> Instituto Federal Catarinense- IFC- Campus Concórdia, Concórdia, Brasil.

<sup>6</sup> Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC- Chapecó- SC- Brasil.

<sup>7</sup> Faculdade Concórdia- FACC- Concórdia- SC- Brasil.

<sup>8</sup> UCEFF – Itapiranga- SC- Brasil.

De acordo com normas para publicação em:

**Semina: Ciências Agrárias**

**Digestibilidade de cálcio de fontes inorgânicas para galinhas poedeiras leves**  
**Calcium digestibility of inorganic sources for lightweight laying hens**

Carina Sordi<sup>1,\*</sup>; Fernando De Castro Tavernari<sup>2</sup>; Antônio Gilberto Bertechini<sup>3</sup>; Helenice Mazzuco<sup>2</sup>; Luiz Fernando Teixeira Albino<sup>4</sup>, Anna Griza<sup>5</sup>; Natacha Drechmer<sup>5</sup>; Fernanda Rigon<sup>6</sup>,  
 Maiara Bender<sup>7</sup>; Vanessa Pedon<sup>8</sup>.

<sup>1</sup>Mestranda em Zootecnia, Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, Rua Beloni Trombeta Zanin, 680E, Chapecó – SC – Brasil. Bolsista CAPES. e-mail: [carinasordi@hotmail.com](mailto:carinasordi@hotmail.com); <sup>2</sup>Pesquisador da Embrapa Suínos e Aves– CNPSA, Concórdia – SC – Brasil; <sup>3</sup>Viçosa Universidade Federal e Lavras- Lavras- MG- Brasil; <sup>4</sup>Universidade Federal de Viçosa- Viçosa- MG- Brasil; <sup>5</sup>Instituto Federal Catarinense- IFC- Campus Concórdia –SC- Brasil; <sup>6</sup>Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC- Chapecó- SC- Brasil. <sup>7</sup> Faculdade Concórdia- FACC- Concórdia- SC- Brasil; <sup>8</sup>UCEFF – Itapiranga- SC- Brasil.

**Resumo**

Atualmente busca-se otimizar o uso de ingredientes nas rações a fim de suprir adequadamente as necessidades das aves e para isso é importante alterar a formulação da dieta antes feita pela base total e partindo para a base digestível. Além disso, como cálcio (Ca) e fósforo (P) são minerais que interagem na absorção e pós-absorção faz-se necessário desenvolver pesquisas que forneçam dados de Ca e P digestível. Assim, objetivou-se determinar a digestibilidade de Ca e P de fontes inorgânicas, que diferem em origem, granulometria e solubilidade para poedeiras, em duas fases de produção. No experimento 1, foram utilizadas 144 poedeiras leves, com 33 semanas de idade, distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado (DIC), seis tratamentos e oito repetições, com três aves cada. Os tratamentos foram T1: perda endógena; T2: ração basal (RB); T3: RB + fosfato bicálcico; T4: RB + calcário Furquim (Calc. Furq.); T5: RB + calcário Santa Helena fino (Calc. S.H. Fino) e T6: RB + calcário Santa Helena grosso (Calc. S.H. Grosso). Já para o experimento 2, foram utilizadas 192 poedeiras leves, com 52 semanas de idade, distribuídas em DIC, com oito tratamentos (T1: Perda endógena; T2: RB; T3: FB. 18%; T4: FB. 19%; T5: FB. 20%; T6: Calc. Furq.; T7: Calc. S. H. fino e T8: Calc. S. H. grosso) e oito repetições, com três aves por gaiola. Para ambos os experimentos, foi realizada a coleta de ovos e de excretas, efetuada pelo método de coleta total. Os coeficientes de digestibilidade foram determinados com base no consumo de ração e na quantidade de excreta produzida. Foram analisados os teores de matéria seca (MS), Ca e P para os alimentos testes, rações e excretas. Para galinhas as 33 semanas de idade, a digestibilidade verdadeira (Dverd.) do Ca obtida para fosfato bicálcico, Calc. Furq., Calc. S.H. fino e Calc. S.H. grosso foram: 84,8%, 68,6%, 64,3% e 43,1%, respectivamente e a digestibilidade verdadeira (Dverd.) do P para fosfato bicálcico foi 40,00%. Para galinhas com 52 semanas, os coeficientes de Dverd. do FB. 18%, FB. 19%, FB. 20%, Calc. Furq., Calc. S. H. fino e Calc. S. H. grosso foram: 76%; 68 %; 69,3%; 50,4%; 56,5% e 14%, respectivamente.

**Palavras-chave:** calcário, fosfato, granulometria, solubilidade.

**Abstract**

At present, it is sought to optimize the use of feed ingredients in order to adequately supply the needs of the poultry and for this it is important to change the diet formulation before done by the total base and starting to the digestible base. In addition, calcium (Ca) and phosphorus (P) are minerals that interact in absorption and post-absorption, it is necessary to develop researches that provide data on Ca and P digestible. In the experiment 1, 144 lightweight laying hens, 33 weeks old, were distributed in a completely randomized design (CRD), six treatments and eight replicates, with three chickens each. The treatments were T1: endogenous loss; T2: basal ration (RB); T3: RB + Dicalcium Phosphate; T4: RB + Furquim Limestone (LS Furq.); T5: RB + Santa Helena Fine Limestone (LS S.H. Fine) and T6: RB + Santa Helena Coarse Limestone (LS S.H. Coarse). For the experiment 2, 192 lightweight 52-week-old laying hens distributed in CRD were used, with eight treatments (T1: endogenous loss, T2: RB, T3: Fosc 18%, T4: Fosc 19%, T5 : Fosc. 20%, T6: LS Furq .; T7: LS SH Fine and T8: LS SH Coarse) and eight replicates, with three chickens per cage. For both experiments, the collection of eggs and excreta was carried out by the total collection method. The digestibility coefficients were determined based on the feed consumption and the amount of excreta produced. The dry matter (DM), Ca and P contents were analysed for test food, feed and excreta. For chickens at 33 weeks of age, the true digestibility (Dverd.) Of Ca obtained for Dicalcium Phosphate, LS Furq., LS S.H. Fine and LS S.H. Coarse were: 84.8%, 68.6%, 64.3% and 43.1%, respectively, and the true digestibility (Dverd.) Of P for Dicalcium Phosphate was 40.00%. For chickens with 52 weeks, the coefficients of Dverd. of Fosc. 18%, Fosc. 19%, Fosc. 20%, LS Furq., LS S.H. Fine and LS S. H. Coarse were: 76%; 68%; 69.3%; 50.4%; 56.5% and 14%, respectively.

**Keywords:** limestone, phosphate, particle size, solubility.

## Introdução

No passado, o conhecimento da digestibilidade de cálcio (Ca) não recebeu muita atenção (ANWAR et al, 2018). Assim, a biodisponibilidade relativa do Ca, por exemplo, era determinada usando como referência uma fonte padrão, como o carbonato de cálcio, assumido como 100% disponível (KIARIE E NYACHOTI, 2009). No entanto, tem sido relatado em alguns estudos com suínos que a digestibilidade do Ca de carbonato de cálcio é de aproximadamente 60 a 76% (STEIN et al., 2011; ZHANG et al., 2017), diferentemente do que é considerado utilizando uma fonte padrão, o que pode ocasionar uma variação considerável para os valores de biodisponibilidade relativa devido à variabilidade das fontes padrão que são utilizadas como referência (SOARES, 1995). Além disso, Liu et al. (2013) observaram que quando em alta concentração na dieta, o Ca pode diminuir a utilização de fósforo (P), fato este decisivo para que o conteúdo dietético de Ca seja precisamente formulado para atender as exigências, o que demanda informações sobre a digestibilidade de Ca dos alimentos.



Apesar da importância de ambos os minerais para o metabolismo animal, mais pesquisas referentes ao P foram realizadas quando comparadas ao Ca (ZHANG & ADEOLA, 2018). A carência de conhecimento das características físico-químicas dos calcários pode ocasionar variação dos resultados de exigências nutricionais determinadas em pesquisas científicas, fato este que contribui para uma utilização incorreta de altos níveis de Ca nas rações (FASSINI et al., 2004). Quando os níveis de Ca e de P são utilizados de maneira inadequada, ocasionam perdas na qualidade dos ovos e redução da vida produtiva da galinha poedeira (JARDIM FILHO et al., 2005).

As fontes de Ca mais utilizadas para galinhas poedeiras, o calcário calcítico e o fosfato bicálcico, apresentam variabilidade em suas características físico - químicas, em função da sua origem e conseqüentemente diferem em valores de solubilidade e tamanho de partícula (REID & WEBER, 1976). De acordo com Sa & Boyd (2017), a granulometria é uma das principais causas da variabilidade na determinação dos coeficientes de digestibilidade, e isso não é corrigido na formulação das dietas, uma vez que as exigências são expressas em Ca total e, além disso, por apresentar baixo custo e ser de fácil disponibilidade, o calcário calcítico, normalmente é adicionado em níveis elevados nas rações (CRUZ, 2009). Em virtude do excesso da adição de Ca às rações, o mesmo pode agir como antagonista, ocorrendo a formação de quelatos insolúveis, que prejudicam a absorção de outros minerais (MCDONALD, 1993).

Contudo, nos dias atuais, busca-se otimizar o uso de ingredientes nas rações a fim de suprir adequadamente as necessidades das aves, alterando a formulação da dieta antes feita pela base total e partindo para a base digestível (ADEDOKUN et al., 2018). Além disso, como Ca e P são minerais que interagem na absorção e utilização pós-absorção, é necessário desenvolver pesquisas que forneçam dados de Ca e de P digestível, de modo a assegurar que as exigências de ambos minerais sejam atendidas (ANWAR et al, 2018).

Diante do que foi exposto acima, foram realizados dois experimentos para determinar a digestibilidade de Ca e de P de fosfato e calcários para poedeiras em duas fases de produção. No primeiro, objetivou-se determinar os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeiro do Ca do fosfato bicálcico e de três calcários calcíticos e de P (apenas para o fosfato bicálcico) e com o segundo estudo objetivou-se determinar os coeficientes de digestibilidade de Ca para três fosfatos e três calcários.

## **Material e métodos**

### *Caracterização do galpão e delineamento experimental*

Para os dois experimentos, as aves foram alojadas no galpão experimental da Embrapa Suínos e Aves, que possui 18 metros de comprimento e 10,20 metros de altura, dividido em oito salas com 4,48 metros de comprimento e 4,15 metros de largura cada. São quatro salas na lateral direita e quatro na lateral esquerda, divididas por um corredor central, com 1,80 metros de largura.

No experimento 1 foram utilizadas 144 poedeiras leves, com 33 semanas de idade, distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos e oito repetições (uma repetição por sala), com três aves por unidade experimental. Para o experimento 2, utilizou-se 192 poedeiras leves, com 52 semanas de idade, distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado, com oito tratamentos e oito repetições, com três aves por unidade experimental.

As variáveis ambientais, temperatura (°C) e umidade relativa do ar (UR%) do galpão experimental, foram monitoradas a partir da instalação de um datalogger por sala (Equipamento Testo 174 H®), programados para realizar medições de hora em hora. As médias da temperatura e umidade relativa do ar do galpão obtidas no experimento 1 (aves com 33 semanas de idade) foram de 13,57°C e 84,16 UR%, respectivamente e no experimentos 2 (aves com 52 semanas de idade) a temperatura média foi de 20,64°C e a umidade relativa do ar 88,85 UR %.

### *Alimentos teste*

Para caracterização dos alimentos teste do experimento 1 (Figura 1): fosfato bicálcico (FB), calcário Furquim (CF), calcário Santa Helena fino (CSHF) e calcário Santa Helena grosso (CSHG) e do experimento 2 (Figura 2): fosfato bicálcico 18% (FB 18%), fosfato bicálcico 19% (FB 19%), fosfato bicálcico 20% (FB 20%), CF, CSHF, CSHG foram determinados: diâmetro geométrico médio- DGM, desvio padrão geométrico – DPG, % de Ca, % de P, % de magnésio (Mg) (para todos os alimentos) e a solubilidade *in vitro* (apenas para os calcários).

A solubilidade *in vitro* foi efetuada por dois métodos: a metodologia utilizada inicialmente foi descrita por Zhang & Coon (1997), fazendo adição de 200 mL de solução a base de ácido clorídrico a 0,2 N (normal) na amostra. Já o segundo teste foi realizado de acordo com método sugerido por Cheng & Coon (1990), através da porcentagem de perda de peso, onde é adicionado 100 mL de ácido clorídrico a 0,1 N. As características dos alimentos teste utilizados para ambos os experimentos estão apresentadas na Tabela 1.

### *Dietas e tratamentos*

As formulações das dietas experimentais utilizadas nos dois experimentos estão apresentadas nas Tabela 2 (aves de 33 semanas) e Tabela 3 (aves de 52 semanas). Para as aves com 33 semanas, os tratamentos consistiram de uma ração isenta de Ca e de P para a determinação da perda endógena pelo animal (T1), ração basal sem a inclusão de fosfato ou calcário (T2) (exceto para Ca e P ambas atenderam as recomendações de Rostagno et al., 2017) e quatro rações em que o amido da ração basal foi substituído parcialmente pelo alimento teste (T3, T4, T5 e T6). A porcentagem de substituição do amido da ração basal pelo alimento teste foi de 2% para o fosfato bicálcico (T3) e de 6,1% para cada um dos três calcários (T4, T5 e T6).

Para as aves de 52 semanas, os tratamentos foram: ração isenta de Ca e de P para a determinação da perda endógena pelo animal (T1), ração basal sem a inclusão de fosfato ou calcário (T2) e seis rações em que o amido da ração basal foi substituído parcialmente pelo alimento teste. A porcentagem de substituição do amido da ração basal pelo alimento teste foi de 2% para cada fosfato bicálcico (T3, T4 e T5) e de 6,1% para cada calcário calcítico (T6, T7 e T8).

