



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA  
ESCOLA DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**DIFERENTES FONTES DE CÁLCIO NA ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS**

**ANA LÚCIA ALMEIDA SANTANA  
Mestre em Zootecnia**

**SALVADOR – BAHIA  
MARÇO – 2016**

**ANA LÚCIA ALMEIDA SANTANA**

**DIFERENTES FONTES DE CÁLCIO NA ALIMENTAÇÃO DE  
SUÍNOS**

Tese apresentada ao Programa de Doutorado em Zootecnia, da Universidade Federal da Bahia como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Zootecnia.

Área de Concentração: Nutrição e Produção de Suínos e Aves e Aquicultura

Orientador: Prof. Dr. Paulo Levi de Oliveira Carvalho  
Coorientador: Prof. Dr. Gleidson Giordano Pinto de Carvalho

**SALVADOR – BA  
MARÇO – 2016**

Sistema de Bibliotecas da UFBA

Santana, Ana Lúcia Almeida.

Diferentes fontes de cálcio na alimentação de suínos / Ana Lúcia Almeida Santana. - 2016.  
100 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Levi de Oliveira Carvalho.

Coorientador: Prof. Dr. Gleidson Giordano Pinto de Carvalho.

Tese (doutorado) - Universidade Federal da Bahia, Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia, Salvador, 2016.

1. Suíno - Alimentação e rações. 2. Cálcio. 3. Digestão. 4. Minerais na nutrição animal.  
5. Desempenho. 6. Suíno - Criação. I. Carvalho, Paulo Levi de Oliveira. II. Carvalho, Gleidson Giordano Pinto de. III. Universidade Federal da Bahia. Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia. IV. Título.

CDD - 636.0855

“Talvez não conseguimos fazer o melhor, mas lutamos para que o melhor fosse feito. Não somos o que deveríamos ser, mas Graças a Deus, não somos o que éramos”.

(Marthin Luther King)

“Lembra da minha ordem: seja forte e corajoso! Não fique desanimada, nem tenha medo, porque eu, o Senhor, seu Deus, estarei com você em qualquer lugar por onde você andar”.

(Josué 1,9)

“Quase tudo me faltava, mas fé nunca faltou; Deus me ensinou os valores mais nobres: que um sonhador nunca é pobre, e sonhar não tem preço, mas tem muito valor”.

(Bráulio Bessa)

A Deus, criador de todas as coisas, quem de fato permite a  
obtenção do conhecimento.  
Ao meu esposo Flávio.  
Aos meus pais e irmãos.  
Aos primos Ene, Nina e Ailton.  
A todos os professores que fizeram parte da minha trajetória.  
Ao povo brasileiro, que luta diariamente pela vida,  
em especial, aos baianos.

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

Obrigada Senhor por cada fase, por toda proteção, por cada dia que amanheci sem forças e fui sustentada por Ti, por cada minuto que convivi com tantas pessoas diferentes. Elas me ensinaram muito, algumas mostraram-me virtudes admiráveis e outras me ajudaram a enxergar tudo aquilo que não devo me tornar.

Flávio, meu amado esposo, agradeço imensamente pela paciência “de Jó”, pela compreensão e motivação para eu seguir em frente, nos momentos de maior fraqueza você me levantou e me encorajou a persistir e não recuar. Eu amo muito você!

Aos meus pais e irmãos, por me ensinarem os verdadeiros princípios da vida de uma forma tão linda que se tornaram invioláveis. Com vocês, de fato, aprendo cada dia a dar prioridade ao que é prioritário. Obrigada por me amar e orar sempre por mim. Tudo que tenho vivido, é também por vocês!

Ao meu orientador Paulo Levi, por ter me dado a oportunidade de realizar o Doutorado mais próximo de casa e pelos ensinamentos adquiridos. Aprendi muito com a nossa convivência e sustento uma grande admiração pelo senhor, principalmente como ser humano. Eternamente grata!

Ao professor Alexandre, pelas dicas, atenção e contribuições com as análises ósseas.

Agradeço de coração ao Grupo de Pesquisa em Suínos da Unioeste – PR, pelo apoio e amizade durante o período em que estive realizando minha pesquisa de campo. Obrigada Mari, Poli, Ana G., Davi, Eliseu, Fábio, Osiris, Cris e Jansller pelo companheirismo!

Aos meus anjos e amigos, aqueles mais velhos e distantes que velaram por mim durante todo o tempo, Cris e Lica, irmãs que Deus me presenteou há 9 anos, obrigada pela presença constante, mesmo estando distantes. E aqueles que Deus me presenteou durante o Doutorado, ao casal Andressa Faccenda e André Sanchez pela recepção, amizade, confiança, paciência, carinho. Obrigada por me apresentar a pessoas tão especiais como a Lariane, Luana e tantos outros! Aos amigos lindos do MA e MS, muito obrigada por tudo, vocês tornaram meus dias em Marechal mais alegres! Amo vocês!!

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná pela acolhida e por possibilitar a execução do meu trabalho. Minha eterna gratidão aos funcionários da Fazenda Experimental por todo apoio, vocês, por muitas vezes, tornaram meu “fardo” mais leve.

Agradeço a Coopagril, na pessoa do Sr. Osni Tessari, pela parceria e confiança! E ao frigorífico Frimesa da cidade de Medianeira-PR, pela colaboração na coleta dos tecidos.

Aos primos Ene, Nina e Ailton por me ajudarem tanto. Obrigada por me fazer sentir amada, por cuidar de mim e estar sempre presente, desde o início. Obrigada tios (as), primos (as) e avós por tudo que sempre foram, principalmente a minha tia Josiene, por

ser um exemplo de força e superação para mim. Aos meus cunhados e sobrinhos, especialmente João e Nete! Perdoem-me por tanta ausência!

À UFBA e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia pela oportunidade e concessão da bolsa e por me permitir conviver com pessoas tão agradáveis, como Paty, Paula, Carol, Kau, Luis, Daiane, Aline, Verena, Delma, Dani e Tamilyes.

Agradeço também aos professores da UFBA pelo empenho em manter a qualidade do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia e pelas aulas ministradas, especialmente aos professores Claudio Ribeiro e Thadeu Mariniello, pelas aulas de Metabolismo Intermediário e Análise de Alimentos. Eram (são) disciplinas temidas, alguns riam de desespero enquanto outros choravam e a cúpula (alunos) sempre se reunia na salinha da Pós para trocar dúvidas, mas valeu muito. Momentos de tensão inesquecíveis ☺ ☺!!

Aos membros que compuseram a minha banca de Exame de Qualificação, Pré-Defesa e Defesa de Tese, professores doutores Cláudio Ribeiro, Gregório Murilo, Juliana Faveri, Lia Muniz, Luiz Vitor Vidal, Priscila Furtado e Thadeu Mariniello, muito obrigada por terem contribuído com minha formação.

E por fim, não menos importante, obrigada aqueles que me ajudaram de forma indireta em alguns momentos cruciais durante o Doutorado, como a professora Silvana, que me recebeu tão bem em sua casa e me ofereceu sua amizade, deu seu melhor para que eu me adaptasse bem à cidade de Marechal e aconselhou-me em momentos de turbulência. Muito obrigada pró! Aos professores Ricardo e Maximiliane, pelo empréstimo de materiais e acolhida, e ao professor Newton Scocard, pela ajuda na estatística, e pelas palavras e gestos de carinho em momentos de desolação.

Agradeço ainda aos meus amados e inesquecíveis Mestres da UFRB, Jair (*in memoriam*), Larissa, Evani, Ana Elisa, Alexandre, Ruth, Bui, Meiby e Laudi por terem me ensinado a ser uma profissional com mais humildade e por ainda me receberem tão bem, mesmo depois de 5 anos de formada, ainda me tratam como a mesma “Aninha”. Eu amo vocês!

Obrigada a todos os professores deste Brasil, desde o ensino colegial ao acadêmico, pela luta que travam a cada dia, por acreditarem que a educação ainda é uma porta de entrada para a solução dos maiores problemas, pela dedicação e empenho com seus alunos. Agradeço de coração aos meus educadores, começando pela minha tia Josiene que me alfabetizou, até chegar ao professor Paulo Levi (representando todos os professores do PPGZ/UFBA), que me recebeu e orientou durante o Doutorado. Deus os abençoe! Espero em breve ser uma de vocês, pois também sou uma amante eterna desta linda profissão!!

*“A gratidão é a mais agradável das virtudes; não é, no entanto, a mais fácil. Entretanto, não devemos confundir gratidão com retribuição de uma cortesia. A retribuição nem sempre é desinteressada, ... Gratidão é doação, é abnegação, e quem é grato deve sentir-se livre, não em dívida” (André Comte-Sponville)*

## **BIOGRAFIA DO AUTOR**

ANA LÚCIA ALMEIDA SANTANA – Filha de Januário Nunes Santana e Lúcia Almeida Santana, nasceu em Santo Antônio de Jesus, Bahia, em 28 de maio de 1986.

Iniciou o Curso de Graduação em Zootecnia na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia no primeiro semestre de 2006, concluindo o mesmo em cinco de fevereiro de 2011.

No mesmo ano ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pela Universidade Federal de Viçosa – MG, sob a orientação inicial do professor Darci Clementino Lopes, sendo transferida para o professor Juarez Lopes Donzele, defendendo a dissertação de Mestrado no dia 01 de março de 2013.

Em maio de 2013 ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pela Universidade Federal da Bahia, sob a orientação do professor Paulo Levi de Oliveira Carvalho, submetendo-se ao Exame de Qualificação no dia 30 de novembro de 2015 e à defesa de tese de Doutorado em 23 de março de 2016, sendo aprovada em ambos sem restrições.

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Página</b>
<b>Diferentes fontes de cálcio na alimentação de suínos</b>	
<b>Figura 1</b> Transporte ativo de cálcio .....	19
<b>Figura 2</b> Regulação dos níveis sanguíneos de cálcio .....	23

### Capítulo 01

#### Diferentes fontes de cálcio para suínos em fase inicial de crescimento

<b>Figura 1</b> Terceiro e quarto metatarso de suínos das patas dianteiras .....	48
--	----

### Capítulo 02

#### Suplementação da dieta de suínos nas fases de crescimento e terminação com diferentes fontes de cálcio

<b>Figura 1</b> Figura demonstrativa dos potes e rede plástica de polietileno para frutas utilizadas na análise da perda de água por gotejamento .....	76
--	----



## LISTA DE TABELAS

Página

### Capítulo 01

	<b>Diferentes fontes de cálcio para suínos em fase inicial de crescimento</b>	37
<b>Tabela</b>	<b>1.</b> Composição centesimal e bromatológica das rações basal e baixo cálcio.....	43
<b>Tabela</b>	<b>2.</b> Composição centesimal e bromatológica das rações contendo diferentes fontes de cálcio para suínos na fase inicial .....	46
<b>Tabela</b>	<b>3.</b> Parâmetros relacionados ao balanço do cálcio em função das fontes e os respectivos coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) e verdadeiro (CDV) obtido pela coleta total e coleta com indicador .....	50
<b>Tabela</b>	<b>4.</b> Conteúdo de cálcio total e digestível verdadeiro das fontes estudadas .....	51
<b>Tabela</b>	<b>5.</b> Valores de médias ajustadas de quadrados mínimos ( <i>lsmeans</i> ) de peso final (PF), consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar (CA) na fase inicial	54
<b>Tabela</b>	<b>6.</b> Parâmetros ósseos avaliados em suínos na fase inicial alimentados com diferentes fontes de cálcio .....	54
<b>Tabela</b>	<b>7.</b> Valores médios do teor de matéria seca (MS), matéria mineral (MM) e da concentração de cálcio nos tecidos e no soro de suínos na fase inicial .....	56

### Capítulo 02

	<b>Suplementação da dieta de suínos nas fases de crescimento e terminação com diferentes fontes de cálcio</b>	63
<b>Tabela</b>	<b>1.</b> Composição centesimal e bromatológica das rações basal e baixo cálcio .....	69

<b>Tabela</b>	<b>2.</b>	Composição centesimal e bromatológica das rações contendo diferentes fontes de cálcio para suínos na fase de crescimento...	72
<b>Tabela</b>	<b>3.</b>	Composição centesimal e bromatológica das rações contendo diferentes fontes de cálcio para suínos na fase de terminação ...	73
<b>Tabela</b>	<b>4.</b>	Balço de cálcio e os respectivos coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) e verdadeiro (CDV) obtido pela coleta total e coleta com indicador .....	78
<b>Tabela</b>	<b>5.</b>	Conteúdo de cálcio total e digestível verdadeiro das fontes estudadas .....	81
<b>Tabela</b>	<b>6.</b>	Valores de médias ajustadas de quadrados mínimos ( <i>lsmeans</i> ) dos parâmetros de desempenho nas fases de crescimento e terminação .....	82
<b>Tabela</b>	<b>7.</b>	Características quantitativas e qualitativas da carcaça de suínos alimentados com diferentes fontes de cálcio .....	85
<b>Tabela</b>	<b>8.</b>	Parâmetros ósseos avaliados em suínos na fase de terminação alimentados com diferentes fontes de cálcio .....	89
<b>Tabela</b>	<b>9.</b>	Valores médios do teor de matéria seca (MS), matéria mineral (MM) e da concentração de cálcio nos tecidos e no soro de suínos terminados .....	92

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
Diferentes fontes de cálcio na alimentação de suínos	12
Resumo .....	12
Abstract .....	13
Introdução geral .....	14
Revisão de literatura .....	16
Referências Bibliográficas .....	33
<b>Capítulo 01</b>	
Diferentes fontes de cálcio para suínos em fase inicial de crescimento	37
Resumo .....	38
Abstract .....	39
Introdução .....	40
Material e Métodos .....	41
Resultados e Discussão .....	49
Conclusões .....	59
Referências Bibliográficas .....	59
<b>Capítulo 02</b>	
Suplementação da dieta de suínos nas fases de crescimento e terminação com diferentes fontes de cálcio	63
Resumo .....	64
Abstract .....	65
Introdução .....	66
Material e Métodos .....	67
Resultados e Discussão .....	77
Conclusões .....	94
Referências Bibliográficas .....	94
Considerações Finais .....	100

## RESUMO

SANTANA, Ana Lúcia Almeida, D.Sc., Universidade Federal da Bahia, março de 2016.

**Diferentes fontes de cálcio na alimentação de suínos.** Orientador: Paulo Levi de Oliveira Carvalho. Coorientador: Gleidson Giordano Pinto de Carvalho.