### *Coleta de ovos*

Durante o período experimental foi acompanhada a produção de ovos, sendo feita a coleta de forma manual, uma vez ao dia, em torno das 13:30 horas e observada a quantidade de ovos produzidos por gaiola, bem como registrado o aparecimento de ovos com casca mole, deformados, trincados ou quebrados.

### *Coleta de excretas e análises laboratoriais*

Tanto para o experimento 1 como para o 2, o período experimental foi de oito dias, sendo quatro dias para adaptação às dietas experimentais e quatro dias para a coleta total de excretas segundo metodologia descrita por Sibbald & Slinger (1963). Para ambos, o fornecimento de água e ração foi à vontade e as aves receberam 16 horas de luz. As excretas coletadas diariamente foram pesadas, permaneceram armazenadas em embalagens plásticas e congeladas até o final do período de coleta. Posteriormente, as excretas foram descongeladas, homogeneizadas, pesadas

(aproximadamente 400 gramas) e seguiram para a estufa, a 55° por 48 horas, para realização da pré-secagem. Após este período, foi efetuada nova pesagem para posterior moagem e determinação dos teores de matéria seca (MS), de Ca e de P.

#### *Determinação dos coeficientes de digestibilidade*

Os coeficientes de digestibilidade do Ca e do P foram determinados com base no consumo de ração (através de pesagens da ração fornecida e das sobras ao final do período experimental) e na quantidade de excreta produzida (a partir de pesagens das excretas coletadas diariamente). Utilizaram-se as equações adaptadas por Jongbloed & Kemme (1990) para obter os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeiro do Ca para fosfatos e calcários e do P para o fosfato bicálcico.

#### **Resultados**

Para poedeiras as 33 semanas de idade, a partir do segundo dia de coleta, foi verificada pausa de postura das aves que receberam a dieta para determinação da perda endógena (T1) e diminuição de postura das aves em que foi fornecida a dieta basal (T2), que são isentas de Ca e de P. Além disso, para os tratamentos T2 (ração basal) e T3 (fosfato bicálcico) que foram dietas sem adição de calcário calcítico, também a partir do segundo dia de registro, foi possível observar o aparecimento de ovos quebrados, diferentemente do que ocorreu para os tratamentos T4, T5 e T6, que receberam as dietas com calcário calcítico e foi observada baixa ou nenhuma incidência de ovos quebrados. Para todos os dias avaliados não foram encontrados ovos de casca mole em nenhum dos tratamentos.

Já para o experimento com aves de 52 semanas de idade, no segundo dia de coleta, foi verificada pausa de postura das aves que receberam a dieta para determinação da perda endógena (T1) e uma diminuição de postura das aves em que foi fornecida a dieta basal (T2). Além disso, para os tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5 que foram dietas sem adição de calcário calcítico, foi possível observar o aparecimento de ovos quebrados e de casca mole, diferentemente do que ocorreu para os tratamentos T6, T7 e T8, que receberam as dietas com calcário calcítico e foi observada baixa incidência de ovos quebrados. Para todos os dias avaliados não foram encontrados ovos de casca mole nos tratamentos que receberam calcário calcítico.

### *Galinhas com 33 semanas de idade (Experimento 1)*

A perda endógena de Ca das galinhas foi de 0,883 g de Ca/ave/kg de MS consumida, o que equivale a 0,035 g/ave/dia. Já a perda endógena de P foi de 0,694 g de P/ave/kg de MS consumida, o que equivale a 0,098 g/ave/dia. Para o coeficiente de digestibilidade aparente e verdadeiro de P da ração basal foram encontrados os valores de -54,57 e -29,78, respectivamente. Já o coeficiente de digestibilidade aparente de P do fosfato bicálcico foi de 39,62% e de 40,00% para a digestibilidade verdadeira. Os resultados encontrados para os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira do Ca da ração basal e dos alimentos teste estão apresentados na Tabela 4.

### *Galinhas com 52 semanas de idade (Experimento 2)*

A perda endógena de Ca das galinhas com 52 semanas de idade foi de 1,519 g/Kg de MS consumida o que equivale a 0,007 g/ave/dia. Os resultados encontrados para os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira do Ca da ração basal e do FB 18%, FB 19% e do FB 20% estão apresentados na Tabela 5. Já os resultados obtidos para os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira do Ca da ração basal, do calcário Furquim fino, calcário Santa Helena fino e calcário Santa Helena grosso estão apresentados na Tabela 6.

## **Discussão**

A queda na produção de ovos está associada aos baixos níveis de Ca, que pode cessar a postura, pela suspensão da liberação das gonadotrofinas (MORRIS & NALBANDOV, 1961). De acordo com Jardim Filho et al. (2005), quando em situações de deficiência de Ca, há queda na produção de ovos, com aparecimento de ovos com casca fina ou porosa, como observado no experimento 1, onde as maiores incidências de ovos quebrados foram obtidas para os tratamentos que não continham calcário em suas rações. Para o calcário Santa Helena grosso (T6), que possui o maior tamanho de partículas, não foram observados ovos quebrados. Segundo Faria (2002) calcários com granulometrias entre 1,2 a 2,0 mm proporcionam menores perdas de ovos, sendo que para o presente estudo o calcário Santa Helena grosso apresenta DGM dentro desta faixa (1456 micrômetros). Além disso, a deficiência de Ca pode levar ao aparecimento de ovos com casca fina ou porosa, o que explica as maiores incidências de ovos quebrados ou de casca mole nos

tratamentos que não continham calcário em suas rações (Tabela 5), no experimento 2, visto que o Ca apresenta-se como o principal constituinte da casca dos ovos.

A perda endógena de Ca das galinhas obtida nos dois ensaios (33 semanas: 0,883 g de Ca/ave/kg de MS consumida ou 0,035 g/ave/dia; 52 semanas: 1,519 g de Ca/ave/Kg de MS consumida ou 0,007 g/ave/dia) é inferior aos 0,180g/ave/dia observado por Werner et al. (1964) usando Ca radioativo e óxido crômico como indicador em dieta para poedeiras. Cruz (2009) em trabalho com frangos de corte em crescimento determinou 2 g/animal/kg de MS consumida e 0,140 g/ave/dia de perda endógena, valores superiores aos observados para as poedeiras utilizadas neste estudo. Essa menor perda endógena pode estar relacionada com a idade das aves, já que de acordo com Silva et al. (2006) ocorre uma diminuição das perdas endógenas e metabólicas com o avanço da idade das aves.

Para o coeficiente de digestibilidade aparente e verdadeiro do P da ração basal foram obtidos valores negativos (aparente: -54,57 e verdadeira: -29,78). Segundo relatado por Van Soest (1994) valores digestibilidade negativa podem ser verificados devido à pequena ingestão de alimento, baixa digestibilidade ou ambos relacionam-se com uma perda metabólica significativa de tal nutriente.

Já o coeficiente de digestibilidade aparente de P do fosfato bicálcico foi 39,62% e 40,00% para a digestibilidade verdadeira, superiores aos resultados encontrados no estudo de Shastak et al. (2012) apresentando coeficientes em torno de 30,0%.

Os coeficientes de digestibilidade verdadeira do Ca obtidos para fosfato bicálcico no experimento 1 (84,8%) foram próximos aos de Cruz (2009) em estudo com frangos de corte, machos de 21 dias de idade, utilizando a coleta total de excretas, onde obteve valor de 87,87%, mas no experimento 2 foram encontrados valores inferiores: 76%, 68% e 69,3%, para FB 18%, FB 19% e FB 20%, respectivamente.

No entanto, os valores dos coeficientes de digestibilidade verdadeira do Ca dos calcários são inferiores aos encontrados por Cruz (2009) onde foram obtidos valores em torno de 85 a 88%, sendo que os coeficientes variaram entre 43,10 a 68,60% no experimento com aves de 33 semanas e entre 14 a 56,50% no experimento com aves de 52 semanas. A principal justificativa que poderia explicar essa variação de resultados, possivelmente, é o nível de inclusão dos alimentos teste na dieta basal, uma vez que foi utilizado 0,8% para os frangos de corte (CRUZ, 2009) e 6,1% (calcário)

para as galinhas poedeiras (para os dois experimentos), como maneira de simular o atendimento da exigência de Ca e representar melhor a dieta de poedeiras.

Zhang & Adeola (2018) em trabalho conduzido para determinar a digestibilidade ileal verdadeira do Ca no calcário e fosfato bicálcico para frangos de corte, obtiveram como resultado 63,71% para o calcário e 67,10% para fosfato bicálcico, valores próximos ao obtido em nosso estudo para o Calcário Furquim e Calcário Santa Helena Fino no experimento 1, mas superior ao calcário Santa Helena grosso e para aos três calcário do experimento 2. Já em relação ao fosfato bicálcico, o valor foi inferior ao obtido com as poedeiras do nosso trabalho para os dois experimentos.

Santana (2013) determinou a digestibilidade de Ca de minerais para suínos a partir do método de coleta total de excretas e obteve valores para o calcário de 81,89%, para o fosfato bicálcico em pó A de 77,52%, para o fosfato bicálcico em pó B de 85,08%, para o fosfato microgranulado A de 80,89%, para o fosfato microgranulado B de 83,52 e para o fosfato microgranulado C de 86,85%, valores próximos para o fosfato comparados ao presente estudo, mas superiores referindo-se ao calcário calcítico observado para as poedeiras, sendo que o nível de inclusão dos alimentos teste foi de 1% a 2,6 %, inferior a inclusão utilizada em nosso experimento. O estado nutricional do animal tem influência na absorção de Ca: animais alimentados com dietas deficientes neste mineral aumentam as suas taxas de absorção, enquanto altos níveis dietéticos produzem uma redução (PELÍCIA, 2008) Essa diferença de resultados pode referir-se ao nível de inclusão do alimento, já que de acordo com Lichovnicova (2007), a digestibilidade de Ca relaciona-se inversamente com o nível de adição do Ca na dieta, uma vez que para poedeiras a absorção aparente de Ca foi de 58% quando adicionado 4,0% de Ca e o coeficiente diminuiu para 51% com 4,5% de Ca na dieta. Referindo-se a fisiologia, quando o Ca é fornecido em níveis baixos na dieta, ocorre maior produção da proteína ligadora de Ca, o que aumenta a eficiência de absorção e contribui para o melhor aproveitamento do Ca. Contudo, essa melhora ocorre até determinado nível, a partir do qual a elevação dos teores de Ca reduz a absorção, comprovando que, sob baixa disponibilidade, há maior eficiência de utilização desse mineral (DELL'ISOLA & BAIÃO, 2001).

O estado fisiológico que o animal se encontra também é fator de influência na absorção do Ca para as aves de postura. Segundo estudo de Hurwitz et al. (1973), para poedeiras jovens a absorção ileal de Ca foi de 76,8% no período da formação da casca e posteriormente diminuiu para 28,8% quando não necessitava formar a casca. No pico de postura, portanto no experimento 1, as

galinhas poedeiras necessitam de maior quantidade de Ca, em função da formação do ovo, sendo um fator que pode contribuir para o aumento da absorção de Ca, o que explica a maior digestibilidade de Ca dos alimentos teste se considerarmos os coeficientes do experimento 2, no qual as aves encontravam-se ao final da fase de postura, evidenciando a diminuição da capacidade de absorção com o avanço da idade (MACARI e al., 2002). Segundo Adams & Bell, (1998) a redução na eficiência de absorção de Ca é devido ao fato que nas aves mais velhas ocorre diminuição nos níveis da enzima 1- $\alpha$ -hidroxilase, responsável pela ativação do metabólito da vitamina D nos rins.

Em relação ao tamanho de partícula, para os dois ensaios, o aumento da granulometria diminuiu a digestibilidade do Ca do calcário calcítico, fato este que pode ser explicado pela facilidade de digestão do alimento finamente moído. Contudo, esse tema deve ser melhor estudado, já que a taxa de liberação do Ca na corrente sanguínea pode ter influência direta na qualidade de casca do ovo e qualidade óssea da galinha ao longo do ciclo produtivo da poedeira. Já no experimento 2, para o fosfato bicálcico o aumento do tamanho das partículas elevou o coeficiente de digestibilidade, diferentemente do que ocorreu para o calcário, onde o Calcário Santa Helena Grosso que apresentou maior DGM foi o que obteve o menor coeficiente de digestibilidade.

De acordo com Mayer (2014), com o aumento das partículas do calcário de 126 para 933 micrômetros, o coeficiente de retenção de Ca diminuiu de 37,6% para 27,5%. Em nossos dois estudos durante o período de coleta total de excretas, foram verificadas o aparecimento de partículas de moagem grosseira de calcário nas excretas das aves, relatado também por Mayer (2014), que enfatiza que o calcário intacto que foi excretado pode estar associado com a diminuição da retenção de Ca, quando do fornecimento de partículas maiores.

De modo distinto do que observado para o estudo com poedeiras, Anwar et al. (2016), objetivando avaliar a digestibilidade ileal aparente de Ca para frangos de corte, determinou que o coeficiente de digestibilidade de Ca em calcário com partículas maiores, entre 1-2 mm, foi observado como sendo mais alto, obtendo valor de 71% em comparação à 43% quando do fornecimento com partículas finas, menores que 0,5 mm, fato que pode ser explicado devidos a diferenças na retenção na moela de partículas de tamanhos diferentes e à possível liberação lenta, que gera aumento na absorção, já que partículas de maior granulometria aumentam o tempo de retenção na moela, retarda a liberação de Ca, aumenta sua solubilidade e disponibilidade *in vivo* (WITT et al., 2008).



Em estudo para avaliar o efeito da fonte de Ca e do tamanho de partícula na digestibilidade ileal verdadeira e na retenção total do Ca em frangos de corte, Anwar et al. (2017), demonstraram que as partículas mais grossas aumentaram a concentração de Ca no conteúdo de moela e a digestibilidade de Ca de calcário fino determinada foi de 38% e de 62% para calcário de partículas grossas.

Já Guinotte et al. (1995), corroboram com os resultados do presente estudo, onde relatam maior retenção de Ca para calcário (48%) em frangos de corte que foram alimentados com partículas menores que 0,5 mm (finas) em comparação com partículas maiores que 1,2 mm (grossas) em dietas à base de milho, trigo e farelo de soja.