Foram realizados quatro experimentos para determinar o cálcio digestível das fontes utilizadas como suplemento deste mineral e o efeito dessas fontes sobre o desempenho de suínos nas fases de crescimento. Nos experimentos de digestibilidade utilizou-se 72 suínos machos inteiros (36 na fase inicial – experimento I e 36 na fase de crescimento – experimento II), os quais foram distribuídos no delineamento em blocos casualizados em função do peso inicial, com seis repetições. Uma ração basal foi formulada para atender as exigências de cada categoria, sendo a mesma suplementada com diferentes fontes de cálcio, compondo os tratamentos (T1= calcário calcítico, T2= fosfato monobicálcico, T3= farinha de ossos calcinada e T4= farinha de ostras). As fezes e urina foram coletadas e encaminhadas para laboratório onde realizou-se as análises para determinação dos valores de cálcio, os quais foram utilizados para determinar os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira e o cálcio digestível das fontes avaliadas. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância, através da qual observou-se que as fontes de cálcio não influenciaram nos coeficientes de digestibilidade ( $P>0,05$ ) na fase inicial. Ao utilizar o método da coleta com indicador para estimar os coeficientes de digestibilidade, observou que a farinha de ostras apresentou melhor resultado e a farinha de ossos calcinada mostrou-se inferior ( $P<0,05$ ) na fase de crescimento. Nos experimentos de desempenho utilizou-se 320 suínos (160 na fase inicial – experimento III e 160 na fase de crescimento e terminação – experimento IV), os quais foram distribuídos no delineamento em blocos casualizados e esquema fatorial 2 x 4, totalizando oito tratamentos, os quais foram constituídos por dois sexos e quatro fontes de cálcio, citadas acima. Avaliou-se os parâmetros de desempenho, deposição de cálcio nos ossos e nos órgãos, resistência óssea, peso e comprimento do metatarso, concentração de cálcio no soro, parâmetros qualitativos e quantitativos da carne, espessura de toucinho e profundidade de lombo. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e fatorial, ao obter diferença, realizou-se o teste de Tukey (5%) para comparar as médias entre os tratamentos. Não houve interação entre os fatores ( $P>0,05$ ). As fontes estudadas promoveram desempenho semelhante dos animais ( $P>0,05$ ). As farinhas de ossos calcinada e de ostras promoveram maior teor de matéria mineral no rim ( $P<0,05$ ). A farinha de ossos promoveu maior concentração de cálcio no coração dos animais na fase de terminação ( $P<0,05$ ). Os sexos influenciaram nos parâmetros de desempenho em ambas as fases ( $P<0,05$ ) e nas características quantitativas da carcaça de suínos na fase de terminação ( $P<0,05$ ). As fontes são similarmente eficientes na suplementação de cálcio para suínos nas fases de crescimento.

**Palavras-chave:** cálcio, desempenho, digestibilidade, minerais, suinocultura

## ABSTRACT

SANTANA, Ana Lúcia Almeida, D.Sc., Universidade Federal da Bahia, march, 2016.

**Different sources of calcium to feed pigs.** Adviser: Paulo Levi de Oliveira Carvalho.

Coadviser: Gleidson Giordano Pinto de Carvalho.

Four experiments were conducted to determine the digestible calcium from sources used to supplement this mineral and the effect of these sources on the performance of pigs in growth stages. In the digestibility experiments we used 72 males (36 in the initial stage - experiment I and 36 in the growth phase - experiment II), which were distributed in randomized block design according to the initial weight, with six replications. A basal diet was formulated to meet the requirements of each category and the same supplemented with different sources of calcium, making the treatments (T1 = limestone calcitic, T2 = monocalcium phosphate, T3 = calcined bones meal and T4 = oyster meal). Feces and urine were collected and sent to the laboratory where the analysis was performed to determine the calcium values, which were used to determine the apparent and true digestibility and digestible calcium from sources evaluated. The data were subjected to variance analysis, through which it was observed that the calcium sources had no effect on digestibility coefficients ( $P>0.05$ ) in the initial phase. By using the collection method with indicator for estimating the digestibility coefficients observed that the oysters meal showed better results and calcined bones meal proved to be lower ( $P<0.05$ ) in the growth phase. In performance experiments we used 320 pigs (160 in the initial stage - experiment III and 160 in the growth phase and termination - experiment IV), which were distributed in a randomized block and design factorial  $2 \times 4$ , totaling eight treatments, which consisted of two gender and four sources of calcium, cited above. Were evaluated the performance parameters calcium deposition in bones and organs, bone strength, weight and length of the metatarsal, the calcium concentration in serum, qualitative and quantitative parameters of the meat, fat thickness and loin depth. The data were subjected to analysis of variance and factor, to obtain difference was performed Tukey's test (5%) to compare means between treatments. There was no interaction between factors ( $P>0.05$ ). Sources studied promoted similar animal performance ( $P>0.05$ ). The flours calcined bone and oyster promote increased mineral matter content in kidney ( $P<0.05$ ). The bone meal promoted higher calcium concentration in the heart of the animal in the finishing phase ( $P<0.05$ ). The gender influence the performance parameters in both phases ( $P<0.05$ ) and the quantitative characteristics of the pig carcass in the finishing phase ( $P<0.05$ ). The sources are similarly effective in calcium supplementation for pigs in growth growth.

**Keywords:** calcium, digestibility, mineral, performance, pig farming

## INTRODUÇÃO GERAL

A carne suína é a fonte de proteína animal mais consumida no mundo e a produção tem aumentado substancialmente, sendo a China o maior produtor mundial e o Brasil o quarto no ranking em número de cabeças (ABPA, 2015). Esse aumento na produção deve-se ao avanço nas pesquisas voltadas para a alimentação de aves e suínos, o que tem garantido resultados mais precisos. Os nutricionistas têm se empenhado para reduzir os custos de produção sem prejudicar o desempenho através dos estudos na área do melhoramento genético, nutrição, sanidade, ambiência e bem-estar.

Todos os organismos vivos apresentam quantidades variáveis de minerais que são necessários para manter seu metabolismo fisiológico, e de acordo com Maiorka e Macari (2008) estes são nutrientes tão importantes para o desenvolvimento das espécies como os demais que compõem a dieta. A concentração e as formas de armazenamento dos minerais nos órgãos podem ser alteradas em função da ingestão de dietas deficientes, desbalanceadas ou com excesso de minerais. Em alguns casos, as funções fisiológicas são modificadas, causando lesões e desordens estruturais, as quais variam de acordo com o elemento mineral, o grau de duração da deficiência, a toxicidade da dieta e os fatores intrínsecos dos animais, como idade, sexo e espécie (UNDERWOOD e SUTTLE, 1999).

O cálcio é um elemento químico presente nos fluidos e tecidos corporais, sendo essencial na formação dos ossos, dentes e em diversos processos fisiológicos (MACARI et al., 2002). Os alimentos de origem vegetal, normalmente milho e soja, constituem a base da alimentação dos suínos e aves, e possuem teores de cálcio em níveis insuficientes para suprir as exigências nutricionais, tornando necessária a suplementação na dieta para atender estas exigências dos animais (MUNIZ et al., 2007). As fontes de cálcio podem ser de origem inorgânica (mineral) ou orgânica (farinha de ossos, conchas e algas), mas geralmente as fontes utilizadas na alimentação animal são oriundas de rochas, como o calcário e o fosfato bicálcico, pois são mais abundantes e de menor custo (MELO e MOURA, 2009).

Esses fatos associados a baixa toxicidade das fontes inorgânicas e as incertezas que giram em torno da solubilização e absorção dos minerais, normalmente resulta no fornecimento de cálcio superior ao mínimo exigido para otimizar o desempenho, o que pode até funcionar, mas não se descarta o risco de uma interação adversa entre os minerais

(LEENSON, 2008), ou seja, alguns minerais em excesso, como o próprio cálcio, podem agir como antagonistas dificultando a absorção de outros minerais importantes para o bom desenvolvimento do animal, aumentando expressivamente a quantidade de minerais excretados no meio ambiente.

As fontes de cálcio de origem orgânica, como as farinhas de ossos, ostras e casca de ovos são fontes que apresentam maior solubilidade em relação as fontes originárias de rochas (MELO et al., 2006), e a solubilidade apresenta alta correlação com a biodisponibilidade do mineral. De acordo com Sakomura e Rostagno (2007), este termo, também conhecido como disponibilidade biológica, pode ser definido como a capacidade da fonte de cálcio em suportar os processos fisiológicos no animal, e essa disponibilidade varia, podendo essa variação ser medida e comparada, mas pouco se sabe a respeito da forma como os minerais estão presentes nos alimentos ou dos fatores que controlam a biodisponibilidade devido as dificuldades na sua determinação.

Apesar do aprofundamento nos estudos de nutrição em função do conhecimento das características físicas e químicas das fontes utilizadas como suplemento de cálcio e fósforo (BUNZEN et al., 2009; SALGUERO et al., 2014; ROCHA JUNIOR et al., 2015), bem como da exigência nutricional para cada fase e categoria (ROSTAGNO et al., 2011), na literatura existem poucas informações sobre os valores de cálcio digestível para suínos, estando as exigências expressas na forma de cálcio total, o que pode resultar em excesso e, como consequência, gerar o antagonismo.

Portanto, ainda se faz necessário o desenvolvimento de estudos a cerca desses nutrientes fornecidos aos animais, a fim de elucidar a quantidade e a forma ideal de suplementação, buscando dessa forma reduzir a excreção desses minerais no meio ambiente. Uma vez tendo valores reais da disponibilidade dos minerais para as espécies não ruminantes, a inclusão nas dietas poderia ser reduzida e o espaço disponibilizado para inclusão destes seria preenchido por outros ingredientes, minimizando ainda a poluição ambiental pelo excesso de mineral na excreta.

O valor nutritivo dos alimentos pode ser avaliado pela composição química da fonte, bem como através da digestibilidade do nutriente e os efeitos sobre o desempenho dos animais, dessa forma, constata-se a importância em determinar o cálcio digestível das fontes utilizadas como suplemento deste mineral e o efeito dessas fontes sobre o desempenho de suínos nas fases de crescimento.

## REVISÃO DE LITERATURA

### 1 – Suinocultura

A carne suína é a fonte de proteína animal mais consumida no mundo, representando quase metade do consumo e da produção de carnes, sendo a China o país que mais produz, responsável por quase metade da produção mundial, estando o Brasil posicionado no quarto lugar no ranking mundial de produção, ficando abaixo da União Europeia e Estados Unidos.

Entre os anos de 1995 e 2012 houve um aumento na produção mundial de carne suína em 42,7%, quando o plantel mundial cresceu apenas 7,1%, e essa diferença entre a produção de carne e o crescimento do plantel está associada a melhora na produtividade e ao aumento no peso ao abate dos planteis mundiais (ABCS, 2014), ou seja, a produção tornou-se mais eficiente devido aos avanços obtidos nas áreas de nutrição, genética, sanidade, ambiência e bem-estar. De acordo com os dados da ABPA (2014) sobre o cenário de carnes, em seis anos (2008 – 2014) a produção mundial de carne suína aumentou em 14,7%, o que corresponde a 446 mil toneladas de carne, e o crescimento do plantel neste mesmo período foi de 8,4%, correspondente a 3,2 milhões de cabeças.

O Brasil é o único país da América do Sul que está entre os dez maiores produtores de carne suína e sua posição é crescente, aumentou sua produção em 136,2%, passando de 1.470 mil toneladas em 1995 para 3.472 mil toneladas em 2014, representando atualmente 3,2% da produção mundial (ABCS, 2014; ABPA, 2014). Esse aumento da produção reflete a evolução tecnológica do setor neste período, resultante dos esforços de técnicos, associações e entidades de pesquisas. Com a evolução na genética e na nutrição, os suínos passaram a ser abatido com maior peso e em menor tempo, reduzindo o acúmulo de gordura, estando mais eficientes na conversão alimentar.

No Brasil a suinocultura é subdividida em industrial e de subsistência, sendo praticada com maior ou menor intensidade em todos os estados. Entretanto, a região Sul é tradicionalmente a de maior expressão na produção de suínos, concentrando 48,6% do rebanho e 59% do alojamento tecnificado de matrizes (ABCS, 2014), tornando variável a produtividade da suinocultura brasileira, que depende da região e do tipo de produção.



## 2 - Cálcio: Aspectos gerais

Os minerais que são necessários em grandes quantidades pelo organismo são classificados como macrominerais, enquanto que outros minerais necessários em menor quantidade são classificados como microminerais ou elementos traços (MAIORKA e MACARI, 2008). Dentre os macrominerais, o cálcio e fósforo são elementos de grande importância e estão intimamente associados ao metabolismo, ocorrendo no organismo combinados entre si na maioria das vezes, de modo que a carência de um ou de outro na dieta limita o valor nutritivo de ambos, porém, assim como outros minerais, o fornecimento nas dietas habitualmente é superior ao mínimo necessário para manutenção do bom desempenho.

Segundo Crenshaw (2003), o organismo animal possui 4 a 6% do seu peso constituído por minerais, sendo que 1 a 2% corresponde ao cálcio. De acordo com Suttle (2010), sua distribuição é de 99% nos ossos e dentes e 1% no sangue, espaço extracelular e tecidos moles, constituindo o esqueleto como maior reservatório de cálcio no organismo do animal. É necessário para a formação e manutenção da matriz óssea, estabilizar membranas de células excitáveis como músculos e nervos, participar do processo de coagulação do sangue, no processo de secreção de hormônio e na atividade de diversas enzimas.

A maior parte do cálcio no organismo está depositado nos ossos, principalmente na forma de hidroxiapatita  $[Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2]$ . Os ossos desempenham a função na estrutura do organismo, como sustentação para o esqueleto e proteção dos órgãos, e serve como reservatório de cálcio e fósforo, o que garante a manutenção das concentrações normais no plasma e fluido extracelular. Além de compor os ossos, um percentual próximo a 0,6% do cálcio do organismo encontra-se nos tecidos moles, os músculos, por exemplo, contem em média 15mmol de cálcio/kg de tecido; algumas proteínas de coagulação do sangue necessitam do cálcio para sua atividade; está envolvido na regulação da contração muscular, pois a proteína que regula a contratilidade da actina e miosina depende de cálcio (ÉVORA et al., 1999).

Muitos fatores influenciam a utilização e o metabolismo do cálcio no organismo, como por exemplo: a relação de cálcio e fósforo na dieta, a presença da vitamina D, a disponibilidade biológica do cálcio das fontes utilizadas nas rações e a idade dos animais.

De acordo com Furlan e Pozza (2014) a necessidade de cálcio é dependente do seu estado metabólico, que é regulado por três mecanismos principais: absorção intestinal, reabsorção renal e remodelação óssea. Essa regulação é controlada pelo sistema endócrino, que envolve a interação de alguns hormônios como o paratormônio (PTH), calcitriol (1,25-dihidroxicolecalciferol D3) e calcitonina, de forma rigorosa. Além destes hormônios, os estrogênios, androgênios, glucocorticóides, tiroxinas, glucagon, prolactina e o hormônio do crescimento têm uma influência importante no metabolismo ósseo e mineral.

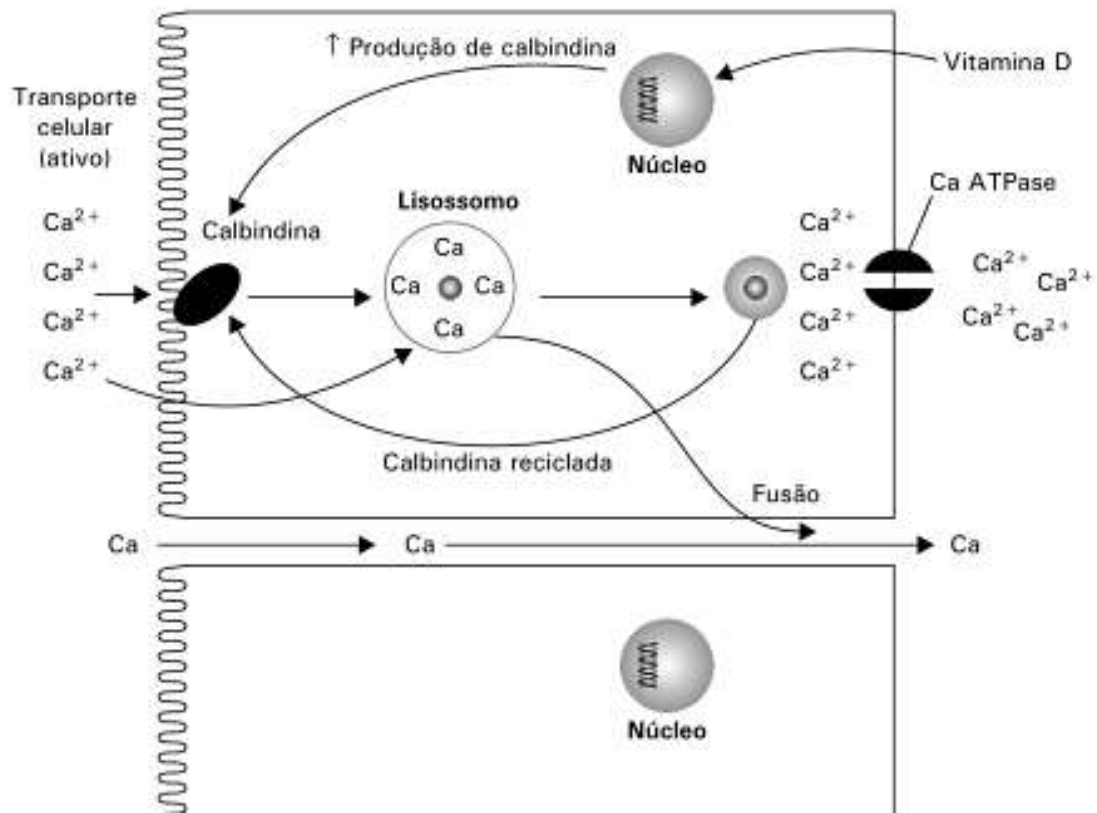
### **3 - Absorção, transporte e excreção de cálcio**

O conhecimento no processo de absorção e metabolismo dos minerais é de grande importância, visto que o entendimento desses processos viabiliza a maximização da cadeia produtiva de aves e suínos. De maneira geral, o processo de absorção dos minerais ocorre por transporte passivo através da parede intestinal, mediado por controle hormonal pela concentração de fluidos extracelulares e os animais são capazes de manter uma homeostasia de fluidos extracelulares por meio de vários mecanismos de regulação (SILVA E PASCOAL, 2014).

A absorção de cálcio como da maioria dos nutrientes ocorre no intestino delgado e depende da quantidade consumida. Quando o consumo de cálcio é baixo, o transporte ativo no duodeno é regulado positivamente, e uma grande proporção de cálcio é absorvida. Ao contrário, quando o consumo de cálcio é adequado ou acima do exigido, o processo passivo prevalece e ocorre maior no jejuno e íleo. O consumo de vitamina D é de extrema importância para a absorção deste mineral por transporte ativo, pois a síntese da proteína transportadora (calbindina) é totalmente dependente dessa vitamina (Figura 1) (BRONNE e PANSU, 1999). Três etapas podem ser consideradas no processo de absorção do cálcio: intraluminal, intracelular e plasmática.

Na fase intraluminal a quantidade de cálcio absorvida é determinada pela ingesta e pela capacidade de absorção intestinal. Nesta etapa há interferência de fatores na luz intestinal, aumentando ou diminuindo a absorção, tais quais: pH, atividade da lactase, triglicerídeos de cadeia longa, motilidade da digesta.

Figura 1 - Transporte ativo de cálcio



Nota: A vitamina D estimula a produção de calbindina, que permite a entrada de cálcio na célula. Ocorre junção do cálcio com o lisossomo, para prevenir que o cálcio atue em outras funções da célula. A calbindina é reciclada e o cálcio é transportado para fora da célula pela enzima cálcio ATPase, com gasto de energia. A via paracelular é passiva e não necessita de vitamina D. Fonte: Shieferdecker et al., 2015

O cálcio é solubilizado em meio ácido e precipita em meio alcalino. Para manter-se em suspensão no conteúdo intestinal, está preso a ligandinas (grupo carboxil ou grupos amino de proteínas e grupos quelados em cofatores ou enzimas). Além do pH, componentes da dieta também alteram a absorção do cálcio, como as proteínas do leite e a lactose, que aumentam a solubilidade e a osmolaridade do cálcio no íleo; gorduras em quantidades normais na dieta diminuem o trânsito intestinal, aumentando a absorção do cálcio; ácido fítico, ácido oxálico, celulose, diminuem a absorção do cálcio por redução da solubilidade, quer por alteração do pH, quer por formação de sais insolúveis como fitato e oxalato de cálcio (CASTILHO et al., 2008).

Na fase intracelular a absorção intestinal do cálcio ocorre 50% por mecanismos transcelulares e 50% por transferência passiva através do espaço intercelular. O transporte transcelular de cálcio ocorre no lúmen intestinal em direção ao capilar sanguíneo, por

processo ativo e por diferença de potencial eletroquímico, através da borda em escova do enterócito. Já o transporte passivo ocorre entre as células do epitélio absorptivo, é dependente de alta concentração do cálcio intraluminal e independente de vitamina D (JOHNSON et al., 1994; CASTILHO et al., 2008).

O transporte ativo é saturável e a absorção ocorre através das células intestinais predominantemente no duodeno e jejuno proximal em três etapas. Primeiramente, o cálcio sofre difusão segundo seu gradiente de concentração da luz intersticial para o interior da célula intestinal, processo que é mediado por proteínas transportadoras na membrana da célula da mucosa. Depois, o cálcio se difunde pelo citoplasma e então é transportado ativamente da célula para o líquido extracelular, através de bombas de cálcio na membrana basolateral. Por ser saturável, a absorção de cálcio por esse processo é autolimitada (CASTILHO et al., 2008).

Na borda em escova, o cálcio liga-se a calbindina (CaBP), processo regulado pela vitamina D e necessário para manutenção de cálcio em solução, já que é pouco solúvel em meio aquoso. Na membrana basolateral, o cálcio é liberado para o espaço intersticial por dois processos ativos que regulam a concentração de cálcio intracelular, um dependente de CaATPase, estimulado pela fosfatase alcalina intestinal, cuja atividade é aumentada pela vitamina D e outra dependente de NaKATPase da membrana basolateral. Na ausência destes mecanismos, as células não manteriam a concentração de cálcio e haveria acúmulo do íon no ambiente intracelular (BOURDEAU et al., 1994).

A vitamina D influencia no transporte ativo aumentando a permeabilidade da membrana, regulando a migração de cálcio através das células intestinais e aumentando o nível de calbindina (proteína transportadora de cálcio – CaBP) (GUÉGUEN et al., 2000). A fração de cálcio absorvida aumenta conforme sua ingestão diminui. Trata-se de uma adaptação parcial à restrição de cálcio, resultando no aumento do transporte ativo mediado pelo calcitriol. Portanto, o transporte ativo é caracterizado como principal mecanismo de absorção de cálcio quando a ingestão desse componente é baixa (DAWSON-HUGHES et al., 1995).

O transporte passivo não é saturável e a absorção ocorre entre as células intestinais apenas com elevadas concentrações intestinais de cálcio, no jejuno distal e no íleo. O cálcio é absorvido no lúmen intestinal e liberado no sangue, onde se encontra na forma ionizada e livre. Conforme a ingestão de cálcio aumenta, a difusão passiva apresenta

maior participação na absorção do cálcio (DAWSON-HUGHES et al., 1995). Em vista disso, o processo passivo pode tornar-se o mecanismo predominante de absorção de grandes doses de cálcio, uma vez que o transporte ativo já está saturado. Componentes da dieta, como as proteínas do leite e a lactose, que aumentam a solubilidade e a osmolaridade do cálcio no íleo, tendem a estimular a difusão passiva. Já fatores como fosfatos, oxalatos e fitatos tornam o cálcio insolúvel em pH neutro, dificultando a absorção passiva no íleo (GUÉGUEN et al., 2000).

Na fase plasmática, ao entrar no capilar 45 a 50% do cálcio circulante apresenta-se ligado a proteína, sendo que 80% liga-se a albumina (não é ultrafiltrável) e 20% a globulina, outros 45 a 50% circulam em forma iônica (ultrafiltrável e fisiologicamente ativo) e 8% estão complexados ao citrato, fosfato e sulfato (ultrafiltrável). A albumina apresenta em sua molécula mais ou menos 12 sítios de ligação para o cálcio, nem sempre todos estes sítios estão ocupados, porque, dependendo de vários fatores, como pH, que estando baixo o cálcio se libera do locus e circula na forma iônica e estando alto aumenta as ligações reduzindo a quantidade de cálcio iônico circulante, assim, em um pH de 7,4 cada g/dL de albumina liga 0,8g/dL de cálcio. Essa relação pode ser usada para “corrigir” o cálcio sérico total quando a concentração de albumina for anormal (BOURDEAU et al., 1994; CASTILHO et al., 2008).

Apesar de variações consideráveis na ingestão, absorção e excreção de cálcio, a concentração sanguínea permanece notavelmente constante. Tal fenômeno ocorre por existirem mecanismos de controle específicos para assegurar que o cálcio esteja sempre disponível a fim de facilitar a comunicação entre células e assegurar que seu comportamento seja apropriadamente regulado. O cálcio circula no sangue basicamente em três formas: ligados a proteína, complexado com citrato, bicarbonato ou fosfato e como íon cálcio livre. A forma ionizada é fisiologicamente importante e é regulada pela ação integrada de três hormônios: paratormônio, calcitriol e calcitonina, que respondem a alterações na concentração de cálcio plasmático por um processo de retroalimentação negativa (ÉVORA et al., 1999; CASTILHO, 2008).

A excreção do cálcio na urina segue princípios que regem a excreção de sódio. Cerca de dois terços do cálcio do filtrado glomerular são reabsorvidos nos túbulos proximais. A seguir, nos ramos ascendentes da alça de Henle e nos túbulos distais e dutos coletores, a reabsorção do cálcio restante é muito seletiva, dependendo da concentração

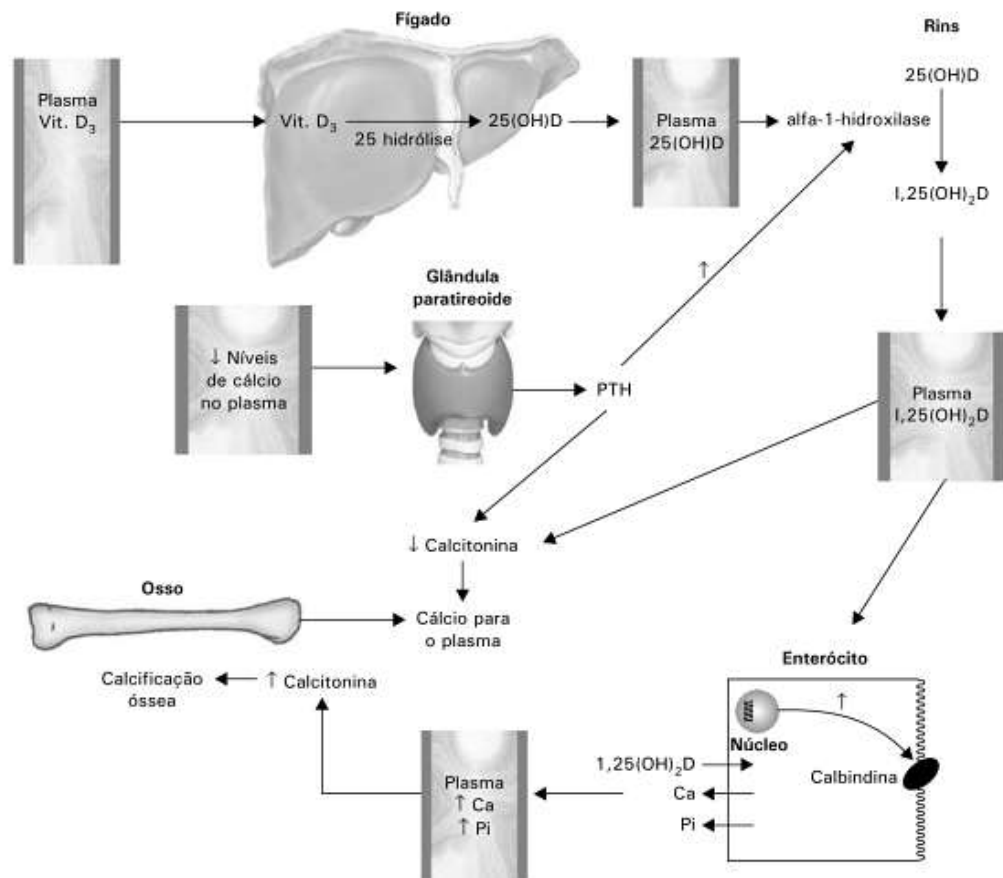
de cálcio no sangue. Quando a concentração é baixa, essa reabsorção é muito grande, de modo que quase não ocorre perda de cálcio na urina. Por outro lado, mesmo quando há um pequeno aumento na concentração de cálcio, acima do normal, eleva acentuadamente a sua excreção. O paratormônio é um dos fatores mais importantes para o controle da reabsorção do cálcio nas porções distais do néfron e, por conseguinte, para o controle da excreção do cálcio (GUYTON e HALL, 2006).

#### **4 – Regulação hormonal do cálcio**

A manutenção da homeostasia do cálcio no organismo é complexa e envolve três substâncias distintas: paratormônio (PTH), calcitonina e vitamina D (calcitriol), envolvendo processos de mobilização do tecido ósseo (Figura 2). Existe um intercâmbio contínuo entre o cálcio do sangue e dos ossos, onde o cálcio absorvido da dieta é rapidamente depositado no tecido ósseo e, em situações de baixa concentração sanguínea deste íon, o mesmo é prontamente mobilizado do tecido ósseo, por esse motivo o esqueleto é considerado a principal reserva de cálcio para o organismo (SHIEFERDECKER et al., 2015).