Esse aumento dos coeficientes para calcários de menor granulometria pode ser atribuído à eficiência da digestão dos alimentos, pois a redução do tamanho de partículas aumenta a superfície de contato destas à ação das secreções digestivas e, dessa forma, influencia a digestibilidade dos nutrientes (ZANOTTO et al., 1995).

Em relação a solubilidade *in vitro* do calcário calcítico, com a diminuição da granulometria houve aumento dos valores da solubilidade, concordando com os dados obtidos por Anwar et al (2017), em trabalho com calcário de 526 e 508 micrômetros, onde obteve valores de solubilidade de 60% e 33% para partículas finas e grossas, respectivamente.

Segundo estudo de Kim et al (2018) maior solubilidade está associada com o menor tamanho de partícula, corroborando com os dados encontrados no presente estudo. Ainda relata que a maior concentração de Ca na moela foi do calcário de menor granulometria, quando comparado à aquele com partículas maiores.

Outro ponto a ser analisado é que a solubilidade *in vitro* do calcário irá apresentar variação nos resultados em função da metodologia que foi empregada (CHENG & COON, 1990) e, maior solubilidade foi relatada com o aumento da normalidade e do volume de HCl (ZHANG & COON, 1997), o que explica a diferença de solubilidade apresentados em nosso estudo, onde foram utilizadas duas metodologias que diferem em normalidade e volume.

Segundo Rabon & Roland (1985), o aumento da solubilidade de Ca presente em partículas finas melhora a eficiência fisiológica em relação a partículas grosseiras de Ca, considerando que solubilidade *in vitro* é inversamente proporcional à digestibilidade *in vivo*, isso justifica a digestibilidade dos calcários de moagem mais finas ser mais elevada comparados ao calcário de maior granulometria.

## Conclusão

Para galinhas poedeiras com 33 semanas de idade os coeficientes de digestibilidade verdadeiro do Ca para FB, CF, CSHF e CSHG são: 84,8%, 68,6%, 64,3% e 43,1%, respectivamente e o coeficiente de digestibilidade verdadeira do P de fosfato bicálcico é: 40,00%. Para galinhas com 52 semanas de idade, os coeficientes de digestibilidade verdadeira do FB 18%, FB 19%, FB 20%, CF, CSHF e CSHG grosso são: 76%; 68 %; 69,3%; 50,4%; 56,5% e 14%, respectivamente.

## Agradecimentos

Agradecemos à Embrapa Suínos e Aves, Concórdia SC, por fornecer recursos, infraestrutura e corpo técnico para a realização dos estudos.

Os experimentos foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais - CEUA da Embrapa Suínos e Aves, sob protocolo número 017/2016 e foram realizados de acordo com as normas técnicas de biosegurança e ética.

## Referências bibliográficas

- ADEDOKUN, S. A.; PESCATORE A.J.; FORD, M.J.; JACOB, J.P. Investigating the effect of dietary calcium levels on ileal endogenous amino acid losses and standardized ileal amino acid digestibility in broilers and laying hens. *Poultry Science*, v.97, p.131–139, 2018.
- ANWAR, M. N.; RAVINDRAN, V.; MOREL, P. C. H.; RAVINDRAN, G. ; COWIESON, A. J. Effect of calcium source and particle size on the true ileal digestibility and total tract retention of calcium in broiler chickens. *Animal Feed Science Technology*, v. 224, p. 39–45, 2017.
- ANWAR, M.N., RAVINDRAN, V., MOREL, P.C.H., RAVINDRAN, G., COWIESON, A.J. Effect of limestone particle size and calcium to non-phytate phosphorus ratio on true ileal calcium digestibility of limestone for broiler chickens. *British Poultry Science*, v. 57, p. 707–713, 2016.
- ANWAR, M.N.; RAVINDRAN, V.; MOREL, P.C.H.; RAVINDRAN, G.; COWIESON, A.J. Measurement of the true ileal calcium digestibility of some feed ingredients for broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*, v. 237, p. 118–128, 2018.
- ARAÚJO, J.A.; SILVA, J. H. V.; AMÂNCIO, A. L. L.; LIMA, C. B.; OLIVEIRA, E. R. A. Fontes de minerais para poedeiras. *Acta Veterinaria Brasilica*, v.2, p.53-60, 2008.
- Caderno Técnico Veterinária Zootecnia*, n. 34, p. 65-92, 2001.

CHENG, T.K.; COON, C. N. Comparison of various in vitro methods for the determination of limestone solubility. *Poultry Science*, v. 69, p. 2204-2208, 1990.

CIAS, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias>. Acessado em 17/12/2018.

CRUZ, S.C.S. *Digestibilidade do cálcio de alimentos avaliada em frangos de corte e em suínos com diferentes métodos*. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa- MG. 2009. 70 p.

DELL' ISOLA, A. T. P.; BAIÃO, N. C. Cálcio e fósforo para galinhas poedeiras.

FARIA, L. V. **Granulometria do calcário calcítico e níveis de cálcio para poedeiras comerciais em segundo ciclo de produção**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002. 61 p.

FASSANI, É.J.; BETERCHINI, A.G.; KATO, R.K. Composição e solubilidade *in vitro* de calcários calcíticos de Minas Gerais. *Ciências Agrotécnica*, v.28, n.4, p.913-918, 2004.

GUINOTTE, F.; GAUTRON, J.; NYS, Y. Calcium solubilization and retention in the gastrointestinal tract in chicks (*Gallus domesticus*) as a function of gastric acid secretion inhibition and of calcium carbonate particle size. *Br. J. Nutr.*, v.73, p. 125–139, 1995.

HURWITZ, S; BAR, A.; COHEN, I. Regulation of calcium absorption by fowl intestine. *American Journal of Physiology*, v. 225, n.1, p. 150-154, 1973. Jaboticabal: Funep/Unesp, p. 167-173, 2002.

JARDIM FILHO R. M.; STRINGHINI, J.H.; CAFÉ, M.B.; LEANDRO, N.S.M.; CUNHA, W.C.P.; NASCIMENTO, J.O. Influência das fontes e granulometria do calcário calcítico sobre o desempenho e qualidade da casca dos ovos de poedeiras comerciais. *Acta Scientiarum*, v. 27, p. 35-40, 2005.

JONGBLOED, A.W.; KEMME, P.A. Apparent digestible phosphorus in the feeding of pigs in relation to availability, requirement and environment. Digestible phosphorus in feedstuffs from plant and animal origin. *Netherland Journal Agriculture Science*, v.38, p.56-75, 1990.

KIARIE, E.; NYACHOTI, C. M. Bioavailability of calcium and phosphorous in feedstuffs for farm animals. p. 76–83, 2009.

KIM, S.W.; LI, W.; ANGEL, R.; PROSZKOWIEC-WEGLARZ, M. Effects of limestone particle size and dietary Ca concentration on apparent P and Ca digestibility in the presence or absence of phytase. *Poultry Science*, n. 97, p. 4306–4314, 2018.

LICHOVNIKOVA, M. The effect of dietary calcium source, concentration and particle size on calcium retention, eggshell quality and overall calcium requirement in laying hens. *Br. Poult. Sci.*, v.1, p.71–75, 2007.

LIU, J.B.; CHEN, D.W.; ADEOLA, O. Phosphorus digestibility response of broiler chickens to dietary calcium-to-phosphorus ratios. *Poult. Sci.*, v.92, p.1572–1578, 2013.

MAIORKA, A.; MACARI, M. **Absorção de minerais**. In: MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, E. *Fisiologia Aviária Aplicada a Frangos de Corte*. 2. ed.

MAYER, A.N. **Granulometrias do calcário calcítico e redução do cálcio dietético para frangos de corte**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Lavras, Lavras- MG. 2014. 95 p.

MC DONALD, P. & GREENHALGH, J.F.D. *Nutrición animal*. Editorial Acribia S. A, Zaragoza. 1993.

MORRIS, T. R.; NALBANDOV, A. V. The induction of ovulation in starging pullets using mamalian and avian gonadotropins. *Endocrinology*, Chevy Chase, v. 68, p. 687-697,1961.

PELÍCIA, K. **Efeito dos níveis de cálcio, fósforo e granulometria de calcário na dieta de poedeiras comerciais no primeiro e segundo ciclo de produção**. Tese (Doutorado)- Universidade Estadual Paulista, Botucatu,- SP. 2008.118 p.

PROSZKOWIEC-WEGLARZ, M.; ANGEL, R. Calcium and phosphorus metabolism in broilers: effect of homeostatic mechanism on calcium and phosphorus digestibility. *J. Appl. Poult. Res*, v. 22, p.609–627, 2013.

RABON, H. W. Jr.; ROLAND, D. A. Solubity comparasions of limestones and 20 oystershells from different companies, and the short term effects of switching limestone 21 varying in solubity in egg specific gravity. *Poultry Science*, v. 64, p. 39, 1985.

REID, L.; WEBER, C.W. Calcium availability and trace minerals composition of feed grade calcium supplements. *Poultry Science*, v.55, p.695-712, 1976.

ROLAND, D.A. & HARMS, R.H. Calcium metabolism in the laying hen. 5. Effect of various sources and size of calcium carbonate on shell quality. *Poultry Science*, v.55, p.369-372, 1973.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; HANNAS, M.I.; DONZELE, J.L.; SAKOMURA, N.K.; PERAZZO, F.G.; SARAIVA, A.; ABREU, M.L.T.; BORGES, P.B.; OLIVEIRA, R.F.; BARRETO, S.L.T.; BRITO, C.O. *Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais*. 4.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2017. 488p.

SA, M. V. D. C. E; BOYD, C. E. Variability in the solubility of agricultural limestone from different sources and its pertinence for aquaculture. *Aquacult. Res*, v. 48, p.4292–4299, 2017.

SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. *Métodos de Pesquisa em Nutrição de Monogástricos*. 2ªEd. 2016. 262p.

SANTANA, A. L. A. *Digestibilidade do cálcio de fontes minerais avaliadas em suínos*. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa- MG. 2013. 38 p.

SIBBALD, J. R.; SLINGER, S. J. A biological assay for metabolizable energy in poultry feed ingredients together with findings which demonstrate some of the problems associated with the evaluation of fats. *Poultry Science*, v. 42, p. 313-325, 1963.

SILVA, E. P.; RABELLO, C. B. V.; LIRA, R. C.; FILHO, R. V. F.; ALBUQUERQUE, C. S.; SILVA, D. A. T. Estimativas das perdas endógenas metabólicas em frangos de corte. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.1, p.115-121, 2006

SINDIRAÇÕES. *Boletim informativo do setor*. 2017.

SOARES, J. Calcium bioavailability. In: Bioavailability of Nutrients for Animals. Amino acids, minerals and vitamins. C. B Ammerman, D. H. Baker, and A. J. Lewis, eds. Academic Press, San Diego, CA, p. 95-113, 1995.

STEIN, H.H.; ADEOLA, O.; CROMWELL, G.L.; KIM, S.W.; MAHAN, D.C.; MILLER, P.S. Concentration of dietary calcium supplied by calcium carbonate does not affect the apparent total tract digestibility of calcium, but decreases digestibility of phosphorus by growing pigs. *Journal Animal Science*, v. 89, p. 2139–2144, 2011.

WERNER, J.; MUELLER, R.S.A.H.S. Calcium metabolism and skeletal dynamics of laying pullets. *The Journal of Nutrition*, v. 84, p. 20–26, 1964.

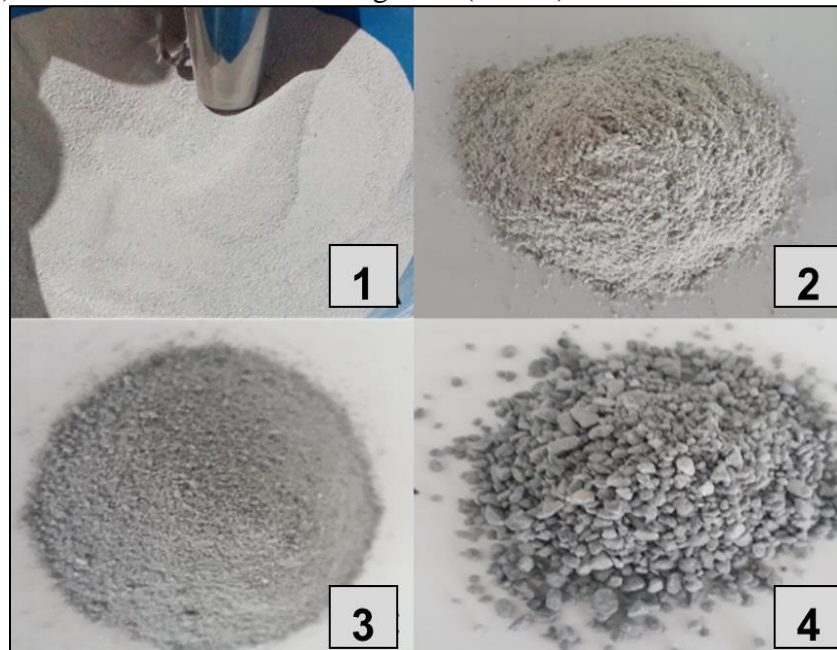
WITT, F.H., KULEILE, N.P., VAN Der MERWE, H.J., FAIR, M.D. 2008. Influence of limestone particle size on egg production and eggshell quality of layers. *Journal World's Poultry Science*, v.64, p.411, 2008.

ZANOTTO, D.L., MONTICELLI, C., MAZZUCO, H. Implicações da granulometria de ingredientes de rações sobre a produção de suínos e aves. In: SIMPÓSIO LATINOAMERICANO DE NUTRIÇÃO DE SUÍNOS E AVES, 1995, Campinas. *Anais...* Campinas: CBNA, 1995 p. 111-133.

ZHANG, B.; COON, C. N. Improved in vitro methods for determining limestone and oyster shell solubility. *Journal Applied Poultry Research*, v.6, p. 94-99. 1997.