A ação do paratormônio é regular, de forma indireta, a absorção de cálcio por meio da hidroxilação da 25-(OH)-vitamina D à forma de composto ativo (1,25-(OH)<sub>2</sub>-D<sub>3</sub>) nos rins. Essa ação ocorre quando os níveis de cálcio sanguíneo estão baixos, e após o processo de ativação, a vitamina D ativa é transportada para o núcleo da célula intestinal, onde estimula a síntese da calbindina. O paratormônio e a vitamina D, além de aumentarem a absorção de cálcio no intestino, estimulam a mobilização de cálcio para o fluido extracelular aumentando a reabsorção renal. Em situação contrária quem atua é a calcitonina, reduzindo a absorção intestinal, a desmineralização óssea e a reabsorção renal (MAIORKA e MACARI, 2008).

Figura 2 - Regulação dos níveis sanguíneos de cálcio



Nota: A regulação dos níveis sanguíneos de cálcio envolve ativação da vitamina D, hormônios da paratireoide e calcitonina. 25(OH)D: hidroxivitamina D; 1,25(OH)<sub>2</sub>D: 1-alfa,25-hidroxicalciferol; PTH: paratormônio; Pi: fósforo inorgânico; Ca: cálcio. Fonte: Shieferdecker et al., 2015

#### 4.1 – Metabolismo da Vitamina D

A vitamina D é um hormônio que produz efeito biológico em cerca de 30 sisternas de células alvos e seu mecanismo de ação pode ser gerado pela transdução de sinal (PIZAURO JUNIOR, 2008). O termo vitamina D engloba um grupo de moléculas derivadas do 7-deidrocolesterol (7-DHC). Sob essa denominação ampla abrangem-se tanto o metabólito ativo (1 $\alpha$ ,25-diidroxi-vitamina D ou calcitriol) como seus precursores (vitamina D3 ou colecalciferol, vitamina D2 ou ergosterol e a 25-hidroxivitamina D ou calcidiol) e os produtos de degradação, os quais ainda podem manter alguma atividade

metabólica. Sua forma ativa, a  $1\alpha,25$ -diidroxivitamin D ( $1,25(\text{OH})_2\text{D}$ ), convertida no fígado e rim, foi reconhecida como um hormônio esteroide (NORMAN, 2008).

A vitamina D exerce a importante função na regulação da fisiologia osteomineral, em especial do metabolismo do cálcio (CASTRO, 2011), aumentando a absorção do mesmo pelo tubo intestinal, além de exercer efeitos importantes sobre a deposição e a reabsorção óssea e aumentar a reabsorção renal (MAIORKA e MACARI, 2008). A mesma é obtida através da dieta ou da síntese endógena pela pele (PIZAURO JUNIOR, 2008).

A síntese endógena inicia na epiderme onde está armazenada a substância precursora, o 7-deidrocolesterol, algumas vezes chamada de pró-vitamina D<sub>3</sub> (JOHNSON et al., 1994). Por ação da luz ultravioleta esse composto é transformado em pré-vitamina D<sub>3</sub>, que sofre uma isomerização induzida pelo calor, durante algumas horas, formando a vitamina D<sub>3</sub> (PIZAURO JUNIOR, 2008), que atinge a circulação, sendo transportada até o fígado, onde se inicia o processo de hidroxilação no carbono 25 (CASTRO, 2011), dando origem a 25-hidroxivitamin D ou calcidiol ( $25\text{-(OH)-D}_3$ ) (BLOMBERG et al., 2010).

Já a vitamina D ingerida precisa ser mantida em suspensão no intestino delgado proximal, para ser absorvida. Por ser lipossolúvel, há necessidade da formação de micelas através de sais biliares conjugados para manter-se em suspensão no lume intestinal, onde é absorvida pela membrana do enterócito por difusão simples. Dentro da célula é metabolizada a quilomícrons, assim passa ao sistema linfático e após ao venoso, indo ao fígado, onde é hidroxilada a  $25(\text{OH})\text{D}_3$ . Esta primeira hidroxilação a nível hepático ocorre pela ação da enzima 25-hidroxilase, encontrada no sistema microssomal do fígado e também nas mitocôndrias e é responsável pela concentração de  $25(\text{OH})\text{D}_3$  circulante (GRÜDTNER et al., 1997).

A  $25(\text{OH})\text{D}_3$ , liga-se a uma proteína transportadora de alta afinidade e especificidade, a transcalciferina, sintetizada no fígado, e estando ligada, vai ao rim, onde sofre uma segunda hidroxilação no carbono 1 da  $25(\text{OH})\text{D}$  pela ação da enzima  $1\text{-}\alpha$ -hidroxilase formando a  $1\alpha,25$ -diidroxivitamin D [ $1,25(\text{OH})_2\text{D}$  ou calcitriol], que é a molécula metabolicamente ativa (NORMAN, 2008).

A ação clássica do calcitriol é a regulação do metabolismo do cálcio e fósforo por meio do controle dos processos de absorção intestinal e reabsorção renal desses íons,



mantendo-os em concentrações plasmáticas suficientes para assegurar a adequada mineralização e o crescimento ósseo em todas as etapas da vida (CASTRO, 2011). O calcitriol age no enterócito, estimulando a síntese da calbindina, necessária ao transporte intracelular do cálcio e age também na borda em escova do enterócito, facilitando a penetração do cálcio, por alterar a permeabilidade da membrana (BOURDEAU et al., 1994; MAIORKA e MACARI, 2008).

O calcitriol tem seu efeito biológico através de receptores para vitamina D, pelo qual tem grande afinidade e liga-se formando um complexo, o qual interage com o elemento de resposta da vitamina D no DNA levando à transcrição dos genes e a síntese de RNAm para várias proteínas, como a osteocalcina e fosfatase alcalina nos osteoblastos e calbindina nas células intestinais (GRÜDTNER et al., 1997; HOENDEROP et al., 2005).

Nos rins o calcitriol atua nos túbulos distais promovendo a reabsorção do cálcio filtrado através da regulação da expressão de proteínas transportadoras de cálcio, TRPV5 e CaBP-9k. Ela regula ainda a expressão e síntese de FGF-23 nos osteoblastos e osteócitos, o qual inibe a atividade da proteína cotransportadora de sódio e fosfato tipo 2a (NaPi2a) nos túbulos proximais, regulando a fosfatemia e a fosfatúria de modo a promover níveis de cálcio e fósforo adequados para a mineralização óssea (BOUILLON et al., 2008).

Existe um mecanismo muito fino no controle do nível de cálcio no meio extracelular, importante para restabelecer a homeostase e assegurar concentrações adequadas de cálcio e fosfato para a síntese e deposição de hidroxapatita sobre as fibras de colágeno nos ossos. A deficiência de vitamina D torna lenta a formação e remodelação óssea (PIZAURO JUNIOR, 2008)

#### **4.2 – Paratormônio (PTH)**

O PTH não tem efeito direto na absorção intestinal, mas regula esse processo de acordo com as necessidades de homeostase do cálcio através do seu efeito na síntese renal de calcitriol (vitamina D ativa) e está envolvido no processo de regulação da formação e remodelação óssea, juntamente com a vitamina D (PIZAURO JUNIOR, 2008).

A glândula paratireoide responde a pequenas reduções no cálcio iônico no fluido extracelular, liberando o paratormônio (PTH), o qual, promove a desmineralização óssea restaurando a concentração de cálcio no plasma (BRONNE e STEIN, 1995), além de atuar sobre os rins aumentando a reabsorção do cálcio e estimular a síntese de vitamina D ativa em situação de hipocalcemia, a qual interage com a cromatina e RNAs específicos são transcritos em proteínas transportadoras de cálcio (MAIORKA e MACARI, 2008), assim, a deficiência de vitamina D reduz a absorção de cálcio intestinal.

O metabolismo do PTH é sensível aos níveis de cálcio, quando o nível plasmático de cálcio está abaixo do normal, as paratireóides aumentam a secreção de paratormônio, fazendo com que a calcemia aumente, retornando ao normal (HENN, 2010). É esse mecanismo sensível que permite manter constante a concentração plasmática de cálcio, mesmo diante de situações que alteram bastante os fluxos deste mineral no organismo, como flutuações na dieta, alterações no metabolismo ósseo e disfunção renal.

No tecido ósseo existe uma constante atividade osteoblástica - síntese de matriz óssea - e osteoclástica - lise do tecido ósseo com mobilização de íons cálcio e fosfato ósseo para os líquidos corporais. O aumento na secreção de PTH promove, nos ossos, um aumento da atividade osteoclástica, permitindo a transferência de cálcio e fosfato do tecido ósseo para o sangue. Além disso, o PTH também aumenta a atividade da membrana osteocítica que, por meio de transporte ativo, transfere os íons cálcio para o sangue, promovendo elevação da calcemia (SHIEFERDECKER et al., 2015).

O paratormônio parece exercer dois efeitos distintos sobre o osso no sentido de determinar a absorção de cálcio e de fosfato. Um deles consiste numa fase muito rápida que ocorre em minutos e resulta, provavelmente, da ativação das células ósseas já existentes, de modo a promover a absorção de cálcio e de fosfato. A segunda fase é mais lenta, necessita de dias para instalar-se por completo e resulta da proliferação dos osteoclastos, seguida por aumento pronunciado da reabsorção osteoclástica do próprio osso, e não apenas da absorção de sais de fosfato de cálcio (GUYTON E HALL, 2006).

#### **4.3 – Calcitonina**

A calcitonina atua de maneira inversa ao paratormônio e vitamina D. Trata-se de um hormônio secretado principalmente pelas células parafoliculares ou células C da tireóide em resposta aos níveis de cálcio plasmático e tem efeito oposto ao PTH, pois seu principal efeito é o de reduzir níveis plasmáticos de cálcio, retornando ao normal. Ele atua nos osteoclastos, diminuindo sua atividade e sequencialmente, a reabsorção óssea. Acredita-se ainda que ela inibe a atividade dos osteócitos e estimula os osteoblastos (HENN, 2010). De acordo com Maiorka e Macari (2008), a calcitonina reduz a absorção pelo trato gastrointestinal, a desmineralização óssea e a reabsorção renal, por um mecanismo não totalmente elucidado.

Ao mesmo tempo que o aumento na secreção de calcitonina inibe a atividade osteoclástica e reabsorção óssea, também promove, nos ossos, um aumento da atividade osteoblástica. Através desta, ocorre uma maior síntese de tecido ósseo (matriz), o que atrai grande quantidade de íons cálcio e fosfato do sangue para este novo tecido. Na matriz, cálcio e fosfato combinam-se entre si e com outros íons, formando os diversos sais ósseos, que são responsáveis pela rigidez do tecido ósseo, como o fosfato de cálcio, carbonato de cálcio e hidroxiapatita. O aumento da atividade osteoblástica, portanto, promove uma redução da calcemia, pois uma considerável quantidade de cálcio migra do sangue para os ossos. A calcitonina é degradada na própria tireóide, no fígado, rim e tecido ósseo. Sua vida média no plasma é curta e a sua principal via de excreção é renal (HENN, 2010).

De acordo com Guyton e Hall (2006), em alguns animais jovens devido ao rápido intercâmbio do cálcio absorvido e depositado, muito pouco em ser humano, a calcitonina reduz rapidamente os níveis de cálcio plasmático, por pelo menos duas formas distintas: o efeito imediato consiste em reduzir a atividade absorptiva dos osteoclastos e também o efeito osteolítico da membrana osteocítica no osso e conseqüentemente ocorre o desvio do equilíbrio em favor da deposição de cálcio; e o efeito mais prolongado que consiste em reduzir a formação de novos osteoclastos. A calcitonina também exerce efeito menor sobre o processamento do cálcio nos túbulos renais e no tubo intestinal, todavia, de forma reduzida, raramente considerado.

## **5 – Disponibilidade e fontes de cálcio utilizadas nas formulações das dietas**

Segundo Salguero et al. (2014), é comum observar que os termos digestibilidade e disponibilidade são utilizados erroneamente como sinônimos, quando na verdade essa denominação varia conforme o local do animal onde o nutriente é avaliado. Segundo Sakomura e Rostagno (2007), a digestibilidade é determinada pela diferença entre a quantidade de nutriente consumido e a excretada nas fezes; já a disponibilidade inclui os processos de digestão, absorção e metabolismo ou a utilização dos nutrientes, sendo definida como a quantidade de nutriente absorvido e utilizado pelo animal.

A biodisponibilidade pode ser definida como a quantidade dos minerais presentes na dieta que são absorvidos e utilizados para as funções orgânicas (BERTECHINI, 2006). É a fração do nutriente ingerido que é absorvida e fica disponível para ser utilizada pelo metabolismo do animal, também chamada de disponibilidade biológica, ainda pode ser definida como sendo a capacidade da fonte de cálcio em suportar os processos fisiológicos em um animal (SAKOMURA e ROSTAGNO, 2007). A biodisponibilidade do cálcio, além de ser influenciada por componentes exógenos que interferem na sua absorção e excreção, também é controlada por fatores endógenos como idade, condições fisiológicas e regulação hormonal.

Dessa forma, fatores físico-químicos que reduzem a absorção de minerais do lúmen intestinal interferem a biodisponibilidade mineral (DREOSTI, 1993), podendo ocorrer antagonismo entre os nutrientes e ingredientes que afetam adversamente a absorção (RICHARDS e DIBNER, 2005), presença de fatores antinutricionais nos alimentos que compõem a dieta, como os ácidos fítico e oxálico, os quais tem a capacidade de se ligar a metais divalentes, como o cálcio, interferindo no metabolismo (SOETAN et al., 2010). É importante ressaltar que a absorção intestinal não reflete necessariamente a biodisponibilidade do cálcio para o organismo, pois o cálcio deve ser armazenado e usado para formação e mineralização óssea (GUÉGUEN et al., 2000).

A disponibilidade dos minerais é determinada em ensaios de crescimento, nos quais a utilização destes é avaliada por meio de parâmetros de desempenho e/ou deposição nos ossos pelos animais em experimento específicos para tal. Segundo Silva e Pascoal (2014) a estimativa da biodisponibilidade de minerais a partir de diferentes fontes para animais deve estar ligada aos parâmetros biológicos, que são precisos, distinguíveis, de fácil execução e relativamente baratos. Não existe um método único e satisfatório para avaliar a biodisponibilidade de minerais em fontes ou alimentos. Para eles, os métodos

dependem das respostas dos parâmetros avaliados, bem como do mineral estudado. Para cálcio e fósforo o método do ensaio de digestibilidade e os parâmetros ósseos são os melhores.

Sabe-se que os ingredientes que compõem a ração de suínos em maior quantidade são de origem vegetal, milho e soja, nos quais o teor de cálcio é muito baixo (0,03 e 0,24%, respectivamente) e o maior percentual de fósforo está na forma orgânica, no entanto, encontra-se complexado com o ácido fítico, que geralmente forma sais com o cálcio, outros minerais e nutrientes, tornando-os indisponíveis para o suíno, visto que esses animais não possuem a enzima para romper as ligações e separar o fósforo da molécula de inositol (BÜNZEN et al., 2008; FURLAN e POZZA, 2014), por isso a necessidade de suplementação.