ZHANG, F.; ADEOLA, O. True ileal digestibility of calcium in limestone and dicalcium phosphate are additive in diets of broiler chickens. *Poultry Science*, p.1–7, 2018.

**Figura 1.** Alimentos teste utilizados no experimento com as galinhas poedeiras de 33 semanas de idade, onde 1 representa: Fosfato bicálcico (FB); 2: Calcário Furquim (CF); 3: Calcário Santa Helena fino (CSHF) e 4: Calcário Santa Helena grosso (CSHG).



**Figura 2.** Alimentos teste utilizados no experimento 2 com as galinhas poedeiras de 52 semanas de idade, onde 1 representa: Fosfato bicálcico 18% (FB 18%); 2: Fosfato bicálcico 19% (FB 19%); 3: Fosfato bicálcico 20% (FB 208%); 4: Calcário Furquim (CF); 5: Calcário Santa Helena fino (CSHF) e 6: Calcário Santa Helena grosso (CSHG).



**Tabela 1:** Diâmetro geométrico médio (DGM), desvio padrão geométrico (DPG), solubilidade, % de Ca, % de P e % de Mg dos alimentos teste utilizados nos experimentos com aves de 33 e 52 semanas de idade.

Alimentos teste - 33 semanas							
Alimento teste	DGM <sup>1</sup> ( $\mu\text{m}^2$ )	DPG <sup>3</sup>	Solubilidade (%)		Ca (%)	P (%)	Mg (%)
			Solub. <sup>4</sup>	Solub. <sup>5</sup>			
FB 18%	505	2,49	*	*	21,40	18,50	1,16
CF <sup>6</sup>	213	2,62	22,78	63,50	35,30	*	3,10
CSHF <sup>7</sup>	293	1,91	14,61	60,90	39,20	*	0,28
CSHG <sup>8</sup>	1456	1,70	11,94	52,70	39,40	*	0,28
Alimentos teste - 52 semanas							
FB 18%	615	2,68	*	*	21,40	16,81	1,16
FB 19%	162	2,02	*	*	23,10	18,92	2,20
FB 20%	501	2,06	*	*	20,90	20,13	1,90
CF <sup>6</sup>	213	2,62	22,78	63,50	35,30	*	3,10
CSHF <sup>7</sup>	293	1,91	14,61	60,90	39,20	*	0,28
CSHG <sup>8</sup>	1456	1,70	11,94	52,70	39,40	*	0,28

<sup>1</sup> Diâmetro geométrico médio.

<sup>2</sup> Micrômetros.

<sup>3</sup> Desvio padrão geométrico.

<sup>4</sup> Solubilidade pelo método de Cheng & Coon (1990).

<sup>5</sup> Solubilidade pelo método de Zhang & Coon (1997).

<sup>6</sup> Calcário Furquim

<sup>7</sup> Calcário Santa Helena fino.

<sup>8</sup> Calcário Santa Helena grosso.



**Tabela 2:** Composição das rações experimentais para aves com 33 semanas de idade.

Ingrediente	Perda endógena	Tratamentos				
		Basal	Basal + FB <sup>1</sup>	Basal + CF <sup>2</sup>	Basal + CSHF <sup>3</sup>	Basal + CSHG <sup>4</sup>
Sabugo de milho	16,69	*	*	*	*	*
Amido	80,00	6,08	4,08	*	*	*
Óleo de soja	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Milho	*	59,80	59,80	59,80	59,80	59,80
Farelo de soja	*	27,96	27,96	27,96	27,96	27,96
Carbonato de potássio	0,65	*	*	*	*	*
Açúcar	*	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Sal comum	0,48	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49
Suplemento vitamínico	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
Suplemento mineral	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
DL-Metionina	0,05	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
L- Lisina HCl (99%)	0,32	*	*	*	*	*
L- Treonina (98,5 %)	0,07	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
L- Valina (99%)	0,04	*	*	*	*	*
L- Arginina (99%)	0,21	*	*	*	*	*
Glicina	0,15	*	*	*	*	*
L-Triptofano (99%)	0,04	*	*	*	*	*
L- Isoleucina (99%)	0,02	*	*	*	*	*
BHT	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Cloreto de colina	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Fosfato bicálcico	*	*	2,00	*	*	*
Calcário Furquim	*	*	*	6,08	*	*
Calcário S.H. fino	*	*	*	*	6,08	*
Calcário S.H. grosso	*	*	*	*	*	6,08
<b>TOTAL (Kg)</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

<sup>1</sup> Ração basal com adição do fosfato bicálcico.

<sup>2</sup> Ração basal com adição do calcário Furquim.

<sup>3</sup> Ração basal com adição do calcário Santa Helena fino.

<sup>4</sup> Ração basal com adição do calcário Santa Helena grosso.

**Tabela 3:** Composição das rações experimentais para aves com 52 semanas de idade.

Ingrediente	Perda Endógena	Tratamento		
		Basal	Basal + Fosfato bicálcico	Basal + Calcário calcítico
Sabugo de milho	16,69	*	*	*
Amido	80,00	6,08	4,08	*
Óleo de soja	1,00	1,00	1,00	1,00
Milho	*	59,80	59,80	59,80
Farelo de soja	*	27,96	27,96	27,96
Carbonato de potássio	0,65	*	*	*
Açúcar	*	4,00	4,00	*
Sal comum	0,48	0,49	0,49	0,49
Suplemento vitamínico	0,11	0,11	0,11	0,11
Suplemento mineral	0,11	0,11	0,11	0,11
DL-Metionina	0,05	0,29	0,29	0,29
L- Lisina HCl (99%)	0,32	*	*	*
L- Treonina (98,5 %)	0,07	0,03	0,03	0,03
L- Valina (99%)	0,04	*	*	*
L- Arginina (99%)	0,21	*	*	*
Glicina	0,15	*	*	*
L-Triptofano (99%)	0,04	*	*	*
L- Isoleucina (99%)	0,02	*	*	*
BHT	0,01	0,01	0,01	0,01
Cloreto de colina	0,10	0,10	0,10	0,10
Foscálcio <sup>1</sup>	*	*	2,00	*
Calcário calcítico <sup>2</sup>	*	*	*	6,08
<b>TOTAL (Kg)</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

<sup>1</sup> A inclusão de fosfato bicálcico 18%, fosfato bicálcico 19% e fosfato bicálcico 20% foi a mesma, em suas respectivas rações, portanto 2 Kg de fosfato bicálcico: Basal+ fosfato bicálcico refere-se ao T3, T4 e T5, sendo que em cada tratamento foi adicionado um fosfato diferente.

<sup>2</sup> A inclusão de calcário Furquim, calcário Santa Helena fino e calcário Santa Helena grosso foi a mesma, em suas respectivas rações, portanto 6,084 Kg de calcário: Basal+ calcário refere-se ao T6, T7 e T8, sendo que em cada tratamento foi adicionado um calcário diferente.

**Tabela 4:** Valores médios de balanço de Ca para rações e alimentos teste (calcário) para galinhas em postura com 33 semanas de idade.

Variáveis	Basal	B+ FB <sup>1</sup>	B+ CF <sup>2</sup>	B+ CSHF <sup>3</sup>	B+ CSHG <sup>4</sup>
Cons MS, g/ave/dia	66,06	84,20	87,09	84,65	89,51
Cons Ca total, g/ave/dia	0,08	0,50	2,178	2,34	2,45
Cons Ca alim, g/ave/dia	*	0,40	2,07	2,24	2,35
Excreta MS, g/ave/dia	23,14	25,18	23,03	22,30	21,51
Ca na excreta, %	0,06	0,13	0,78	0,97	1,63
Excreção de Ca, g/ave/dia	0,06	0,14	0,71	0,87	1,36
Ca endóg excr, g/g de MS cons	0,05	0,07	0,07	0,07	0,07
CDAp Ca Ração, %	23,20	72,30	66,30	62,40	42,1
Cons Ca DigAp tot, g/ave/dia	*	0,36	1,46	1,47	1,08
Cons Ca DigAp Basal, g/ave/dia	*	0,02	0,02	0,02	0,02
Cons Ca DigAp Alim, g/ave/dia	*	0,33	1,439	1,44	1,06
CDAp Ca Alim, %	*	84,40	68,40	64,10	42,90
CDVerd Ca Ração, %	96,20	87,00	69,90	65,60	45,30
Cons CaDv Total, g/ave/dia	*	0,43	1,53	1,54	1,16
Cons CaDv Basal, g/ave/dia	*	0,09	0,09	0,09	0,09
Cons de CaDv Alim, g/ave/dia	*	0,34	1,44	1,45	1,06
CDVerd Ca Alim, %	*	84,80	68,60	64,30	43,10

<sup>1</sup>Basal + fosfato bicálcico 18%.

<sup>2</sup>Basal + calcário Furquim.

<sup>3</sup>Basal + calcário Santa Helena fino.

<sup>4</sup>Basal + calcário Santa Helena grosso.

**Tabela 5:** Valores médios de balanço de Ca para rações e alimentos teste (fosfato bicálcico) para galinhas em postura com 52 semanas de idade.

Variáveis	Basal	FB 18% <sup>1</sup>	FB 19% <sup>2</sup>	FB 20% <sup>3</sup>
Cons MS, g/ave/dia	70,75	72,16	76,54	74,43
Cons Ca alim, g/a/d	*	0,32	0,37	0,33
Cons Ca total, g/a/d	0,10	0,42	0,47	0,43
Excreta MS, g/a/d	21,93	22,22	22,46	23,28
Ca Excretas, %	0,58	0,75	0,93	0,83
Excreção de Ca, g/a/dia	0,12	0,16	0,20	0,19
Ca endóg excr, g/g de MS cons	0,11	0,11	0,11	0,11
CDAp Ca Ração, %	12,00	60,90	55,70	55,60
Cons Ca DigAp tot, g/ave/dia	*	0,25	0,27	0,24
Cons Ca DigAp Basal, g/a/d	*	0,01	0,01	0,01
Cons Ca DigAp Alim, g/a/d	*	0,24	0,26	0,22
CDAp Ca Alim, %	*	75,31	67,52	68,60
CDVerd Ca Ração, %	100,00	87,00	80,10	81,90
Cons CaDv Total, g/a/d	*	0,36	0,39	0,35
Cons CaDv Basal, g/a/d	*	0,11	0,12	0,12
Cons de CaDv Alim, g/a/d	*	0,24	0,26	0,23
CDVerd Ca Alim, %	*	76,00	68,00	69,30

<sup>1</sup> Ração basal+ fosfato bicálcico 18%.

<sup>2</sup> Ração basal+ fosfato bicálcico 19%.

<sup>3</sup> Ração basal+ fosfato bicálcico 20%.

**Tabela 6:** Valores médios de balanço de Ca para rações e alimentos teste (calcário) para galinhas em postura com 52 semanas de idade.

Variáveis	Basal	CF <sup>1</sup>	CSHF <sup>2</sup>	CSHG <sup>3</sup>
Cons MS, g/ave/dia	70,75	92,71	95,84	99,31
Cons Ca alim, g/a/d	*	1,99	2,41	2,50
Cons Ca total, g/a/d	0,10	2,11	2,54	2,63
Excreta MS, g/a/d	21,93	23,87	25,16	27,35
Ca Excretas, %	0,58	5,47	4,66	9,26
Excreção de Ca, g/a/dia	0,12	1,32	1,13	2,51
Ca endóg excr, g/g de MS cons	0,11	0,14	0,14	0,15
CDAp Ca Ração, %	12,00	37,80	54,00	13,60
Cons Ca DigAp tot, g/ave/dia	*	0,79	1,40	0,36
Cons Ca DigAp Basal, g/a/d	*	0,01	0,01	0,01
Cons Ca DigAp Alim, g/a/d	*	0,77	1,38	0,26
CDAp Ca Alim, %	*	49,89	56,10	13,61
CDVerd Ca Ração, %	100,00	44,40	59,70	19,30
Cons CaDv Total, g/a/d	*	0,93	1,548	0,39
Cons CaDv Basal, g/a/d	*	0,14	0,15	0,15
Cons de CaDv Alim, g/a/d	*	0,78	1,39	0,23
CDVerd Ca Alim, %	*	50,40	56,50	14,00

<sup>1</sup> Ração basal+ calcário Furquim.

<sup>2</sup> Ração basal+ calcário Santa Helena fino.

<sup>3</sup> Ração basal+ calcário Santa Helena grosso.

## 2.2 - MANUSCRITO II

### **Digestibilidade de fósforo de fontes inorgânicas de fósforo para galinhas poedeiras leves**

Carina Sordi<sup>1,\*</sup>; Fernando De Castro Tavernari<sup>2</sup>; Antônio G. Bertechini<sup>3</sup>; Helenice Mazzuco<sup>2</sup>; Luiz F. T. Albino<sup>4</sup>, Anna Griza<sup>5</sup>; Natacha Drechmer<sup>5</sup>; Fernanda Rigon<sup>6</sup>, Maiara Bender<sup>7</sup>; Vanessa Pedon<sup>8</sup>.

<sup>1</sup> Mestranda em Zootecnia, Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, Rua Beloni Trombeta Zanin, 680E, Chapecó – SC – Brasil. Bolsista CAPES. e-mail: [carinasordi@hotmail.com](mailto:carinasordi@hotmail.com);

<sup>2</sup> Pesquisador da Embrapa Suínos e Aves– CNPSA, Concórdia – SC – Brasil;

<sup>3</sup> Viçosa Universidade Federal e Lavras- Lavras- MG- Brasil;

<sup>4</sup> Universidade Federal de Viçosa- Viçosa- MG- Brasil;

<sup>5</sup> Instituto Federal Catarinense- IFC- Campus Concórdia –SC- Brasil;

<sup>6</sup> Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC- Chapecó- SC- Brasil.

<sup>7</sup> Faculdade Concórdia- FACC- Concórdia- SC- Brasil;

<sup>8</sup> UCEFF – Itapiranga- SC- Brasil.

De acordo com normas para publicação em:

**Semina: Ciências Agrárias**

## Digestibilidade de fósforo em fontes inorgânicas para galinhas poedeiras leves

### Phosphor digestibility of inorganic sources for lightweight laying hens

Carina Sordi<sup>1\*</sup>; Fernando De Castro Tavernar<sup>2</sup>; Antônio G. Bertechini<sup>3</sup>; Helenice Mazzuco<sup>2</sup>; Luiz F. T. Albino<sup>4</sup>, Anna Griza<sup>5</sup>; Natacha Drechmer<sup>5</sup>; Fernanda Rigon<sup>6</sup>, Maiara Bender<sup>7</sup>; Vanessa Pedon<sup>8</sup>.

<sup>1</sup>Mestranda em Zootecnia, Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, Rua Beloni Trombeta Zanin, 680E, Chapecó – SC – Brasil. Bolsista CAPES. e-mail: [carinasordi@hotmail.com](mailto:carinasordi@hotmail.com); <sup>2</sup>Pesquisador da Embrapa Suínos e Aves– CNPSA, Concórdia – SC – Brasil; <sup>3</sup>Viçosa Universidade Federal e Lavras- Lavras- MG- Brasil; <sup>4</sup>Universidade Federal de Viçosa- Viçosa- MG- Brasil; <sup>5</sup>Instituto Federal Catarinense- IFC- Campus Concórdia –SC- Brasil; <sup>6</sup>Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC- Chapecó- SC- Brasil. <sup>7</sup> Faculdade Concórdia- FACC- Concórdia- SC- Brasil; <sup>8</sup>UCEFF – Itapiranga- SC- Brasil.

#### Resumo

Para aves, o fósforo (P) apresenta-se como um mineral fundamental, pois desempenha funções importantes no metabolismo, além da sua essencialidade para a produção de ovos e na constituição óssea. No entanto, apesar da importância que o P possui na nutrição, há uma pequena produção científica sobre exigências e digestibilidade do P de alimentos que são destinados para galinhas poedeiras. Assim, objetivou-se determinar o coeficiente de digestibilidade verdadeira (Dverd.) de P de fosfatos para aves em postura em duas idades, a partir de duas metodologias. Os ensaios de metabolismo foram realizados na EMBRAPA Suínos e Aves. No primeiro experimento, utilizou-se 120 poedeiras leves, com 52 semanas, distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado (DIC), com cinco tratamentos e oito repetições, de três aves cada. Os tratamentos foram: T1: perda endógena; T2: Ração basal (RB); T3: RB + Fosc. 18%; T4: RB + Fosc. 19%; T5: RB + Fosc. 20%. Para o segundo, foram utilizadas 96 poedeiras leves, com 57 semanas de idade, distribuídas em um DIC, com quatro tratamentos e oito repetições, com três aves cada. Os tratamentos consistiram de T1: RB; T2: RB + Fosc. 18%; T3: RB + Fosc. 19%; T4: RB+ Fosc. 20%. Para ambos os experimentos, foi realizada a coleta de ovos e de excretas, efetuada pelo método de coleta total. Os coeficientes de digestibilidade foram determinados com base no consumo de ração e na quantidade de excreta produzida. Foram analisados os teores de matéria seca (MS), Ca e P para os alimentos testes, rações e excretas. Para galinhas com 52 semanas de idade, os coeficientes de Dverd. do P para FB. 18%, FB. 19% e FB. 20% foram: 22,79%; 33,74 %; 34,38%, respectivamente. Já para galinhas com 57 semanas de idade, a Dverd. do P para FB. 18%, FB. 19% e FB. 20% foram: 33,30%, 23,529% e 1,965%, respectivamente.

**Palavras-chave:** digestibilidade, fósforo, granulometria, solubilidade.

## Abstract

For poultry, phosphorus (P) presents as a fundamental mineral, as it plays important roles in metabolism, as well as its essential for egg production and bone formation. However, despite the importance of P in nutrition, there is a small scientific production on the requirements and digestibility of the P of foods that are intended for laying hens. The objective of this study was to determine the true digestibility coefficient (Dverd.) Of P of phosphates for laying hens at two ages, using two methodologies. The metabolism assays were performed at EMBRAPA Swine and Poultry. In the first experiment, 120 lightweight 52-week laying hens were distributed in a completely randomized design (CRD) with five treatments and eight replicates of three chickens each. The treatments were: T1: endogenous loss; T2: Basal ration (RB); T3: RB + Fosc. 18%; T4: RB + Fosc. 19%; T5: RB + Fosc. 20%. For the second, 96 lightweight laying hens, 57 weeks old, were distributed in a CRD, with four treatments and eight replicates, with three chickens each. The treatments consisted of T1: RB; T2: RB + Fosc. 18%; T3: RB + Fosc. 19%; T4: RB + Fosc. 20%. For both experiments, egg collection and excreta collection were performed by the total collection method. The digestibility coefficients were determined based on the feed consumption and the amount of excreta produced. The dry matter (DM), calcium (Ca) and phosphorus (P) contents were analysed for feed, test feed and excreta. For chickens with 52 weeks of age, the coefficients of Dverd. from P to Fosc. 18%, Fosc. 19% and FosC. 20% are: 22.79%; 33.74%; 34.38%, respectively. As for chickens with 57 weeks of age, Dverd. from P to Fosc. 18%, Fosc. 19% and Fosc. 20% are: 33.30%, 23.52% and 1.965%, respectively.

**Keywords:** digestibility, phosphorus, granulometry, solubility.

## Introdução

O fósforo (P) apresenta-se como um mineral biologicamente fundamental para as aves, pois desempenha funções importantes no metabolismo e é constituinte essencial para a formação óssea (SUTTLE, 2010).

Apesar da importância que o P possui na nutrição de aves, estudos que medem a digestibilidade de P de fosfatos de origem inorgânica ou até mesmo oriundos de produtos de origem animal são limitados (BIKKER et al., 2016; VAN HARN et al., 2017). Applegate & Angel (2014) também afirmam que se comparado a frangos de corte há pequena produção científica sobre exigências e digestibilidade do P de alimentos que são destinados para galinhas poedeiras.

Por muito tempo, a formulação das dietas foi feita com os nutrientes em base na disponibilidade de nutrientes (KIARIE E NYACHOTI, 2009). Uma das críticas a esta metodologia é que uma fonte é assumida como referência, sendo esta fonte considerada como 100% digestível, fato este que possibilitava a obtenção de valores de disponibilidade acima de 100% (KIARIE E NYACHOTI, 2009), como demonstrado por Brugalli et al. (1999) em estudo



com frangos de corte de 21 dias de idade, onde os valores médios de disponibilidade de P encontrados para a farinha de carne e ossos, com diferentes granulometrias, foram de 106,50; 103,56 e 121,94%.

De acordo com o que relatam Rodehutschord et al. (2012) faz-se necessário melhorar o banco de dados referentes a digestibilidade de P dos ingredientes utilizados na formulação de rações, incluindo a variação dentro de um mesmo ingrediente, relacionadas a granulometria, por exemplo.

Além disso, os alimentos de origem vegetal, que normalmente representam a maior parte das rações para monogástricos, o milho e farelo de soja, possuem P fítico e assim aves e suínos não conseguem digerir o P oriundo desses alimentos, sendo que do total ingerido, normalmente a excreção diária fica de torno de 50% (SCHULIN-ZEUTHEN, 2007). Isso relaciona-se com presença de fitato no alimento, que não é digerido sem a adição da enzima fitase (AJAKAIYE et al., 2003) e também com suplementação em excesso de fosfatos nas dietas, em razão da carência de dados de digestibilidade verdadeira do P de ingredientes destinados para poedeiras (VERARDI, 2017).

A partir de obtenção dos coeficientes de digestibilidade verdadeira é possível uma formulação mais adequada à exigência nutricional, uma vez que se contabilizam as perdas endógenas de P pelo animal e deste modo permite observar qual o real aproveitamento do nutriente (VERARDI, 2017).

Considerando a importância do P para aves e a carência de informações da digestibilidade de P de ingredientes usados na alimentação de galinhas poedeiras foram realizados dois estudos para determinar os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira de P de fosfato bicálcico 18% (FB. 18%), fosfato bicálcico 19% (FB. 19%) e fosfato bicálcico 20% (FB. 20%), a partir de duas metodologias, para poedeiras leves em duas fases de produção.

## **Material e métodos**

### *Caracterização do galpão e delineamento experimental*

O galpão experimental da Embrapa Suínos e Aves utilizado para o alojamento das aves nos dois experimentos possui 18 metros de comprimento e 10,20 metros de altura, dividido em oito salas com 4,48 metros de comprimento e 4,15 metros de largura cada uma. São quatro salas na

lateral direita e quatro na lateral esquerda, divididas por um corredor central, com 1,80 metros de largura.

Para o experimento 1, foram utilizadas 120 poedeiras leves, com 52 semanas de idade, distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e oito repetições, com três aves por unidade experimental. As aves foram alojadas no galpão experimental, distribuídas em oito salas, onde cada sala abrigou uma repetição.

Já para o experimento 2, foram utilizadas 96 poedeiras leves, com 57 semanas de idade, distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e oito repetições (uma repetição por sala), com três aves por unidade experimental.

As variáveis ambientais, temperatura (°C) e umidade relativa do ar (UR%) do galpão experimental, foram monitoradas a partir da instalação de um datalogger por sala (Equipamento Testo 174 H®), programados para realizar medições de hora em hora. As médias das variáveis ambientais obtidas no experimento 1 (aves com 52 semanas de idade) foram 20,64°C para temperatura e umidade relativa de 88,85% e no experimento 2 (aves com 57 semanas de idade) a temperatura média foi de 22,21°C e a umidade relativa 76,16%.

#### *Alimentos teste*

Para caracterização dos alimentos teste utilizados para ambos os experimentos: FB 18%, FB 19%, e FB 20% (Figura 1) foram determinados: diâmetro geométrico médio- DGM, desvio padrão geométrico – DGP, % de Ca; % de P e % de Mg. As características dos alimentos teste estão apresentadas na Tabela 1.

#### *Dietas e tratamentos*

As formulações das dietas experimentais estão apresentadas nas Tabela 2 (aves de 52 semanas) e Tabela 3 (aves com 57 semanas). Para a determinação dos coeficientes de digestibilidade de P dos fosfatos, foram aplicadas duas metodologias: inicialmente utilizou-se uma dieta isenta de Ca e na segunda metodologia foi efetuada a adição de calcário calcítico à dieta. Para o experimento 1, os tratamentos consistiram de uma ração isenta de P para a determinação da perda endógena pelo animal (T1), ração basal sem a inclusão de fosfato (T2) (exceto para Ca e P ambas atenderam as recomendações de Rostagno et al., 2017) e três rações em que o amido da ração basal foi substituído

parcialmente pelo alimento teste. A porcentagem de substituição do amido da ração basal pelo alimento teste foi de 2% para cada fosfato bicálcico, o que corresponde aos tratamentos: T3, T4 e T5.

Já para o experimento 2, inicialmente foi feita uma mistura da “ração geral” onde foi adicionado calcário calcítico, e dividida esta ração em quatro porções de mesmo peso. Os tratamentos consistiram de uma ração basal isenta de P (T1), ração com a inclusão de fosfato bicálcico 18% (T2), ração com a inclusão de fosfato bicálcico 19% (T3) e ração com a inclusão de fosfato bicálcico 20% (T4). A porcentagem de substituição do amido da ração basal pelo alimento teste foi de 1,52%; 1,48% e 1,40% para FB 18%, FB 19% e FB 20%, respectivamente.

#### *Coleta de ovos*

Durante o período experimental foi acompanhada a produção de ovos, sendo feita a coleta de forma manual, uma vez ao dia, em torno das 13:30 horas e observada a quantidade de ovos produzidos por gaiola, bem como registrado o aparecimento de ovos com casca mole, deformados, trincados ou quebrados.

#### *Coleta de excretas e análises laboratoriais*

No ensaio com aves de 52 semanas de idade, o período experimental foi de oito dias, quatro dias para adaptação às dietas experimentais e quatro dias para a coleta total de excretas e para aves de 57 semanas foi de oito dias, sendo quatro dias para adaptação às dietas experimentais e quatro dias para a coleta total de excretas segundo metodologia descrita por Sibbald & Slinger (1963). Durante o experimento, o fornecimento de água e ração foi a vontade e as aves receberam 16 horas de luz. As excretas coletadas diariamente foram pesadas, permaneceram armazenadas em embalagens plásticas identificadas e congeladas até o final do período de coleta. Posteriormente, as excretas foram descongeladas, homogeneizadas, pesadas e seguiram para a estufa, a 55°, por 48 horas para realização da pré-secagem. Após este período, foi efetuada a moagem da amostra para determinação dos teores de matéria seca (MS), Ca e P. De acordo com Cruz (2009) e Sakomura & Rostagno (2016), a coleta ileal e a total são similares para determinação dos coeficientes de digestibilidade assim optou-se por utilizar o método de coleta total de excretas.

### *Determinação dos coeficientes de digestibilidade*

Os coeficientes de digestibilidade do P foram determinados com base no consumo de ração (através de pesagens da ração fornecida e das sobras ao final do período experimental) e na quantidade de excreta produzida (a partir de pesagens das excretas coletadas diariamente). Utilizaram-se as equações adaptadas por Jongbloed & Kemme (1990) para obter os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeiro do P dos três fosfatos. Para o cálculo dos coeficientes de digestibilidade verdadeira para as aves com 57 semanas, foi utilizada a perda endógena de P das galinhas do experimento realizado com as aves de 52 semanas de idade (Experimento 1).

### **Resultados**

Apenas no experimento 1, onde as aves foram submetidas a dieta isenta de P, para determinação da perda endógena de P foi observada pausa na postura. Para os demais tratamentos, tanto para 52 como para 57 semanas de idade foi verificado o aparecimento de ovos trincados, quebrados ou de casca mole.

#### *Aves com 52 semanas de idade*

A determinação da perda endógena de P das galinhas foi de 0,694 g de P/ave/kg de MS consumida, o que equivale a 0,098 g/ave/dia. Os resultados encontrados para os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira do P da ração basal e dos alimentos teste (FB. 18%, FB.19%, e FB. 20%) para galinhas poedeiras com 52 semanas de idade estão apresentados na Tabela 4.