De acordo com Suttle (2010), a formulação de rações para suínos com alimentos que contenham fitase na composição, como o trigo, centeio, triticale, cevada, ricos em fitases e fosfatases ácidas, requerem menor suplementação de cálcio do que as rações formuladas com milho, milheto, soja e sorgo, que contem maior quantidade de ácido fítico e pequenas quantidades de fitases. Rações à base de grãos e sem suplementação, podem resultar em raquitismo em suínos jovens ou fraqueza nas matrizes. Para Furlan e Pozza (2014), as fontes suplementares de cálcio de origem animal e mineral são consideradas de boa disponibilidade biológica quando comparada ao carbonato de cálcio como padrão, o qual apresenta alta disponibilidade de cálcio e por isso pode reduzir a absorção de fósforo de leitões devido ao aumento na relação Ca:P disponível.

Nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suíno estão listados alguns alimentos que podem ser utilizados como suplementos de cálcio e fósforo para esses animais, os quais vem acompanhados com seus respectivos conteúdos de cálcio total, fósforo total e fósforo difestível verdadeiro. Observa-se então que a nível de cálcio, a literatura é escassa de estudos conduzidos a fim de determinar o cálcio digestível verdadeiro e a disponibilidade de cálcio dessas fontes para as diferentes fases e categorias de suínos, resultando no uso do cálcio total. As fontes minerais, calcário, fosfatos e farinha de rochas, bem como as farinhas de ossos e ostras apresentam teor elevado de cálcio total, variando de 18,9% para o fosfato monobicálcico a 37,7% para o calcário calcítico (ROSTAGNO et al., 2011).

Segundo Silva e Pascoal (2014) na escolha de um suplemento ou fonte mineral deve-se considerar o custo por unidade do elemento, a forma química em que o elemento está presente, a granulometria, a solubilidade e o teor de impurezas.

Pelo fato da maioria das fontes de cálcio utilizadas como suplemento nas rações de suínos serem de baixo custo, a inclusão acaba sendo elevada, resultando em dietas com cálcio acima dos níveis nutricionais exigidos. Nesses casos, devido a capacidade tamponante das fontes de cálcio, a acidez estomacal pode ser reduzida prejudicando a digestibilidade da proteína de origem vegetal e consequentemente aumentando os riscos de diarreia, principalmente em leitões, pois a fração não digerida pode causar modificação na microflora intestinal dos animais e reduzir a população de bactérias benéficas, aumentando, por sua vez, as patogênicas. Além disso, o excesso de cálcio também pode reduzir a atividade da fitase, por aumentar o pH do meio, e a absorção do fósforo e de outros íons (MATEOS et al., 2015a).

As fontes de cálcio podem ser de origem inorgânica (originárias das rochas) ou orgânica (de origem animal, como as farinhas de ossos e de carne e ossos, ou de moluscos, como as conchas das ostras, e algas). Geralmente as fontes de cálcio utilizadas na alimentação animal são oriundas de rochas, como o calcário e o fosfato bicálcico, pois, são mais abundantes e de menor custo (MELO e MOURA, 2009). Esses compostos são comumente utilizados para a formulação de rações na forma natural ou através de misturas minerais (premix). Existe uma variedade de compostos inorgânicos a serem utilizados nas rações de animais não ruminantes (SILVA e PASCOAL, 2014) e para Powell et al. (2011) a suplementação de cálcio na produção desses animais é elevada, pois as fontes de cálcio inorgânico são baratas em comparação a outros minerais.

De acordo com Melo et al. (2006) a solubilidade das fontes de cálcio é um fator indicativo da qualidade, já que apresenta alta correlação com a biodisponibilidade e absorção intestinal do cálcio, e para estes, as fontes de cálcio de origem orgânica, como a farinha de ostras são fontes de maior solubilidade em relação as fontes de rochas. Normalmente, quanto maior for a solubilidade da fonte, maior será a biodisponibilidade do mineral. Segundo Mcdowell (2003), a farinha de ossos autoclavada e os fosfatos monocálcico e bicálcico são fontes que apresentam alta biodisponibilidade de cálcio, enquanto os calcários calcítico e dolomítico, bem como o carbonato de cálcio apresentam biodisponibilidade intermediária.

As farinhas de ossos calcinada e autoclavada estão listadas na literatura como boas fontes de cálcio (ROSTAGNO et al., 2011), entretanto, a farinha de ossos autoclavada tem como fator limitante odor acentuado que pode prejudicar o consumo além de conferir auto risco microbiológico, diferente da farinha de ossos calcinada, que possui menor risco microbiológico devido ao processamento, pois é um produto obtido após a moagem dos ossos e calcinação a temperatura altas, de até 600°C (BRITO, 2008). A farinha de ostras é basicamente oriunda da moagem dos resíduos delas mesmas e constituída de carbonato de cálcio, apresentando teor elevado de cálcio, em torno de 36,4% (ROSTAGNO et al., 2011), produto inodoro, de cor clara e pode apresentar impurezas.

O calcário calcítico é uma fonte inorgânica, originário da rocha calcária calcítica moída, inodoro (BRITO, 2008), e conhecido por ter grande capacidade de ser ácido-quelante e pode aumentar o pH da digesta no intestino proximal. A adição de calcário como fonte de cálcio nas dietas para aves tem apresentado aumento no pH do papo de aves (SELLE et al., 2007), e quando fornecido em quantidade maior que a necessária também reduz a acidez estomacal de suínos (MATEOS, 2015a), além de agir como antagonista para outros minerais.

O fosfato bicálcico é um suplemento de fósforo para animais amplamente utilizado nas rações, resultante da acidificação do concentrado apatítico, proveniente da flotação da rocha finamente moída, normalmente, com ácido sulfúrico, resultando em ácido fosfórico, que é desfluorizado e desulfatado. A reação entre o rejeito carbonatítico e o ácido fosfórico resulta no fosfato bicálcico, produto com baixos níveis de flúor e de outros contaminantes (LIMA et al., 1995). Ainda serve como suplemento de cálcio, por ser uma fonte mista, apresentando em torno de 24,5% de cálcio total em sua composição (ROSTAGNO et al., 2011).

Entretanto, o fosfato bicálcico é uma fonte de elevado valor comercial e as buscas por novas alternativas que não sejam derivadas de rochas, de maior biodisponibilidade, são de extrema importância para maximizar o desempenho animal e minimizar custos (MELO e MOURA, 2009). Algumas pesquisas foram desenvolvidas no intuito de avaliar fontes alternativas ao fosfato bicálcico na alimentação animal, buscando-se reduzir o custo de produção, sem prejudicar o desempenho produtivo. A utilização de fosfato monobicálcico no Brasil é recente e o número de pesquisas utilizando esta fonte é incipiente. O fosfato monobicálcico é resultante da reação do ácido fosfórico com o

concentrado apatítico, em condições que favorecem a evaporação do flúor. É um produto que se caracteriza pela maior presença de fosfato monocálcico, cuja característica é a alta solubilidade em água, o que sugere boa disponibilidade. Possui, no mínimo, 18% de fósforo e máxima de cálcio/fósforo de 1,15/1. Portanto, pode-se tornar uma fonte viável para alimentação de monogástricos com a finalidade de balancear os níveis de cálcio e de fósforo das rações (TEIXEIRA et al., 2005).

Porém, as fontes inorgânicas de cálcio, são recursos minerais não-renováveis e sua extração promove importante impacto ambiental. Além disso, em termos de custo, o fosfato bicálcico por exemplo, por se tratar de uma fonte de cálcio e fósforo, apresenta custo elevado, ao contrário do calcário que dentre os ingredientes da ração é o que apresenta menor custo (MELO e MOURA, 2009).

Teixeira et al. (2005) avaliaram a substituição do fosfato bicálcico pelo monobicálcico através do desempenho, parâmetros ósseos e deposição nos tecidos de suínos e não observaram diferença estatística, concluindo que para suínos nas fases de crescimento e terminação, a substituição total e/ou parcial do fosfato bicálcico pelo monobicálcico não influencia o desempenho dos animais.

Stein et al. (2011) suplementaram a dieta de suínos na fase de crescimento com níveis de carbonato de cálcio para avaliar o balanço e a digestibilidade aparente de cálcio e fósforo. Os autores relataram efeito linear positivo para o consumo, excreção fecal e urinária, absorção e retenção, entretanto, a digestibilidade aparente não foi influenciada, e esse resultado pode ser atribuído ao consumo e excreção do mineral.

Jiang et al. (2013) avaliaram a digestibilidade do cálcio e o desempenho de leitões alimentados com dietas suplementadas com diferentes fontes e níveis do mineral, e relataram diferença ( $P < 0,05$ ) na digestibilidade, ganho de peso diário e conversão alimentar em função dos níveis de cálcio, onde o melhor resultado foi obtido para o grupo de animais alimentados com dieta contendo 0,6% de cálcio total. Os níveis acima de 0,8% aumentaram a incidência de diarreia nos leitões. As fontes utilizadas neste trabalho foram carbonato e citrato de cálcio, e ambas promoveram efeito semelhante nos parâmetros de desempenho, entretanto, o carbonato de cálcio resultou em maior excreção de cálcio nas fezes (1,67%) e menor digestibilidade (71,25%).

Salguero et al. (2014) também avaliaram algumas fontes de cálcio, de origem mineral e animal, para suínos em crescimento, e relataram que não foi encontrada



diferença ( $P>0,05$ ) entre as fontes para os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira do cálcio, mas observaram que as farinhas de carne e ossos (40 e 50% de PB) e de vísceras apresentara menor digestibilidade em comparação ao calcário calcítico e o lactato de cálcio foi superior. Os autores descreveram ainda os valores de cálcio digestível para as fontes e categoria de animal estudadas, onde o calcário calcítico apresentou maior valor (31,58%).

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- ABCS – Associação Brasileira de Criadores de Suínos. **Produção de Suínos: Teoria e Prática**. 1ª edição, Brasília, DF, 2014.
- ABPA – Associação Brasileira de Produção Animal. Cenário carnes 2014/2015.
- BERTECHINI, A.G. **Nutrição de monogástricos**. Lavras: Editora UFLA, p. 179-181, 2006.
- BLOMBERG JENSEN, M.; NIELSEN, J.E.; JORGENSEN, A.; RAJPERT-DE MEYTS, E.; KRISTENSEN, D.M.; JORGENSEN, N. Vitamin D receptor and vitamin D metabolizing enzymes are expressed in the human male reproductive tract. **Human Reproduction**, v. 25, p. 1303-11, 2010.
- BOUILLON, R.; CARMELIET, G.; VERLINDEN, L.; VAN ETTEN, E.; VERSTUYF, A.; LUDERER, H.F. Vitamin D and human health: lessons from vitamin D receptor null mice. **Endocrine Reviews**, v. 29, p. 726-76, 2008.
- BOURDEAU, J.E.; ATTIE, M.F. Calcium metabolism. In: MAXWELL & KLEEMAN'S: **Clinical disorders fluids and eletrolites metabolism**, 5ª ed, McGraw Hill, p. 243-306, 1994.
- BRITO, A.B. Avaliação de Ingredientes para a nutrição de poedeiras comerciais. Artigo técnico. **Poli-nutri alimentos**. 2008. Disponível em: <http://www.polinutri.com.br/upload/artigo/195.pdf>. Acesso em: 01/04/2016.
- BRONNER, F.; PANSU, D. Nutritional aspects of calcium absorption. **The Journal of Nutrition**, v. 129, p. 9 -12, 1999.
- BRONNER, F.; STEIN, W.D. Calcium homeostasis – an old problem revisited. **The Journal of Nutrition**, v. 125, p. 1987S–1995S, 1995.
- BÜNZEN, S.; ROSTAGNO, H.S.; LOPES, D.C.; HASHIMOTO, F.A.M.; GOMES, P.C.; APOLÔNIO, R.L. Digestibilidade do fósforo de alimentos de origem vegetal determinada em suínos em crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 1236-1242, 2008.
- BÜNZEN, S.; ROSTAGNO, H.S.; LOPES, D.C.; GOMES, P.C.; HASHIMOTO, F.A.M.; APOLÔNIO, R.L.; BORSATTO, C.G. Digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo de alimentos de origem animal para suínos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, p. 903-909, 2009.

- CASTILHO, A.C.; MAGNONI, D. **Cálcio e Magnésio**. 2008. Disponível em: [https://www.amway.com.br/downloads/misc/Calcio\\_e\\_Magnésio\\_IMEN.pdf](https://www.amway.com.br/downloads/misc/Calcio_e_Magnésio_IMEN.pdf). Acesso em: 05 de setembro de 2015.
- CASTRO, L.C.G. O Sistema endocrinológico vitamina D. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 55, p. 566-575, 2011.
- CRENSHAW, T.D. Nutricional manipulation of bone mineralization in developing gilts. In: ALLEN D. LEMAN SWINE CONFERENCE. Minnesota. **Proceedings. Minnesota: Veterinary Outreach Programs**, v. 30, p. 183-189, 2003.
- DAWSON-HUGHES, B.; HARRIS, S.S.; FINNERAN, S. Calcium Absorption on High and Low Calcium Intakes in Relation to vitamin d Receptor Genotype. **Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism**, v. 80, p. 3657-61, 1995.
- DREOSTI, I.E. Recommended dietary intakes of iron, zinc and other inorganic nutrients and their chemical form and identity. **Nutrition**, v. 9, p. 542-545, 1993.
- ÉVORA, P.R.B.; REIS, C.L.; FERREZ, M.A.; CONTE, D.A.; GARCIA, L.V. Distúrbios do equilíbrio hidroelétrico e do equilíbrio acidobásico – uma revisão prática. **Medicina**, v. 32, p. 451-469, 1999.
- FURLAN, A.C.; POZZA, P.C. Exigências de Minerais para Suínos. In: SAKOMURA, N.K.; et al. **Nutrição de Não Ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 1ª ed., 2014.
- GRÜDTNER, V.S.; WEINGRILL, P.; FERNANDES, A.L. Aspectos da absorção no metabolismo do cálcio e vitamina D. **Revista Brasileira de Reumatologia**, v. 37, p. 143-151, 1997.
- GUÉGUEN, L.; POINTILLART, A. The Bioavailability of dietary Calcium. **Journal of the American College of Nutrition**, v. 19, p. 119S-136S, 2000.
- GUYTON, A.C.; HALL, J.E. **Tratado de Fisiologia Médica**. Editora Elsevier Brasil. 2006.
- HENN, J.D. Bioquímica do tecido ósseo. 2010. Disponível em: [http://www6.ufrgs.br/favet/lacvet/restrito/pdf/osso\\_henn.pdf](http://www6.ufrgs.br/favet/lacvet/restrito/pdf/osso_henn.pdf). Acesso em: 13/09/2015.
- HOENDEROP, J.G.; NILIUS, B.; BINDELS, R.J. Calcium absorption across epithelia. **Physiological Reviews**, v. 85, p. 373-422, 2005.
- JIANG, H.; WANG, J.; CHE, L.; LIN, Y.; FANG, Z.; WU, De. Effects of calcium sources and levels on growth performance and calcium bioavailability in weaning piglets. **Asian Journal of Animal and Veterinary Advances**, v. 8, p. 613-621, 2013.
- JOHNSON, J.A.; KUMAR, R. Renal and intestinal calcium transport: roles of vitamin D and vitamin D-dependent binding proteins. **Seminars on Nephrology**, v. 14, p. 119-128, 1994.
- LEENSON, S. Trace minerals in poultry nutrition-2. Copper and zinc – the next pollution frontier. **World Poultry**, v. 3, p. 14 -16, 2008.
- LIMA, F.R.; MENDONÇA, C.X.; ALVAREZ, J.C. et al. Chemical and physical evaluations of commercial dicalcium phosphate as source of phosphorus in animal nutrition. **Poultry Science**, v. 74, p. 1659-1670, 1995.
- MAIORKA, A.; MACARI, M. Absorção de minerais. In: MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, E. **Fisiologia Aviária Aplicada a Frangos de Corte**. 2ª ed. Jaboticabal: Funep/Unesp, p. 167-173, 2008.
- MATEOS, G.G.; LAZARO, R.; VALENCIA, D.G.; VICENTE, B. New perspectives on mineral nutrition of pigs. In: LYONS, T.P. e JACQUES, K.A. **Nutritional biotechnology in the feed and food industries**. 2005a. 462p.