#### *Aves com 57 semanas de idade*

Os resultados encontrados para os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira do P da ração basal e dos alimentos teste (fosfato bicálcico 18%, fosfato bicálcico 19% e fosfato bicálcico 20%) para galinhas poedeiras com 57 semanas de idade estão apresentados na Tabela 5.

### **Discussão**

Para a produção de ovos, foi observado no experimento com as galinhas de 52 semanas de idade (sem adição de calcário calcítico) maior incidência de ovos quebrados ou trincados onde foram obtidos valores acima de 55%, se comparado ao experimento 2, com as aves de 57 semanas, onde foi adicionado o calcário calcítico e essa porcentagem foi menor que 20%. Isso está relacionado principalmente com questão da presença ou não do calcário nas rações, uma vez que quantidades inadequadas de Ca e o P ocasionam a má formação da casca (JUNQUEIRA & RODRIGUES, 2004).

A perda endógena de P determinada no presente estudo (0,694 g de P/ave/kg de MS consumida ou 0,098 g/ave/dia) foi superior ao encontrado por Mutucumarana & Ravindran (2016), em farinha de carne e ossos para frangos de corte que obtiveram como resultado 354 mg de P/kg de MS consumida. Trairatapiwan et al. (2018), também encontraram valores inferiores ao nosso estudo: perda endógena negativa de -0,04 para o fosfato monocálcico. Bunzen (2009) em estudo com frangos de corte, de 15 dias, determinou a perda endógena de P como 138,43 mg de P/Kg de MS consumida. De acordo com Verardi (2017), a perda endógena de P de galinhas com 32 semanas de idade foi de 210 mg/Kg de MS ingerida, valor inferior ao obtido ao nosso estudo.

Em trabalho de Liu et al. (2018), com suínos, trabalhando com três níveis de P na ração verificou que o menor nível (3%) foi o que apresentou maior perda endógena (186 mg/Kg de MS consumida), além disso, o maior ingestão de MS levou a menor perda endógena.

Segundo Suttle (2010), essa maior perda endógena das aves do presente estudo pode relacionar-se com o aumento no catabolismo do P, com aumento nas perdas endógenas, por ser uma particularidade do metabolismo mineral na ave que está postura. Deste modo, reafirma-se novamente a necessidade de obtenção de dados de P digestível de ingredientes que são utilizados na alimentação destas aves.

Para ambos os estudos, o nível de inclusão para cada foscálcio foi diferente (inclusão foi de 1,52%; 1,48% e 1,40% para o Foscálcio 18%, Foscálcio 19% e Foscálcio 20%, respectivamente) e de acordo com o aumento da inclusão do alimento teste, para aves de 52 semanas, ocorreu uma diminuição do coeficiente de digestibilidade verdadeira do P. Segundo o que sugerem Liu et al. (2013), quando há baixas concentrações de P na dieta há uma melhora na capacidade de utilização do mesmo pelas aves e manutenção da homeostase. Já para aves de 57 semanas (experimento 2) ocorreu o inverso: o aumento da inclusão aumentou o coeficiente de digestibilidade, no entanto neste experimento foi adicionado calcário calcítico às rações. É provável que o Ca adicionado à

dieta experimental possa ter contribuído para elevar a formação de complexo fitato-Ca, o que explica a variabilidade da digestibilidade do P.

Os coeficientes de digestibilidade verdadeiro do P obtidos as 52 e 57 semanas de idade, variaram entre 22,79 a 34,74% e 1,96 a 33,20%, respectivamente, valores inferiores aos obtidos por Trairatapiwan et al. (2018), com frangos de corte, machos, de 29 dias, que obteve como resultado para a digestibilidade ileal de P de fosfato monocálcico de 64,6 %. Já Bikker et al. (2016) encontraram para o fosfato bicálcico, oriundo de fosfato de rocha valores de 59 % de digestibilidade. Bunzen (2009) em trabalho com frangos de corte de 15 dias encontrou como coeficiente de digestibilidade verdadeira de P de fosfato bicálcico o valor de 75,01% e em estudo posterior utilizando frangos com 21 dias o coeficiente obtido foi de 57,85%.

De acordo com Verardi (2017) a digestibilidade verdadeira do P de farelo de soja para aves em fase de recria (17 semanas) foi de -17% e para a fase de produção (32 semanas) foi de 36,7%. No entanto, os dados de Shastak et al. (2012), corroboram com os resultados encontrados no nosso estudo, apresentando coeficientes em torno de 30,0%. Os principais fatores que refletem esta variabilidade de resultados na digestibilidade de P entre os dados encontrados para os nossos experimentos e os estudos citados acima são a origem do alimento teste, processo de produção, composição, a relação Ca:P que apresenta a dieta, bem como a metodologia empregada para determinação da digestibilidade (TRAIRATAPIWAN et al., 2018).

Segundo Abudabos (2012) galinhas poedeiras possuem fitase no trato gastrointestinal e há diferenças na degradação do ácido fítico por essa enzima em relação ao tipo de matéria prima e quantidade (LESKE, COON, 1999). As aves mais velhas hidrolisam o fitato de modo mais eficiente do que aves jovens, em função da maior atividade da fitase no proventrículo, mucosa intestinal e cecos, além da maturação das funções digestivas (MAROUNER et al., 2008).

Para a determinação da digestibilidade de P de fosfato bicálcico 18%, fosfato bicálcico 19% e fosfato bicálcico 20%, no experimento 1 foram utilizadas dietas sem a adição de calcário calcítico, onde foi incluído o amido de milho e feita a substituição do amido pelo alimento teste. Já para o experimento 2 foi adicionado calcário calcítico na dieta de modo a atender a exigência nutricional da ave e como forma de simular uma dieta para galinhas em postura.

Mutucumarana et al. (2015) utilizando duas metodologias, com diferentes quantidades de Ca para determinar a digestibilidade de P de milho e farelo de soja para frangos de corte verificou que no método com maior quantidade de Ca (2) o coeficiente de digestibilidade foi menor. Isso pode

ser explicado pelas diferenças na quantidade de Ca da dieta, relação Ca: P ou relaciona-se aos dois fatos. As dietas avaliadas pelo método 2 apresentaram maiores quantidades de Ca do que aquelas utilizadas no Método 1, que resultou em diminuição do coeficiente de digestibilidade ileal do P do milho de 72,8% para 42,6, pelo método 1 e 2, respectivamente. Esses achados corroboram com os resultados obtidos em nosso ensaio com aves de 57 semanas, onde possivelmente a adição de Ca inibiu a hidrólise de fitato-P (TAMIM E ANGEL, 2003; SELLE RAMET al., 2009) diminuindo a digestibilidade do P.

Liu et al. (2013) também relatam que os coeficientes de digestibilidade ileal verdadeira do P são influenciados pelas razões Ca: P total da dieta. Segundo eles, a digestibilidade ileal do P ileal diminuiu de 71% para 46% quando as relações Ca: P total foram aumentadas. Proszkowiec-Weglarz & Angel (2013), também apontam que deficiência ou excesso de Ca, bem como desequilíbrio entre Ca e P nas dietas podem contribuir para o aumento ou diminuição da absorção intestinal de ambos os minerais.

Em relação à granulometria, para o Experimento 1, o aumento no tamanho da partícula do fosfato, de 615 para 501 micrômetros diminuiu o coeficiente de digestibilidade, de 22,19% para 34,34%. Já para o experimento 2, foi verificado o inverso, onde o aumento do DGM dos alimentos teste, levou também ao aumento dos coeficientes de digestibilidade verdadeira do P, com 33,30% e 1,965%, para partículas maiores e menores, respectivamente, corroborando com os resultados encontrados por Kim et al. (2018), onde digestibilidade do P foi de 22 e 28% para partículas finas e grossas, respectivamente. O aumento da digestibilidade quando do fornecimento de partículas finas de P pode estar relacionado como grau de moagem do alimento, pois a redução do tamanho da partícula aumenta a superfície de contato desta à ação dos agentes digestivos e, dessa forma exerce influência na digestibilidade dos nutrientes (ZANOTTO et al., 1995).

## **Conclusão**

Para as aves de 52 semanas de idade, os coeficientes de digestibilidade verdadeira do P do FB 18%, do FB 19% e do FB 20% são: 22,79%; 33,74% e 34,38%, respectivamente. Já para as aves de 57 semanas, os coeficientes de digestibilidade verdadeira do P de FB 18% foi 33,29%; FB 19%: 23,53% e FB 20%: 1,96%. Em relação a determinação da digestibilidade do P deve-se levar em consideração a metodologia aplicada de modo a evitar subestimar ou superestimar os coeficientes de digestibilidade obtidos.

## Agradecimentos

Agradecemos à Embrapa Suínos e Aves, Concórdia - SC, por fornecer recursos, infraestrutura e corpo técnico para a realização da pesquisa.

Os experimentos foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais - CEUA da Embrapa Suínos e Aves, sob protocolo número 017/2016 e foram realizados de acordo com as normas técnicas de biosegurança e ética.

## Referências bibliográficas

ABUDABOS, A.M. Phytase phosphorus utilization and intestinal activity in laying hens. *Italian Journal of Animal Science*, v.11, p. 41-46, 2012.

AJAKAIYE, A. et al. Determination of true digestive utilization of phosphorus and the endogenous phosphorus outputs associated with soybean meal for growing pigs. *Journal of Animal Science*, v.8, p. 2766-2775, 2003.

APPLEGATE, T. J.; ANGEL, R. Nutrient requirements of poultry publication: History and need for an update. *The Journal of Applied Poultry Research*, v.23, p. 567-575, 2014.

BIKKER, P.; SPEK, J.W.; VAN EMOUS, R.A.; VAN KRIMPEN, M.M. Precaecal phosphorus digestibility of inorganic phosphate sources in male broilers. *Br. Poult. Sci.*, v.57, 810-817, 2016.

BRUGALLI, I.; SILVA, D.J., ALBINO, L. F. T.; GOMES, P. C.; ROSTAGNO, H. S.; SILVA, M.A. Exigência de Fósforo Disponível e Efeito da Granulometria na Biodisponibilidade de Fósforo da Farinha de Carne e Ossos para Pintos de Corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.28, p.1288-1296, 1999.

BUNZEN, S. *Digestibilidade de fósforo de alimentos e exigência de fósforo digestível de aves e suínos*. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Viçosa- UFV, 2009. 129 p.

CRUZ, S.C.S. *Digestibilidade do cálcio de alimentos avaliada em frangos de corte e em suínos com diferentes métodos*. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa- MG. 2009. 70 p.

JONGBLOED, A.W.; KEMME, P.A. Apparent digestible phosphorus in the feeding of pigs in relation to availability, requirement and environment. Digestible phosphorus in feedstuffs from plant and animal origin. *Netherland Journal Agriculture Science*, v.38, p.56-75, 1990.

JUNQUEIRA, O. M.; RODRIGUES, E. A. Balanço de cálcio e fósforo em poedeiras comerciais. In: BERCHIERI JUNIOR, A. *Atualização em avicultura para poedeiras comerciais*. Jaboticabal, FCAV; Funep, 2004. p. 107-20.



KIARIE, E.; NYACHOTI, C. M. Bioavailability of calcium and phosphorous in feedstuffs for farm animals. p. 76–83, 2009.

KIM, S.W.; LI, W.; ANGEL, R.; PROSZKOWIEC-WEGLARZ, M. Effects of limestone particle size and dietary Ca concentration on apparent P and Ca digestibility in the presence or absence of phytase. *Poultry Science*, n. 97, p. 4306–4314, 2018.

LESKE, K.; COON, C. The development of feedstuff retainable phosphorus values for broilers. *Poultry Science*, v. 8, p.1681–1693, 2002.

LIU, J.B.; CHEN, D.W.; ADEOLA, O. Phosphorus digestibility response of broiler chickens to dietary calcium-to-phosphorus ratios. *Poult. Sci.*, v.92, p.1572–1578, 2013.

LIU, J.B.; YANA, H. L.; CAO, S.C.; LIU, J.; ZHANG, H.F. Effect of feed intake level on the determination of apparent and standardized total tract digestibility of phosphorus for growing pigs. *Animal Feed Science and Technology*, v. 246, p. 137–143, 2018.

MUTUCUMARANA, R.K.; RAVINDRAN, V.; RAVINDRAN, G.; COWIESON, A.J. Measurement of true ileal phosphorus digestibility in maize and soybean meal for broiler chickens: comparison of two methodologies. *Animal Feed Science and Technology*, v. 206, p. 76–86, 2015.

MUTUCUMARANA, R. K.; RAVINDRAN, V. Measurement of true ileal phosphorus digestibility in meat and bone meal for broiler chickens using the direct method. *Animal Feed Science and Technology*, v. 219, p. 249–256, 2016.

PROSZKOWIEC-WEGLARZ, M.; ANGEL, R. Calcium and phosphorus metabolism in broilers: effect of homeostatic mechanism on calcium and phosphorus digestibility. *J. Appl. Poult. Res.*, v. 22, p.609–627, 2013.

RODEHUTSCORD, M. et al. A note on sampling digesta from the ileum of broilers in phosphorus digestibility studies. *Poultry Science*, v. 91, p. 965-971, 2012.

RODEHUTSCORD, M.; ADEOLA, O.; ANGEL, R.; BIKKER, P.; DELEZIE, E.; DOZIER, W.A.; UMAR FARUK, M.; FRANCESCH, M.; KWAKERNAAK, C.; NARCY, A.; NYACHOTI, C.M.; OLUKOSI, O.A.; PREYNAT, A.; RENOUF, B.; SAIZ DEL BARRIO, A.; SCHEDULE, K.; SIEGERT, W.; STEENFELDT, S.; VAN KRIMPEN, M.M.; WAITITU, S.M.; WITZIG, M. Results of an international phosphorus digestibility ring test with broiler chickens. *Poultry Science*, v. 96, p. 1679–1687, 2017.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; HANNAS, M.I.; DONZELE, J.L.; SAKOMURA, N.K.; PERAZZO, F.G.; SARAIVA, A.; ABREU, M.L.T.; BORGES, P.B.; OLIVEIRA, R.F.; BARRETO, S.L.T.; BRITO, C.O. *Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais*. 4.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2017. 488p.

SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. *Métodos de Pesquisa em Nutrição de Monogástricos*. 2ªEd. 2016. 262p.

SCHULIN-ZEUTHEN, M. et al. Meta- analysis of phosphorus balance data from growing pigs. *Journal Animal Science*, v.85, p. 1953-1961, 2007.

SELLE, P.H.; COWIESON, A.J.; RAVINDRAN, V. Consequences of calcium interactions with phytate and phytase for poultry and pigs. *Livest. Sci.*, v. 124, p. 126–141, 2009.

SHASTAK, Y.; WITZIG, M.; HARTUNG, K.; RODEHUTSCORD, M., Comparison of retention and prececal digestibility measurements in evaluating mineral phosphorus sources in broilers. *Poultry Science*, v. 91, p. 2201–2209, 2012.

SIBBALD, J. R.; SLINGER, S. J. A biological assay for metabolizable energy in poultry feed ingredients together with findings which demonstrate some of the problems associated with the evaluation of fats. *Poultry Science*, Champaign, v. 42, p. 313-325, 1963.

SUTTLE, N.F. *Mineral Nutrition of Livestock*. 4<sup>a</sup> ed. 2010.

TAMIM, N.M.; ANGEL, R.; CHRISTMAN, M. Influence of dietary calcium and phytase on phytate phosphorus hydrolysis in broiler chickens. *Poultry Science*, v. 83, p. 1358–1367, 2004.

TRAIRATAPIWANA, T.; RUANGPANITA, Y.; SONGSERMA, O.; ATTAMANGKUNE, S. True ileal phosphorus digestibility of monocalcium phosphate, monodicalcium phosphate and dicalcium phosphate for broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*, v. 241, p. 1–7, 2018.

VAN HARN, J.; SPEK, J.W.; VAN VUURE, C.A.; VAN KRIMPEN, M.M. Determination of prececal phosphorus digestibility of inorganic phosphates and bone meal products in broilers. *Poultry Science*, v. 96, p. 1334–1340, 2017.

VAN SOEST, P.J. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. Comstock. 1994

VERARDI, A. *Perdas endógenas e digestibilidade verdadeira do fósforo dos farelos de soja e de canola para aves e suínos*. Tese (Doutorado), Universidade do Estado de Santa Catarina- CAV, Lages, 2017. 124 p.

ZANOTTO, D.L., MONTICELLI, C., MAZZUCO, H. Implicações da granulometria de ingredientes de rações sobre a produção de suínos e aves. In: SIMPÓSIO LATINOAMERICANO DE NUTRIÇÃO DE SUÍNOS E AVES, 1995, Campinas. *Anais...* Campinas: CBNA, 1995 p. 111-133.

**Figura 1.** Alimentos teste utilizados no experimento com as galinhas poedeiras de 52 e 57 semanas de idade, onde 1 representa: 1: fosfato bicálcico 18% (FB 18%); 2: fosfato bicálcico 19% (FB 19%) e 3: fosfato bicálcico 20% (FB 20%).



**Tabela 1:** Diâmetro geométrico médio (DGM), DPG (Desvio padrão geométrico), % de Ca, % de P e % de Mg dos alimentos teste.

Alimento teste	DGM <sup>1</sup> (µm <sup>2</sup> )	DPG <sup>3</sup>	Ca (%)	P (%)	Mg (%)
FB 18%	615	2,68	21,40	16,81	1,16
FB19%	162	2,02	23,10	18,92	2,20
FB 20%	501	2,06	20,90	20,13	1,90

<sup>1</sup> Diâmetro geométrico médio.

<sup>2</sup> Micrômetros.

<sup>3</sup> Desvio padrão geométrico.

**Tabela 2:** Composição da ração experimental para poedeiras com 52 semanas.

Ingrediente	Tratamentos		
	Perda Endógena	Basal	Basal + Fosfato bicálcico <sup>1</sup>
Sabugo de milho	16,69	*	*
Amido	80,00	6,08	4,08
Óleo de soja	1,00	1,00	1,00
Milho	*	59,80	59,80
Farelo de soja	*	27,96	27,96
Carbonato de potássio	0,65	*	*
Açúcar	*	4,00	4,00
Sal comum	0,48	0,49	0,49
Suplemento vitamínico	0,11	0,11	0,11
Suplemento mineral	0,11	0,11	0,11
DL-Metionina	0,05	0,29	0,29
L- Lisina HCl (99%)	0,32	*	*
L- Treonina (98,5 %)	0,07	0,03	0,03
L- Valina (99%)	0,04	*	*
L- Arginina (99%)	0,21	*	*
Glicina	0,15	*	*
L-Triptofano (99%)	0,04	*	*
L- Isoleucina (99%)	0,02	*	*
BHT	0,01	0,01	0,01
Cloreto de colina	0,10	0,10	0,10
Fosfato bicálcico <sup>1</sup>	*	*	2,00
<b>TOTAL (Kg)</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

<sup>1</sup> A inclusão de fosfato bicálcico 18%, fosfato bicálcico 19% e fosfato bicálcico 20% foi a mesma, em suas respectivas rações, portanto 2 Kg de fosfato bicálcico.

**Tabela 3:** Composição das rações experimentais para poedeiras as 57 semanas.

Ingrediente	Tratamento				
	Geral	Basal	FB 18%	FB19%	FB 20%
Milho	113,16	*	*	*	*
Farelo de soja	67,84	*	*	*	*
Calcário calcítico	22,72	*	*	*	*
Óleo de soja	10,82	*	*	*	*
Sal comum	1,10	*	*	*	*
DL-Metionina	0,66	*	*	*	*
Suplemento vitamínico	0,13	*	*	*	*
Cloreto de colina	0,13	*	*	*	*
BHT	0,11	*	*	*	*
Ração geral	*	49,24	49,24	49,24	49,24
Amido	*	0,76	*	0,02	0,06
Fosfato bicálcico 18%	*	*	0,76	*	*
Fosfato bicálcico 19%	*	*	*	0,74	*
Fosfato bicálcico 20%	*	*	*	*	0,70
<b>TOTAL (Kg)</b>	<b>217,67</b>	<b>50,00</b>	<b>50,00</b>	<b>50,00</b>	<b>50,00</b>

**Tabela 4:** Valores médios de balanço de P das rações e dos alimentos para galinhas em postura com 52 semanas de idade.

Variáveis	Basal	RB+ FB 18% <sup>1</sup>	RB+ FB 19% <sup>2</sup>	RB+ FB 20% <sup>3</sup>
Cons MS, g/ave/dia	70,75	72,16	76,540	72,84
Cons P total, g/ave/dia	0,27	0,53	0,60	0,59
Cons P alim, g/ave/dia	*	0,27	0,32	0,32
Excreta MS, g/ave/dia	21,93	22,22	22,46	23,36
P na excreta, %	1,25	2,00	2,09	1,95
Excreção de P, g/ave/dia	0,27	0,44	0,46	0,45
P endóg excr, g/g de MS cons	0,04	0,05	0,05	0,05
CDAp P Ração, %	11,00	16,70	22,87	23,58
Cons P DigAp tot, g/ave/dia	*	0,09	0,14	0,14
Cons P DigAp Basal, g/ave/dia	*	0,03	0,03	0,03
Cons P DigAp Alim, g/ave/dia	*	0,06	0,11	0,11
CDAp P Alim, %	*	22,39	33,38	34,04
CDVerd P Ração, %	29,18	25,99	31,60	32,02
Cons PDv Total, g/ave/dia	*	0,14	0,19	0,19
ConsPDv Basal, g/ave/dia	*	0,08	0,08	0,07
Cons de PDv Alim, g/ave/dia	*	0,07	0,11	0,11
CDVerd P Alim, %	*	22,79	33,74	34,38

<sup>1</sup> Ração basal + fosfato bicálcico 18%.

<sup>2</sup> Ração basal + fosfato bicálcico 19%.

<sup>3</sup> Ração basal + fosfato bicálcico 20%.

**Tabela 5:** Valores médios de balanço de P das rações e dos alimentos para galinhas em postura com 57 semanas de idade.

Variáveis	Basal	RB+ FB 18% <sup>1</sup>	RB+ FB 19% <sup>2</sup>	RB+ FB 20% <sup>3</sup>
Cons MS, g/ave/dia	105,72	102,70	108,81	103,36
Cons P total, g/ave/dia	0,34	0,60	0,61	0,56
Cons P alim, g/ave/dia	*	0,28	0,26	0,23
Excreta MS, g/ave/dia	27,62	26,94	30,89	29,02
P na excreta, %	1,154	1,76	2,42	1,96
Excreção de P, g/ave/dia	0,31	0,47	0,77	0,57
P endóg excr, g/g de MS cons	0,073	0,071	0,076	0,072
CDAp P Ração, %	11,66	21,48	16,60	7,44
Cons P DigAp tot, g/ave/dia	*	0,14	0,10	7,44
Cons P DigAp Basal, g/ave/dia	*	0,04	0,04	0,03
Cons P DigAp Alim, g/ave/dia	*	0,10	0,06	0,00
CDAp P Alim, %	*	32,89	19,22	1,50
CDVerd P Ração, %	33,14	33,22	27,58	20,20
Cons PDv Total, g/ave/dia	*	0,21	0,17	0,09
ConsPDv Basal, g/ave/dia	*	0,11	0,11	0,09
Cons de PDv Alim, g/ave/dia	*	0,10	0,06	0,00
CDVerd P Alim, %	*	33,30	23,52	1,96

<sup>1</sup> Ração basal + fosfato bicálcico 18%.

<sup>2</sup> Ração basal + fosfato bicálcico 19%.

<sup>3</sup> Ração basal + fosfato bicálcico 20%.



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para galinhas poedeiras com 33 semanas de idade os coeficientes de digestibilidade verdadeira do Ca para fosfato bicálcico, calcário Furquim, calcário Santa Helena fino e calcário Santa Helena grosso são: 84,8%, 68,6%, 64,3% e 43,1%, respectivamente e o coeficiente de digestibilidade verdadeiro do P de fosfato bicálcico é 40,00%. Já para galinhas com 52 semanas de idade, os coeficientes de digestibilidade verdadeira do fosfato bicálcico 18%, fosfato bicálcico 19%, fosfato bicálcico 20%, calcário Furquim fino, calcário Santa Helena fino e calcário Santa Helena grosso são: 76,00%; 68,00%; 69,30%; 50,40%; 56,50% e 14,00%, respectivamente.

Para as aves de 52 semanas de idade, os coeficientes de digestibilidade verdadeira do P de fosfato bicálcico 18%, fosfato bicálcico 19% e fosfato bicálcico 20% são: 22,79%; 33,74 %; 34,38%, respectivamente. Já para as aves de 57 semanas, os coeficientes de digestibilidade verdadeira do P são: 33,29%; 23,53 % e 1,96% para fosfato bicálcico 18%, fosfato bicálcico 19% e fosfato bicálcico 20%, respectivamente.

Os ensaios de metabolismo apresentados demonstram a importância da determinação dos coeficientes de digestibilidade verdadeira de fontes inorgânicas de Ca e P para galinhas poedeiras em diferentes fases de produção, considerando a variabilidade de características físicas que apresentam estes alimentos, como granulometria e solubilidade, que podem exercer efeito sob a digestibilidade de tais alimentos. A partir dos dados de Ca e P digestíveis, será possível formular a ração mais próxima da exigência do animal, o que diminui as quantidades excretadas e evita problemas de excesso de adição de nutriente, que causa problemas no metabolismo e absorção de outros minerais. Além disso, deve-se estar atento à metodologia aplicada na avaliação da digestibilidade de Ca e P como forma de evitar subestimar ou superestimar os coeficientes de digestibilidade verdadeira.

## REFERÊNCIAS

- ABPA – Associação brasileira de proteína animal. **Relatório anual**. 2017.
- ADEDOKUN, S. A.; ADEOLA, O. Calcium and phosphorus digestibility: Metabolic limits. **J. Appl. Poult. Res.**, v. 22, p.600–608, 2013.
- ADEOLA O. Digestion and balance techniques in pigs. In: Lewis AJ, Southern LL, editors. Swine nutrition. 2<sup>a</sup> ed. Washington, DC: CRC Press; p. 903-916, 2001.
- ADHIKARI, P.A.; HEO, J.M, NYACHOTI, C.M. True and standardized total tract phosphorus and nutrient utilization in growing pigs. **Journal Animal Science**, v. 94, p.473, 2016.
- ALVARENGA, R.R.; ZANGERÔNIMO, M.G. E.; ALVARENGA, R.R. Adição de fitase em rações para frangos de corte. **PUBVET**, v.2, n.17, 2008.
- AMARAL, G., GUIMARÃES, D., NASCIMENTO, J.C., CUSTÓDIO, S. Avicultura de postura: estrutura da cadeia produtiva, panorama do setor no Brasil e no mundo e o apoio do BNDES. **BNDS Setorial**. v.43. p.167-207. 2016.
- ANDERSON, K. E.; HARVENSTEIN, G. B.; BRAKE, J. Effects of strain and rearing dietary regimens on brown-egg pullet growth and strain, rearing dietary regimens, density, and feed space effects on subsequent laying performance. **Poultry Science**, v. 74, p. 1079-1092, 1995.
- ANDRIGUETTO, J.M.; MINARDI, I.; GEMAEL, A.; FLEMMING, S.J. **Absorção e nutrição animal: bases e fundamentos**, p. 68-116, 2002.
- ANWAR, M.N., RAVINDRAN, V., MOREL, P.C.H., RAVINDRAN, G., COWIESON, A.J. Effect of limestone particle size and calcium to non-phytate phosphorus ratio on true ileal calcium digestibility of limestone for broiler chickens. **British Poultry Science**, v. 57, p. 707–713, 2016.
- ANWAR, M.N.; RAVINDRAN, V.; MORELA, P.C.H.; RAVINDRAN, G.; COWIESON, A.J. Measurement of the true ileal calcium digestibility of some feed ingredients for broiler chickens. **Animal Feed Science and Technology**, v. 237, p. 118–128, 2018.
- AUMAN, S.K. Increasing dietary phosphorus retention and decreasing fecal phosphate excretion in modern commercial broilers. 2003.
- AXE, D. Solubility should be used in selection of limestone product. **Feedstuffs**, v.61, n.53, p.16-20, 1989.
- BERTECHINI, A. G. **Metabolismo dos Minerais**. In: BERTECHINI, A. G. Nutrição de Monogástricos. Lavras: Editora UFLA – MG, 169 – 211, 2006.