- McDOWELL, L.R. **Minerals in animal and human nutrition**. 2<sup>a</sup> Ed. Netherlands: Elsevier Science, 644 p., 2003.
- MELO, T.V.; MENDONÇA, P.P.; MOURA, A.M.A.; LOMBARDI, C.T.; FERREIRA, R.A.; NERY, V.L.H. Solubilidade in vitro de algumas fontes de cálcio utilizadas em alimentação animal. **Archivos de Zootecnia**, v. 55, p. 297-300, 2006.
- MELO, T.V. e MOURA, M.A. Utilização da farinha de algas calcárias na alimentação animal. **Archivos de Zootecnia**, v. 58, p. 99-107, 2009.
- MUNIZ, E.B.; ARRUDA, A.M.V.; FASSANI, E.J.; TEIXEIRA, A.S.; SILVA, J.H.V. Redução do nível de cálcio dietético para frangos de corte na fase inicial de crescimento. **Revista Caatinga**, v. 20, p. 57-69, 2007.
- NORMAN, A.W. From vitamin D to hormone D: fundamentals of the vitamin D endocrine system essential for good health. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 88, p. 491S-499S, 2008.
- PIZAURO JUNIOR, J.J. Hormônios e regulação do metabolismo do tecido ósseo. In: MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, E. **Fisiologia Aviária Aplicada a Frangos de Corte**. 2<sup>a</sup> ed. Jaboticabal: Funep/Unesp, p. 167-173, 2008.
- POWELL, S.; BINDNER, T.D.; SOUTJER, L.L. Phytase supplementation improved growth performance and bone characteristics in broilers feed varying levels of dietary calcium. **Poultry Science**, v. 90, p. 604-608, 2011.
- RICHRADS, J.; DIBNER, J. Organic trace minerals are not all equally effective. **World Poultry**, Doentinchem, v. 21, p. 17-19, 2005.
- ROCHA JUNIOR, C.M.da; TEIXEIRA, A.O.; HANNAS, M.I.; SANTANA, A.L.A.; CARVALHO, T.A.; OLIVEIRA, B.L.de; MOREIRA, L.M.; BRIGHENTI, C.R.G. Digestibility of phosphorus in powder and microgranular phosphate in diets for pigs. **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal**, v. 16, p. 544-557, 2015.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.de; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T.; EUCLIDES, R.F. Tabelas brasileiras para aves e suínos. 3<sup>a</sup> Ed., Viçosa, MG: UFV, 252p., 2011.
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de Pesquisa em Animais Monogástricos**. Jaboticabal-SP – FUNEP, p. 283, 2007.
- SALGUERO, S.C.; ROSTAGNO, H.S.; HANNAS, M.I.; CARVALHO, T.A.; MAIA, R.C.; PESSOA, G.B.S. Digestibilidade do cálcio de ingredientes para suínos, avaliada por meio de dois Métodos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 66, p. 1539-1546, 2014.
- SCHIEFERDECKER, M.E.M.; THIEME, R.D.; SCHMEIL, C. Cálcio. In: **Vitaminas, minerais e eletrólitos: aspectos fisiológicos, nutricionais e dietéticos**. SHEMEIL, C.; THIEME, R.D.; SCHIEFERDECKER, M.E.M. 1<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro-RJ: Editora Rúbio, p. 179, 2016.
- SELLE, P.H.; RAVINDRAN, V. Microbial Phytase in Poultry Nutrition. **Animal Feed Science and Technology**, v.135, p.1-41, 2007.
- SILVA, J.H.V.; PASCOAL, L.A.F. Função e Disponibilidade dos Minerais. In: SAKOMURA, N.K.; et al. **Nutrição de Não Ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 1<sup>a</sup> ed., p. 129, 2014.

- SOETAN, K.O.; OLAIYA, C.O.; OYEWOLE, O.E. The importance of mineral elements for humans, domestic animal and plants: a review. **African Journal of Food Science**, Victoria Island, v. 4, p. 200-222, 2010.
- 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**. Cambridge: CABI, p. 587, 2010.
- TEIXEIRA, A. O.; LOPES, D. C.; LOPES, J. B.; VITTI, D. M. S. S.; GOMES, P. C.; LOPES, J.B.; COSTA, L.F.; FERREIRA, V.P.A.; PENA, S.M.; MOREIRA, J.A.; BÜNZEN, S. Níveis de Substituição do Fosfato Bicálcico pelo Monobicálcico em Dietas para Suínos nas Fases de Crescimento e Terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, p. 142-150, 2005.
- UNDERWOOD, E.J.; SUTTLE, N. The mineral nutrition of livestock, 3. Ed. Wallingford Oxon: GABI Publishing, p. 624, 1999.

## **CAPÍTULO 01**

---

Diferentes fontes de cálcio para suínos em fase inicial de crescimento

## Diferentes fontes de cálcio para suínos em fase inicial de crescimento

**RESUMO**

Objetivou-se determinar o cálcio digestível através dos coeficientes de digestibilidade verdadeira obtidos no ensaio de digestibilidade e o desempenho de leitões alimentados com diferentes fontes de cálcio. No experimento I utilizou-se 36 leitões, distribuídos em blocos casualizados, em quatro tratamentos e seis repetições. Formulou-se uma ração basal para atender as exigências nutricionais dos animais exceto para cálcio (0,09%) e os alimentos avaliados substituíram a ração basal de modo a fornecer 0,64% de Ca total. O percentual de substituição da ração basal pelo alimento teste foi: T1= calcário calcítico (1,166%), T2= fosfato monobicálcico (2,166%), T3= farinha de ossos calcinada (1,301%) e T4= farinha de ostras (1,208%). Para determinar o cálcio endógeno excretado nas fezes, foi fornecida simultaneamente a um grupo de animais (n= 6) a ração contendo baixo nível de cálcio (0,018%). As fezes e urina foram coletadas para determinação dos valores de cálcio, os quais foram utilizados para estimar os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeiro. No experimento II foram utilizados 160 suínos, alojados em baias de creche, distribuídos em blocos casualizados C e esquema fatorial 2 x 4, com quatro repetições e cinco animais por unidade experimental. Os tratamentos foram compostos pela combinação de quatro fontes de cálcio e dois sexos. Os parâmetros de desempenho avaliados foram: peso final, ganho diário de peso, consumo diário de ração, conversão alimentar, deposição de cálcio nos ossos e nos órgãos, resistência óssea e peso e tamanho do terceiro osso metatarsiano. Além disso, avaliou-se a concentração de cálcio no soro. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e fatorial. Não houve interação entre os fatores ( $P>0,05$ ). As fontes de cálcio não influenciaram nos coeficientes de digestibilidade ( $P>0,05$ ). O desempenho dos animais foi semelhante entre os tratamentos ( $P>0,05$ ). As farinhas de ossos calcinada e de ostras promoveram maior teor de matéria mineral no rim ( $P<0,05$ ). A farinha de ossos promoveu maior concentração de cálcio no coração dos animais ( $P<0,05$ ). As fontes são similarmente eficientes na suplementação de cálcio para suínos na fase inicial.

**Palavras-chave:** deposição de cálcio, leitões, minerais, resistência óssea

Use different sources of calcium in the feed of pigs in the early stage

### ABSTRACT

This study aimed to determine the digestible calcium through the true digestibility coefficients obtained in digestibility testing and performance of pigs fed different sources of calcium. In the first experiment was used 36 piglets distributed in randomized blocks in four treatments and six replications. It was formulated a basal diet to meet the nutritional requirements of animals except for calcium (0.09%) and evaluated food replaced the basal diet to provide 0.64% total Ca. The percentage of substitution of basal diet the test food was: T1 = limestone calcitic (1.166%), T2 = monocalcium phosphate (2.166%), T3 = calcined bone meal (1.301%) and T4 = oysters meal (1.208%). To determine the endogenous calcium excretion in feces was supplied simultaneously to a group of animals (n = 6) diet containing low level of calcium (0.018%). Feces and urine were collected for determination of calcium values, which were used to estimate the apparent and true digestibility coefficients. In the second experiment were used 160 pigs housed in nursery bays, distributed in randomized blocks and factorial 2 x 4, with four replications and five animals each. The treatments consisted of the combination of four sources of calcium and two gender. The parameters of performance were: weight, daily weight gain, daily feed intake, feed conversion, calcium deposition in bones and organs, bone strength and weight and size of the third metatarsal bone. In addition, it assessed the concentration of serum calcium. The data were subjected to analysis of variance and factorial. There was no interaction between factors ( $P>0.05$ ). The sources of calcium did not affect the digestibility coefficients ( $P>0.05$ ). The animal performance was similar between treatments ( $P>0.05$ ). The calcined powders of bone and oyster promoted higher levels of mineral matter in kidney ( $P<0.05$ ). The bone meal promoted higher calcium concentration in the heart of the animals ( $P<0.05$ ). The sources are similarly effective in calcium supplementation to pigs at an early stage.

**Keywords:** bone strength, calcium deposition, mineral, piglets.

## INTRODUÇÃO

Os tecidos animais e vegetais são constituídos por quantidades e proporções variáveis de minerais, sendo estes nutrientes fundamentais à manutenção do metabolismo fisiológico dos organismos (SILVA e PACOAL, 2014). O cálcio é um macromineral requerido pelos animais para formação e manutenção da matriz óssea, estabilizar membranas excitáveis como músculos e nervos, participar no processo de coagulação do sangue e na atividade de enzimas.

A deficiência ou o excesso de minerais na dieta impossibilita a expressão do máximo desempenho na fase de crescimento (SALGUERO et al., 2014) e de acordo com Fawcett e Webster (1999), as variações nos valores nutritivos das rações, principalmente os níveis dos nutrientes nos ingredientes, podem ser a principal causa dos desvios entre o desempenho esperado e o observado nos animais. Por isso se faz necessário o conhecimento da composição química dos ingredientes comumente utilizados na alimentação animal.

A literatura é escassa de trabalhos com valores de cálcio digestível dos alimentos para suínos, o que pode ser explicado pelo baixo custo das fontes utilizadas nas rações. Alguns trabalhos têm sido desenvolvidos no Brasil com o objetivo de determinar o cálcio digestível e atualizar os valores de fósforo das fontes utilizadas na formulação de dietas para suínos, além de avaliar o valor nutritivo de novas fontes (SALGUERO et al., 2014; ROCHA JUNIOR et al., 2015), o que torna as tabelas de composição mais completas e com valores mais precisos (LELIS et al., 2009).

Os ingredientes que compõem a ração de suínos em maior quantidade são de origem vegetal, milho e soja, nos quais o teor de cálcio é muito baixo e o maior percentual de fósforo está na forma orgânica, no entanto, encontra-se complexado com o ácido fítico, que geralmente forma sais com o cálcio, outros minerais e nutrientes, tornando-os indisponíveis para o suíno (BÜNZEN et al., 2008; FURLAN e POZZA, 2014), por isso a necessidade de suplementação.

As fontes suplementares de cálcio de origem animal e mineral são consideradas de boa disponibilidade biológica quando comparada ao carbonato de cálcio como padrão (FURLAN e POZZA, 2014). Nas formulações das rações para monogástricos, as fontes de origem mineral são rotineiramente utilizadas para suplementação do cálcio através de



carbonatos e fosfatos proveniente de rochas calcárias, pois são mais abundantes e de menor custo, entretanto, de acordo com Melo et al. (2009) as fontes inorgânicas de cálcio, são recursos minerais não-renováveis e sua extração promove importante impacto ambiental, tornando as fontes orgânicas, como as farinhas de ostras e ossos, alternativas interessantes, pois apresentam maior solubilidade em relação as fontes originárias de rochas.

Através dos ensaios de digestibilidade e da disponibilidade é possível avaliar a utilização biológica do cálcio pelos animais e é comum observar que esses termos por vezes são utilizados equivocadamente como sinônimos. A digestibilidade é determinada pela diferença entre a quantidade de cálcio consumida e excretada nas fezes (SAKOMURA e ROSTAGNO, 2007), já a disponibilidade diz respeito a fração do cálcio ingerida, absorvida e que fica disponível para ser utilizada (AMMERMAN et al., 1995), determinada nos ensaios de crescimento avaliada pelos parâmetros de desempenho, deposição nos ossos, parâmetros plasmáticos.

Neste contexto, o presente trabalho foi realizado com o objetivo determinar o cálcio digestível através dos coeficientes de digestibilidade verdadeira obtidos no ensaio de digestibilidade e o desempenho de leitões alimentados com diferentes fontes de cálcio.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O projeto foi executado no Setor de Suinocultura da Fazenda Experimental Prof. Antonio Carlos dos Santos Pessoa da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, no município de Marechal Candido Rondon/PR, no período de setembro de 2014 a junho de 2015, em dois experimentos, sendo um ensaio de digestibilidade e um de desempenho realizados com animais na fase inicial, de acordo com os regulamentos aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da UNIOESTE (Protocolo nº 80/14).

### ***Experimento I***

Foram utilizados 36 leitões híbridos machos inteiros, com peso médio inicial de  $20,52 \pm 1,84$ kg, distribuídos em delineamento em blocos casualizados em quatro

tratamentos com seis repetições e um animal por unidade experimental, sendo o peso inicial e o período utilizados como fator de blocagem. Os animais foram alojados individualmente em gaiolas de metabolismo semelhante à descrita por Pekas (1968), instaladas em sala de alvenaria, com piso de concreto e cortinas laterais, onde permaneceram por aproximadamente 12 dias, sete dias de adaptação às gaiolas, ração e regularização do consumo metabólico e cinco dias para coleta de fezes e urina.