BIKKER, P.; SPEK, J.W.; VAN EMOUS, R.A.; VAN KRIMPEN, M.M. Precaecal phosphorus digestibility of inorganic phosphate sources in male broilers. **Br. Poult. Sci.**, v. 57, p. 810–817, 2016.

BLAIR, R.; ENGLISH, P.; MICHIE, W. Effect of calcium source on calcium retention in the young chick. **Poultry Science**, v.44, p.355–356, 1965.

BRONNER, F. Calcium absorption: A paradigm for mineral absorption. **The Journal of Nutrition** 128: 917-920, 1998.

BRONNER, F. Mechanisms of intestinal calcium absorption. **Journal Cell Biochemical**, v.88, p.387-393, 2003.

BRONNER, F.; PANSU, D.; STEIN, W. D. An analysis of intestinal calcium transport across the rat intestine. **Am. J. Physiol.**, v.250, p.561–569, 1986.

BRUGALLI, I.; SILVA, D.J., ALBINO, L. F. T.; GOMES; P. C.; ROSTAGNO, H. S.; SILVA, M.A. Exigência de Fósforo Disponível e Efeito da Granulometria na Biodisponibilidade de Fósforo da Farinha de Carne e Ossos para Pintos de Corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, p.1288-1296, 1999.

BUNZEN, S; ROSTAGHO, H.S.; LOPES, D.C. et al. Digestibilidade do fósforo de alimentos de origem vegetal determinada com suínos em crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 1236-1242, 2008.

BUNZEN, S. **Digestibilidade de fósforo de alimentos e exigência de fósforo digestível de aves e suínos**. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Viçosa- UFV, 2009. 129 p.

CHENG, Y. H.; GOFF, J.P.; SELL, J.L. et al., Utilizing *Solanum glaucophyllum* alone or with phytase to improve phosphorus utilization in broilers. **Poultry Science**, v. 83, p. 406- 413, 2004.

CIAS, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias>. Acessado em 17/08/2018.

COON, C.; LESKE, K.; SEO, S. The availability of calcium and phosphorus in feedstuffs. Pages 151–179 in *Poultry Feedstuffs: Supply, Composition and Nutritive Value*. J. M. McNab and K. N. Boorman, ed. CABI Pub, New York, NY, 2002.

CRUZ, S.C.S. **Digestibilidade do cálcio de alimentos avaliada em frangos de corte e em suínos com diferentes métodos**. Dissertação de mestrado. Viçosa- MG. 70 f. 2009.

FAN, M.Z.; ARCHBOLD, T.; SAUER, W.C.; LACKEYRAM, D.; RIDEOUT T.; GAO, Y. et al. Novel methodology allows simultaneous measurement of true phosphorus digestibility and the gastrointestinal endogenous phosphorus outputs in studies with pigs. **J Nutr**, v.131, p.88-96, 2001.

GONZALEZ-VEGA, J.; WALK, C.; LIU, Y.; STEIN, H.H. Determination of endogenous intestinal losses of calcium and true total tract digestibility of calcium in canola meal fed digestibility in canola meals from *Brassica napus* black and *Brassica juncea* yellow fed to growing pigs. **J Anim Sci.**, v.93, p. 209-16, 2015.

HOENDEROP, J. G. L.; NILIUS, B.; BINDELS, R. J. M. Calcium absorption across epithelia. **Physiological Reviews**, n.35, p. 373-422, 2005.

ITO, R.I. Aspectos nutricionais relacionados à qualidade de casca de ovos. In: SIMPÓSIO TÉCNICO DE PREODUÇÃO DE OVOS. **Anais...** APA ASSOCIAÇÃO PAULISTA DE AVICULTURA, p. 119-138, 1998. Jaboticabal: Funep/Unesp, p. 167-173, 2002.

JARDIM FILHO R. M.; STRINGHINI, J.H.; CAFÉ, M.B.; LEANDRO, N.S.M.; CUNHA, W.C.P.; NASCIMENTO, J.O. Influência das fontes e granulometria do calcário calcítico sobre o desempenho e qualidade da casca dos ovos de poedeiras comerciais. **Acta Scientiarum**, v. 27, p. 35-40, 2005.

JUNQUEIRA, L.C.; CARNEIRO, J. Tecido ósseo. In: **Histologia Básica**. 10ª ed. Rio de Janeiro. cap. 8, p. 148-149, 2004.

KIM, S.W.; LI, W.; ANGEL, R.; PROSZKOWIEC-WEGLARZ, M. Effects of limestone particle size and dietary Ca concentration on apparent P and Ca digestibility in the presence or absence of phytase. **Poultry Science**, n. 97, p. 4306–4314, 2018.

KLASING, K.C. **Comparative Avian Nutrition**. London: CAB Internacional, 350 p., 1998.

KONG, C.; ADEOLA, O. Evaluation of amino acid and energy utilization in feedstuff for swine and poultry diets. **Journal Animal Science**, v.27, p.917–925, 2014.

LEANDRO, N. S. M.; STRINGHINI, J. H.; CAFÉ, M. B.; et al. Efeito da Granulometria do Milho e do Farelo de Soja sobre o Desempenho de Codornas Japonesas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.1266-1271, 2001.

LOBAUGH, B.; JOSHUA, I. G.; MUZZLER, W. J. Regulation of calcium appetite in broiler chickens. **Journal of Nutrition**, v.111, p.298-306, 1981.

MAIORKA, A.; MACARI, M. **Absorção de minerais**. In: MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, E. *Fisiologia Aviária Aplicada a Frangos de Corte*. 2. Ed., 375 p.

MORRIS, T. R.; NALBANDOV, A. V. The induction of ovulation in starging pullets using mamalian and avian gonadotropins. **Endocrinology**, Chevy Chase, v. 68, p. 687-697, 1961.

MOUGHAN, P.; SMITH, W.; SCHRAMA, J.; SMITS, C. Chromic oxide and acid-insoluble ash as faecal markers in digestibility studies with young growing pigs. New Zeal, **J Agr Res**;v.34, p. 85- 88, 1991.

MUTUCUMARANA, R.K.; RAVINDRAN, V.; RAVINDRAN, G.; COWIESON, A.J. Measurement of true ileal phosphorus digestibility in maize and soybean meal for broiler chickens: comparison of two methodologies. **Animal Feed Science and Technology**, v. 206, p. 76–86, 2015.

MUTUCUMARANA, R. K.; RAVINDRAN, V. Measurement of true ileal phosphorus digestibility in meat and bone meal for broiler chickens using the direct method. **Animal Feed Science and Technology**, v. 219, p. 249–256, 2016.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC) – Nutrients requirements of poultry. 10th Rev. Edition Natl. Acad. Press, Washington, DC., 1998, 189p.

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

OLUKOSI, O.; BOLARINWA, O.; COWIESON, A.; ADEOLA, O. Marker type but not concentration influenced apparent ileal amino acid digestibility in phytase-supplemented diets for broiler chickens and pigs. **Journal Animal Science**; v. 90, p.14-20, 2012.

PANSU, F.B.E.D. Nutritional aspects of calcium absorption. **The Journal of Nutrition**, v. 129, p.9-12, 1999.

PLUMSTEAD, P.W.; LEYTEM, A.B.; MAGUIRE, R.O.; SPEARS, J.W.; KWANYUEN, P.; BRAKE, J. Interaction of calcium and phytate in broiler diets. 1. Effects on apparent prececal digestibility and retention of phosphorus. **Poultry Science**, v. 87, p. 449–458, 2008.

POTTER, L. M. Bioavailability of phosphorus from various phosphates based on body weights and toe ash measurements. **Poultry Science**, v. 67, p. 96 – 102, 1988.

RAVINDRAN, V.; HENDRIKS, W. H. Endogenous amino acid flows at the terminal ileum of broilers, layers and adult roosters. **Animal Science**, v.79, p. 265–271, 2004.

RAVINDRAN, V.; HEW, L.I.; RAVINDRAN, G.; BRYDEN, W.L. Apparent ileal digestibility of amino acids in feed ingredients for broiler chickens. **Animal Science**, v.81, p. 85–97, 2005.

REID, L.; WEBER, C.W. Calcium availability and trace minerals composition of feed grade calcium supplements. **Poultry Science**, v.55, p.695-712, 1976.

RODEHUTSCORD, M. Approaches and challenges for evaluating phosphorus sources for poultry. In: European Symposium on Poultry Nutrition, WPSA UK branch, Edinburgh, Scotland, p. 2-6, 2009.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T.; EUCLIDES, R.F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3ª ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa. 252 p., 2011.

RUNHO, R.C.; GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H. S. et al. Exigência de fósforo disponível para frangos de corte machos e fêmeas de 1 a 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p. 187- 196, 2001.

SA, M. V. D. C. E; BOYD, C. E. Variability in the solubility of agricultural limestone from different sources and its pertinence for aquaculture. **Aquacult. Res**, v. 48, p.4292–4299, 2017.

SAKOMURA, N. K., ROSTAGNO, H. S. **Métodos de Pesquisa em Nutrição de Monogástricos**. 2ª Ed., 262p., 2016.

SANTANA, A. L. A. Digestibilidade do cálcio de fontes minerais avaliadas em suínos, **Dissertação de mestrado**. Viçosa- MG. 38f. 2013.

SHASTAK, Y.; WITZIG, M.; HARTUNG, K.; RODEHUTSCORD, M. Comparison of retention and prececal digestibility measurements in evaluating mineral phosphorus sources in broilers. **Poultry Science**, v. 91, p. 2201–2209, 2012.

SINDIRAÇÕES. **Boletim informativo do setor**. 2017.

SPENCER, J.D.; ALLEE, G.L.; SAUBER, T.E. Phosphorus bioavailability and digestibility of normal and genetically modified low- phytase corn for pigs. **Journal of Animal Science**, v. 78, p. 675-678, 2000.

STEIN, H.H.; ADEOLA, O.; CROMWELL, G.L.; KIM, S.W.; MAHAN, D.C.; MILLER, P.S. Concentration of dietary calcium supplied by calcium carbonate does not affect the apparent total tract digestibility of calcium, but decreases digestibility of phosphorus by growing pigs. **Journal Animal Science**, v. 89, p. 2139–2144, 2011.

SUTTLE, N.F. **Mineral Nutrition of Livestock**. 4ª ed. 2010.

TRAIRATAPIWAN, T.; RUANGPANIT, Y.; SONGSERM, O.; ATTAMANGKUNE, S. True ileal phosphorus digestibility of monocalcium phosphate, monodicalcium phosphate and dicalcium phosphate for broiler chickens. **Animal Feed Science and Technology**, v.241, p. 1–7, 2018.

VAN HARN, J.; SPEK, J.W.; VAN VUURE, C.A.; VAN KRIMPEN, M.M. Determination of prececal phosphorus digestibility of inorganic phosphates and bone meal products in broilers. **Poultry Science**, v.96, p.1334–1340, 2017.

VERARDI, A. **Perdas endógenas e digestibilidade verdadeira do fósforo dos farelos de soja e de canola para aves e suínos**. Tese (Doutorado), Universidade do Estado de Santa Catarina- CAV, Lages, 2017. 124 p.

VITTI, D.M.S.S.; DA SILVA FILHO, J.C. Isotope dilution technique. In: Vitti DMSS, Kebreab E, editors. Phosphorus and calcium utilization and requirements in farm animals. London, United Kingdom: **CAB International**, p. 8-17, 2010.

WANG, T.; RAGLAND, D.; ADEOLA, O. Investigations of marker and fiber effects on energy to growing pigs. **Journal Animal Science**, v. 91, 2013.


WPSA - WORLD'S POULTRY SCIENCE ASSOCIATION. Determination of phosphorus availability in poultry. **Wld's Poult. Sci.**, v.69, p. 687–698, 2013.

ZHANG, B.; COON, C.N. Improved in vitro methods for determining limestone and oyster shell solubility. **Journal Applied Poultry Research**, v.6, p. 94-99. 1997.

ZHANG, F.; RAGLAND, D.; ADEOLA, O. Comparison of apparent ileal and total tract digestibility of calcium in calcium sources for pigs. **Journal Animal Science**, v.96, p. 563- 569, 2016.

ZHANG, F.; ADEOLA, O. Techniques for evaluating digestibility of energy, amino acids, phosphorus, and calcium in feed ingredients for pigs. **Animal Nutrition**, v. 3, p.344- 352, 2017.

## CARTA DE APROVAÇÃO DO CETEA

	Certificado*	ETICA 1/1
---	--------------	--------------

\*Em concordância com a Orientação Técnica CONCEA no 8, de 18 de março de 2016 (Anexo I)

Certificamos que a proposta intitulada **"Otimização no uso de cálcio, fósforo e vitamina D na nutrição de poedeiras"**, registrada com o nº **017/2016**, sob a responsabilidade de **Fernando Tavernari** – que envolve a produção, manutenção ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto humanos), para fins de pesquisa científica (ou ensino) – encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovada pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA) DO(A) Embrapa Suínos e Aves, em reunião de **09/12/2016**.

Finalidade	( ) Ensino ( X ) Pesquisa Científica
Vigência da Autorização	01/06/2017 – 31/05/2019
Espécie/linhagem/raça	Gallus gallus/ Poedeiras
Nº de animais	2600
Peso/Idade	1250g/18 dias
Sexo	Fêmeas
Origem	Incubatório comercial



Presidente CEUA/CNPSA