Uma ração basal foi formulada para atender as exigências nutricionais dos animais de acordo com as recomendações de Rostagno et al. (2011), exceto para cálcio (0,09%) e os alimentos avaliados substituíram a ração basal, em quantidades variadas, de modo a fornecer 0,64% de Ca total. O percentual de substituição da ração basal pelo alimento teste foi: T1= calcário calcítico (1,166%), T2= fosfato monobicálcico (2,166%), T3= farinha de ossos calcinada (1,301%) e T4= farinha de ostras (1,208%). Para determinar o cálcio endógeno excretado nas fezes, foi fornecida simultaneamente a um grupo de animais (n= 6) a ração contendo baixo nível de cálcio (0,018%) (Tabela 1).

Foram avaliados simultaneamente dois métodos de coleta de fezes: coleta total e indicador fecal. A cada ração experimental foi adicionado 1% de Cinza Insolúvel em ácido - CIA (Celite<sup>®</sup>), usada como indicador fecal. A quantidade de ração fornecida a cada animal no período de coleta foi determinada em função do consumo na fase de adaptação, ajustado pelo peso metabólico dos animais ( $PV^{0,75}$ ) (SAKOMURA e ROSTAGNO et al., 2007), em duas refeições diárias, às 08:00 e às 16:00 horas, e a água foi fornecida à vontade.

A temperatura mínima ( $22 \pm 3,43^{\circ}\text{C}$ ) e máxima ( $25 \pm 3,51^{\circ}\text{C}$ ) do ambiente interno da sala de metabolismo foi obtida através do termômetro analógico de máxima e mínima, o qual estava instalado no centro da sala de metabolismo à altura correspondente à dos animais.

O protocolo experimental foi realizado de acordo com as recomendações descritas por Sakomura e Rostagno (2007). As variáveis analisadas foram: consumo de matéria seca, consumo de cálcio total, consumo de cálcio do alimento teste, teor de cálcio nas rações, fezes, urina e plasma, excreção de cálcio, fator de indigestibilidade e cálcio excretado pelos animais que receberam a dieta com baixo cálcio. Os dados obtidos foram aplicados nas fórmulas para determinar os coeficientes de digestibilidade aparente (CDACa) e verdadeira (CDVCa) do cálcio das fontes avaliadas.

Tabela 1 - Composição centesimal e bromatológica das rações basal e baixo cálcio

Ingredientes	Composição centesimal (kg/100kg)	
	Ração basal	Ração baixo cálcio
Milho moído	58,717	-
Milho pré-cozido	-	77,456
Farelo de soja (45%)	32,425	1,250
Amido	5,250	3,745
Celite	1,000	1,000
Açúcar	0,695	11,250
Sulfato de lisina (50,7% lys)	0,557	2,012
Óleo de soja	0,500	-
Sal comum	0,458	0,464
DL-Metionina	0,133	0,437
L-Treonina	0,115	0,587
Premix mineral <sup>1</sup>	0,100	0,100
Premix vitamínico <sup>2</sup>	0,050	0,050
L-Triptofano	-	0,184
L-Valina	-	0,625
L-Isoleucina	-	0,625
L-Arginina	-	0,219
Tiamulina	-	0,005
Total	100	100
Composição calculada		
Cálcio total (%)	0,090	0,018
Fósforo disponível (%)	0,106	0,026
Energia (Mcal/kg)	3,239	3,294
Composição analisada		
Matéria seca (%)	89,55	90,58
Matéria mineral (% MS)	4,90	2,08
Cálcio (% MS)	0,095	0,019
Fósforo total (% MS)	0,328	0,154

<sup>1</sup>Níveis de garantia/kg do produto (1g do produto/kg de ração): ferro (55,0mg); cobre (11,0mg); manganês (77,0mg); zinco (71,5mg); iodo (1,10mg).

<sup>2</sup>Níveis de garantia/kg do produto (0,5g do produto/kg de ração): vit. A (6.000.000UI); D3 (1.500.000UI); E (15.000UI); B1 (1,35); B2 (4g); B6 (2g); ácido pantotênico (9,35g); vit. K3 (1,5g); ácido nicotínico (20,0g); vit. B12 (20,0g); ácido fólico (0,6g); biotina (0,08g).

### 1. Coleta total

Coefficiente do cálcio digestível aparente (CDACa)

$$\text{CDACa (\%)} = \frac{\text{Ca ingerido (g)} - \text{Ca excretado (g)} \times 100}{\text{Ca ingerido (g)}}$$

Coefficiente do cálcio digestível verdadeira (CDVCa)

$$\text{CDVCa (\%)} = \frac{[\text{Ca ingerido (g)} - (\text{Ca excretado fezes (g)} - \text{Ca endógeno (g)})] \times 100}{\text{Ca ingerido (g)}}$$

## 2. Coleta com indicador

Fator de indigestibilidade (FI)

$$FI = \frac{\% \text{ CAI dieta}}{\% \text{ CAI fezes}}$$

Coeficiente de digestibilidade aparente do cálcio (CDACa)

$$CDACa (\%) = \frac{\% \text{ Ca dieta} - (\% \text{ Ca fezes} \times FI) \times 100 \%}{\text{Ca dieta}}$$

Coeficiente de digestibilidade verdadeira do Ca (CDVCa)

$$CDVCa (\%) = \frac{\% \text{ Ca dieta} - (\% \text{ Ca fezes} \times FI - \% \text{ Ca e} \times FIe) \times 100 \%}{\text{Ca dieta}}$$

FIe = fator de indigestibilidade da dieta baixo cálcio;

Ca e = cálcio endógeno excretado.

As fezes excretadas por cada animal em um período de 24 horas foram coletadas, pesadas, acondicionadas em sacos plásticos identificados e armazenados em freezer até o final do período de coleta. Após o período de coleta, as fezes foram descongeladas, homogeneizadas e duas amostras foram retiradas, pesadas e pré-secas em estufas ventiladas a 55°C por um período de 72 horas. Posteriormente, as amostras foram moídas em moinho de facas tipo Willye e armazenadas em potes de polietileno para análises químico-bromatológicas.

Da mesma forma, a urina excretada por um período de 24 horas teve o volume mensurado e uma alíquota de 20% foi retirada e acondicionada em recipientes de vidro âmbar, previamente identificados e armazenados em geladeira até o final do período de coleta, quando foram homogeneizadas e uma alíquota de 20% foi retirada, permanecendo em geladeira até análise. Nos baldes para coleta de urina foi adicionado 20 mL de uma solução de HCl 1:1 para evitar a proliferação de bactérias.

Na manhã seguinte ao quinto dia de coleta, em jejum, os animais foram submetidos à coleta de sangue realizada via veia cava cranial, o qual foi transferido para tubos de coleta e encaminhado para laboratório, onde foi centrifugado para obtenção do soro. Em seguida foi transferido para microtúbulos de polietileno tipo “eppendorf” de 1,5mL, em duplicata e congelados para análise de cálcio total. A análise da concentração de cálcio no soro foi feita no equipamento Analisador Químico Automático da Elitech,

modelo flexor el200, utilizando kit comercial da Elitech para análise de cálcio por colorimetria direta.

A composição bromatológica das rações experimentais, bem como as análises do teor de matéria seca e abertura das amostras das rações, fezes e urina para obtenção da solução mineral foram realizadas de acordo com as metodologias descritas pela AOAC (1990 apud SILVA e QUEIROZ, 2002) e a análise da Cinza Insolúvel em Ácido – CIA foi realizada por digestão com ácido clorídrico (4N) seguindo os procedimentos de Kavanagh et al. (2001), no Laboratório de Nutrição Animal (LANA) da UNIOESTE. As soluções minerais obtidas por digestão nitroperclorica (4:1) foram submetidas a leitura no Equipamento de Absorção Atômica (EAA) para obtenção da concentração de cálcio total nas amostras no Laboratório de Solo e Planta da Universidade Federal da Bahia na Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia (UFBA – EMVZ).

A normalidade dos erros experimentais e a homogeneidade de variâncias entre os tratamentos para as variáveis foram avaliadas previamente utilizando-se os testes de Shapiro-Wilk e de Levene (SAS, 2000), respectivamente. Os efeitos das fontes de cálcio e das metodologias de coleta sobre as variáveis dependentes foram verificados por meio de análise de variância. O teste de Tukey e o nível de 5% de significância foi adotado em todas as análises estatísticas, que foram feitas utilizando-se o Statistical Analysis System (SAS, 2000).

## ***Experimento II***

Foram utilizados 160 leitões híbridos (80 machos inteiros e 80 fêmeas), com peso médio inicial de  $14,52 \pm 1,99$  kg, distribuídos em delineamento em blocos casualizados e esquema fatorial 2 x 4, totalizando oito tratamentos, com quatro repetições e cinco animais por unidade experimental. O peso inicial e o sexo dos animais foram utilizados como fator de blocagem. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de quatro fontes de cálcio (calcário calcítico, fosfato monobicálcico, farinha de ossos calcinada e farinha de ostras) e dois sexos.

No início do período experimental, os animais foram pesados e identificados com brincos numerados sequencialmente e alojados em sala de creche constituída de 16 baias (suspensas, com piso de plástico ripado, comedouros semiautomáticos frontais e

bebedouro tipo chupeta na parte posterior), dispostas em duas fileiras, divididas por um corredor central, onde permaneceram por 21 dias.

As rações foram formuladas para atender as exigências nutricionais da categoria Rostagno et al. (2011), exceto para cálcio, pois as fontes foram incluídas em quantidades variáveis para atender a 0,64% de cálcio total (Tabela 2). Às rações foi adicionado Bacitracina metileno disalicilato (BMD 50%) na proporção de 100g/100kg como promotor de crescimento. O fornecimento de ração e água foi à vontade.

Tabela 2 - Composição centesimal e bromatológica das rações contendo diferentes fontes de cálcio para suínos na fase inicial

Ingredientes	Composição centesimal (kg/100kg)			
	T1	T2	T3	T4
Milho moído	61,825	61,000	63,122	61,722
Farelo de soja (45%)	31,995	32,150	31,800	32,020
Óleo de soja	1,861	2,130	1,420	1,890
Sal comum	0,457	0,457	0,456	0,457
Sulfato de lisina (54% lys)	0,526	0,521	0,533	0,525
DL-Metionina	0,128	0,128	0,126	0,128
L-Treonina	0,114	0,113	0,114	0,114
L-Triptofano	0,0006	0,0002	0,001	0,0005
Premix mineral vitamínico <sup>1</sup>	0,800	0,800	0,800	0,800
Calcário calcítico	1,458	-	-	-
Fosfato monobicálcico	-	2,710	-	-
Farinha de ossos calcinada	-	-	1,628	-
Farinha de ostras	-	-	-	1,510
Fosfato monoamônio	0,835	-	-	0,833
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<b>Composição calculada</b>				
Cálcio total (%)	0,645	0,645	0,645	0,645
Cálcio digestível (%)	0,501	0,510	0,500	0,499
Fósforo disponível (%)	0,324	0,583	0,348	0,323
Energia met. (Mcal/kg)	3,233	3,229	3,228	3,231
<b>Composição analisada</b>				
Matéria seca (%)	89,32	89,33	89,30	90,45
Matéria mineral (% MS)	6,65	6,31	5,75	6,74
Proteína bruta (% MS)	19,51	19,49	19,50	19,50
Cálcio total (% MS)	0,655	0,649	0,641	0,645

T1= calcário calcítico; T2= fosfato monobicálcico; T3= farinha de ossos calcinada; T4= farinha de ostras  
<sup>1</sup> Níveis de garantia/kg do produto (8g do premix/kg de ração): ácido fólico (103,12mg); ácido pantotênico (2249,99mg); biotina (16,88mg); clorohidroxiquinolina (15,00g); cobre (22,07g); etoxiquin (206,00mg); ferro (6733,40mg); fitase (62500,00UI); glucanase (19000,00UI); iodo (37,51mg); lisina (123,76g); manganês (1866,71mg); metionina (110,25g); niacina (4687,50mg); selênio (43,75mg); treonina (46,64g); vit. A (1437500,00UI); vit. B1 (224,96mg); vit. B12 (2537,50mg); vit. B2 (537,50mg); vit. B6 (437,50mg); vit. D3 (262500,00UI); vit. E (4250,00UI); vit. K3 (375,00mg); xilanase (152500,00UI); zinco (1000,00mg).

Avaliou-se neste experimento o peso final, ganho diário de peso, consumo diário de ração, conversão alimentar; concentração de cálcio, teor de matéria seca e matéria mineral nos tecidos (fígado, rim, coração e metatarso); peso, comprimento, índice de Seedor, força máxima e resistência à quebra do metatarso. As análises químico-bromatológicas (matéria seca, matéria mineral e concentração de cálcio) das rações e tecidos foram realizadas de acordo com as metodologias descritas pela AOAC (1990 apud SILVA e QUEIROZ, 2002).

A temperatura média do ambiente ( $26 \pm 1,93^{\circ}\text{C}$ ) e umidade relativa do ar ( $75 \pm 8,53\%$ ) da sala de creche foi registrada utilizando-se um data logger, o qual foi instalado no meio da sala à altura correspondente à dos animais.

O fornecimento de ração, as sobras e o desperdício foram registrados diariamente, sendo os valores utilizados para calcular o consumo diário de ração (CDR), o ganho diário de peso (GDP) e a conversão alimentar (CA) de cada unidade experimental. Ao final do experimento realizou-se a pesagem dos animais em balança digital para obtenção do peso final (PF), sendo sequencialmente selecionados de forma aleatória cinco animais de cada tratamento para coleta de tecidos, os quais foram encaminhados para frigorífico comercial da região.

No abate foi realizada a coleta do fígado, rim, coração e patas, que foram acondicionados em caixa de isopor tampada e com gelo e transferidos para o LANA - UNIOESTE. O fígado, rim e coração foram pré-secos em estufa de ventilação forçada a  $55^{\circ}\text{C}$  por 72 horas, moídos em moinho do tipo bola com câmara fechada e armazenados em potes para posterior análises de matéria seca, matéria mineral e concentração de cálcio.

As patas foram limpas com auxílio de lâmina de bisturi e delas retirou-se o terceiro e quarto osso metatarsiano (Figura 1), os quais foram imersos em água fervente por cinco minutos para amolecer a estreita camada de músculo, gordura e cartilagem que envolve os ossos do metatarso e então separá-los. Após limpeza, realizou-se nos ossos frescos a pesagem em balança analítica e a mensuração do comprimento com paquímetro digital no LANA - UNIOESTE, sendo esses dados utilizados para obtenção do Índice de Seedor (peso do osso/comprimento) (SEEDOR et al., 1991). Em seguida, os ossos do metatarso foram pré-secos em estufa de ventilação forçada a  $55^{\circ}\text{C}$  e encaminhados à Universidade Federal de São João Del Rei (UFSJ) onde foram submetidos à análise de resistência a

quebra ou cisalhamento, utilizando o equipamento da marca SHIMADZU (AGX PLUS 100 KN), no Laboratório de Caracterização de Materiais Compósitos do Departamento de Engenharia Mecânica (DEMEC), os ensaios foram realizados a uma temperatura padronizada de 23°C.

Figura 1. Terceiro e quarto metatarso de suínos das patas dianteiras



Fonte: Arquivo pessoal

Realizaram-se ainda as análises do teor de matéria seca e matéria mineral, além da concentração de cálcio no osso, conforme as metodologias descritas por Silva e Queiroz (2002). A matéria seca dos tecidos foi determinada em estufa de 105° e posteriormente o material foi incinerado a 600°C em mufla, já a concentração de cálcio no metatarso e demais tecidos foi realizada pela abertura da amostra via úmida utilizando solução nitroperclórica (3:1 e 4:1, respectivamente) no LANA - UNIOESTE, sendo a solução mineral obtida submetida a leitura no Equipamento de Absorção Atômica do Laboratório de Química da mesma instituição.

Para avaliação da concentração de cálcio no soro os animais foram submetidos à jejum de 12 horas e coletou-se sangue no início e no final do período experimental, via veia cava cranial utilizando tubos de coleta sem anticoagulante e encaminhado para laboratório onde foi centrifugado para obtenção do soro. Em seguida foi transferido para microtúbulos de polietileno tipo “eppendorf” de 1,5mL, em duplicata e congelados para análise, a qual foi feita no equipamento Analisador Químico Automático da Elitech, modelo flexor el200, utilizando kit comercial da Elitech para análise de cálcio por colorimetria direta.

A normalidade dos erros experimentais e a homogeneidade de variâncias entre os tratamentos para as variáveis foram avaliadas previamente utilizando-se os testes de Shapiro-Wilk e de Levene (SAS, 2000), respectivamente. Os efeitos das fontes de cálcio



e das classes de sexo, bem como a interação entre os fatores (fontes de cálcio x classes de sexo) sobre as variáveis dependentes foram verificados por meio de análise de variância.

Comparações entre médias de quadrados mínimos (*lsmeans*), relacionadas ao efeito de sexo, foram realizadas por meio do teste F. As *lsmeans* de peso final, ganho de peso diário, consumo diário de ração e conversão alimentar foram estimadas considerando-se a correção das médias observadas para a covariável “peso inicial” (BANZATTO e KRONKA, 2006).

O teste de Tukey e nível de 5% de significância foi adotado em todas as análises estatísticas, que foram feitas utilizando-se o Statistical Analysis System (SAS, 2000).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### *Experimento I*

Os dados do balanço de cálcio e os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeiro (Tabela 3) mostram que as fontes de cálcio avaliadas não interferiram nos parâmetros referentes ao balanço deste mineral ( $P > 0,05$ ). Além disso, os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeiro, determinados pela coleta total de fezes e estimados pela coleta com indicador, não foram influenciados pelas fontes de cálcio ( $P > 0,05$ ).

A excreção endógena fecal obtida para suínos na fase inicial foi de 0,112g/animal/dia (0,144g Ca/animal/kg MS consumida), sendo este valor utilizado para estimar a digestibilidade verdadeira do cálcio das fontes estudadas. A excreção de cálcio se dá pela urina, fezes, suor e sêmen, mas em suínos, ocorre prioritariamente pelas fezes e pequena quantidade pela urina (SAKOMURA e ROSTAGNO, 2007).

O cálcio fecal é resultante da fração não absorvida da dieta e do cálcio endógeno excretado normalmente pelo organismo, proveniente de células da mucosa intestinal, saliva, suco gástrico, suco pancreático e bile, sendo que essas perdas são inversamente proporcionais à eficiência da absorção. E a excreção pela urina varia em função da concentração do mineral no plasma sanguíneo, quando muito alto, ocorre baixa reabsorção pelos túbulos proximais e alta excreção, e quando em níveis adequados ou baixo ocorre o inverso (COZZOLINO, 2009).

Tabela 3 - Parâmetros relacionados ao balanço do cálcio em função das fontes e os respectivos coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) e verdadeiro (CDV) obtido pela coleta total e coleta com indicador

Parâmetros	CC	FMB	FOC	FO	P valor	Média	CV
Ca consumido (g/d)	4,33	4,26	4,22	4,37	0,976	4,29	14,76
Ca fezes fonte (g/d)	1,09	1,04	1,06	1,12	0,975	1,07	34,41
Ca endógeno (g/d)	0,113	0,112	0,112	0,114	0,978	0,112	14,76
Ca urina (g/d)	0,02	0,02	0,03	0,04	0,356	0,03	71,50
Ca retido %	74,26	75,48	74,83	74,42	0,974	67,59	10,24
Ca no soro (mg/dL)	10,83	10,33	10,33	11,00	0,500	10,62	9,38
Coleta total							
CDA (%)	75,05	76,53	74,91	74,51	0,974	75,25	10,63
CDV (%)	77,67	79,15	77,53	77,13	0,973	77,87	10,27
Coleta com indicador							
CDA (%)	65,93	73,19	64,86	70,02	0,239	68,50	11,07
CDV (%)	65,95	73,21	64,88	70,04	0,240	68,52	11,07

CC= calcário calcítico; FM= fosfato monobicálcico; FOC= farinha de ossos calcinada; FO= farinha de ostras. CV = Coeficiente de Variação (%); (g/d) = gramas por dia.

Observou-se que a quantidade de cálcio excretada pela urina em todos os tratamentos foi muito baixa e a concentração de cálcio sanguíneo está dentro do preconizado (HENN, 2010). Esses resultados sugerem que o consumo de cálcio foi adequado, na verdade, a quantidade fornecida esteve abaixo da determinada por Rostagno et al. (2011) para essa categoria. Quando a concentração de cálcio plasmático é baixa, ocorre grande reabsorção renal, de modo que as perdas na urina são mínimas. Por outro lado, mesmo quando há um pequeno aumento na concentração de cálcio, acima do normal, eleva acentuadamente a sua excreção. O paratormônio é um dos fatores mais importantes para o controle da reabsorção do cálcio nas porções distais do néfron e, por conseguinte, para o controle da excreção do cálcio (GUYTON e HALL, 2006).

Os valores de Ca consumido e excretado obtidos neste trabalho foram semelhantes ao descrito na literatura (JIANG et al., 2013). É válido ressaltar que neste trabalho a concentração de cálcio nas rações (0,64%) esteve abaixo da exigência (0,82%) (ROSTAGNO et al., 2011), pois a concentração dietética do mineral deve ser menor que o requerimento para que ocorra melhor eficiência na absorção (AMMERMAN, 1995), e esse efeito foi observado nos resultados deste trabalho. O aumento do nível de cálcio dietético aumenta a excreção de cálcio e fosforo reduzindo conseqüentemente a digestibilidade aparente de ambos os minerais (JIANG et al., 2013).

As fontes de cálcio estudadas apresentaram coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira semelhantes (Tabela 3). Observa-se que quando determinados pelo método da coleta total obteve-se médias de CDV entre 77 e 79%, e ao serem estimados pela coleta com indicador as médias para CDV ficaram entre 64 e 73%. Esses resultados demonstram que o indicador subestimou a digestibilidade do cálcio das fontes testadas. Isso pode ter ocorrido devido à baixa recuperação do indicador, que conseqüentemente superestimou a produção fecal, subestimando a digestibilidade do cálcio.

O calcário calcítico é a fonte suplementar de cálcio mais utilizada nas rações de suínos, associado a algum fosfato, sendo consideradas fontes padrão. Isso ocorre principalmente pelo fato dessas fontes estarem disponíveis em maior quantidade do comércio, bem como pelo preço. Entretanto, deve-se lembrar que as fontes de origem mineral não são renováveis (MELO e MOURA, 2009), por esse motivo é importante que fontes alternativas sejam avaliadas. A semelhança obtida na digestibilidade do cálcio sugere que as farinhas de ossos calcinada e de ostras são boas alternativas às fontes minerais aqui avaliadas para suplementar as rações de suínos na fase inicial.

Jiang et al. (2013) avaliaram a digestibilidade aparente do carbonato de cálcio e cloreto de cálcio com 0,64% de cálcio dietético na alimentação de leitões e relataram média de 75,82%, semelhante ao encontrado neste trabalho. Já Fan e Archbold (2012) suplementaram a dieta de leitões com diferentes níveis de calcário a fim de obter a digestibilidade verdadeira do cálcio e, na dieta com 0,67% de Ca total, os autores relataram média de 37,87% e a dieta com menor concentração de Ca total (0,28%) promoveu a melhor digestibilidade verdadeira (53,44%), mas que ainda está inferior aos valores obtidos no presente estudo para o calcário calcítico.

Com os valores analisados de cálcio total, calculou-se o cálcio digestível verdadeiro das fontes a partir dos coeficientes de digestibilidade verdadeira obtidos neste estudo para suínos inteiros na fase inicial (Tabela 4).

Tabela 4 - Conteúdo de cálcio total e digestível verdadeiro das fontes estudadas

Fontes de cálcio	Cálcio total (%) <sup>1</sup>	Cálcio digestível (%)	
		Coleta total	Coleta indicador
Calcário calcítico	36,92	28,67	24,35
Fosfato monobicálcico	20,34	16,10	14,89
Farinha de ossos calcinada	34,48	26,73	22,37
Farinha de ostras	36,20	27,92	25,35

<sup>1</sup>Valores analisados

A literatura é escassa sobre o cálcio digestível verdadeiro das fontes utilizadas para suplementar as dietas de suínos na fase inicial, e os poucos resultados que existem estão expressos com base no cálcio total, pois os trabalhos realizados avaliam a digestibilidade aparente das fontes, como Sulabo e Stein (2013) que verificaram a digestibilidade verdadeira do fósforo e aparente do cálcio avaliando a farinha de carne e ossos provenientes de diferentes estabelecimentos comerciais, que variou de 53 a 81%. Stein et al. (2011) relataram digestibilidade aparente do cálcio para o carbonato de cálcio entre 60,9 e 70,9%.

### ***Experimento II***

Não houve interação entre os fatores estudados para os parâmetros de desempenho ( $P>0,05$ ) e as fontes de cálcio não causaram alteração no desempenho dos leitões ( $P>0,05$ ), sugerindo que, na falta do calcário calcítico, considerado como fonte padrão, o fosfato monobicálcico, a farinha de ossos calcinada ou a farinha de ostras podem ser utilizadas na alimentação de leitão sem causar prejuízo no desempenho, desde que sejam economicamente viáveis. No entanto o fator sexo influenciou na conversão alimentar ( $P=0,028$ ) (Tabela 5).

A semelhança entre os tratamentos para o consumo diário de ração sugere que a inclusão das fontes não modificou a palatabilidade das rações nem influenciou nos processos digestivos no trato gastrointestinal. Como descrito na literatura (BRITO, 2008) as fontes avaliadas no presente trabalho são inodoras, caso contrário, poderia ser um fator que limitasse o consumo. Além disso, a concentração de cálcio estabelecida 0,64% e a relação cálcio:fósforo não causaram nenhum efeito negativo nos parâmetros de desempenho.

Rostagno et al. (2011) preconizam relação de 2,03:1 para cálcio total e fósforo disponível e 2,08:1 para cálcio total e fósforo digestível. No presente trabalho a relação cálcio total:fósforo disponível não foi mantida constante, pois como objetivou-se avaliar as fontes individualmente, não foi possível corrigir a relação do tratamento composto pelo fosfato monobicálcico, e mesmo estando diferente dos demais tratamentos, não influenciou nos resultados. Entretanto, vale ressaltar que a relação 1,1:1, obtida neste

tratamento, está dentro do preconizado pelo NRC (1998), no qual está estabelecido que a relação Ca:P em dietas à base de milho e soja deve estar entre 1:1 e 1,25:1.

Jiang et al. (2013) trabalhando com níveis e duas fontes de cálcio obtiveram nos animais suplementados com 0,60% de Ca e relação 1:1 Ca:P, menor ganho diário de peso (0,428kg), consumo diário de ração (0,593kg) e conversão alimentar (1,38). Estes autores observaram que a medida que aumentou os níveis de cálcio na dieta dos animais o ganho diário de peso e a conversão alimentar foram afetados negativamente e concluíram que altos níveis de cálcio pioram o desempenho dos animais. Fan e Archbold (2012) também observaram que o consumo diário de ração reduziu conforme aumentou os níveis de cálcio e relataram consumo de 1,18kg/dia.

A conversão alimentar foi influenciada pelo sexo ( $P=0,028$ ). O sistema de produção de suínos é dividido em três grupos: macho inteiro, fêmea e macho castrado, cujo desempenho e características de carcaça são distintos. Entretanto, de acordo com a literatura (BRUMANO e GATTÁS, 2009) os efeitos do sexo não são evidenciados na primeira fase de crescimento, iniciando as principais diferenças a partir dos 30kg de peso vivo e durante as fases de crescimento. Segundo Miyada (1996), geralmente não há alterações em termos de exigências nutricionais e desempenho em função do sexo antes dos 50kg de peso, sendo tais alterações resultantes de mudanças endócrinas.

Divergindo das considerações dos autores supracitados, os dados obtidos demonstram melhor conversão alimentar para os machos (1,54kg/kg) em relação as fêmeas (1,66kg/kg). A conversão obtida na avaliação dos machos foi menor do que a descrita nas tabelas brasileiras de aves e suínos para a categoria macho inteiro, que é de 1,63kg/kg (ROSTAGNO et al, 2011).

As médias de peso final, ganho diário de peso e o consumo diário de ração foram semelhantes entre os sexos ( $P>0,05$ ). Em outros estudos também não foi detectado diferença entre os sexos para essas variáveis e os autores relataram valores médios semelhantes (SOUZA et al., 2011), inferiores (OLIVEIRA et al., 2012) e mais altos (SARAIVA et al., 2009a) para ganho de peso e consumo diário de ração.

Os parâmetros ósseos avaliados não foram influenciados pelas fontes de cálcio ( $P>0,05$ ), em média, o comprimento do metatarso foi de 61,83mm e o peso fresco e pré-seco foi 9,73g e 5,04g, respectivamente (Tabela 6).

Tabela 5 - Valores de médias ajustadas de quadrados mínimos (*lsmeans*) de peso final (PF), consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar (CA) na fase inicial

Parâmetros	Fontes de Cálcio				P valor	Sexo		P valor	Média	Fonte x sexo	CV
	CC	FMB	FOC	FO		Macho	Fêmea				
PF (kg)	26,695	27,088	27,193	26,510	0,886	26,937	26,805	0,851	26,871	0,965	7,34
CDR (kg)	0,944	0,980	0,982	0,989	0,350	0,925	0,983	0,085	0,954	0,744	9,47
GDP (kg)	0,594	0,614	0,605	0,584	0,912	0,601	0,598	0,923	0,937	0,992	14,69
CA (kg:kg)	1,601	1,609	1,637	1,568	0,791	1,547a	1,660b	0,028	1,603	0,864	8,54

CC= calcário calcítico; FMB= fosfato monobicálcico; FOS= farinha de ossos calcinada; FO= farinha de ostras; CV= coeficiente de variação

<sup>a,b</sup> Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste F (5%).

Tabela 6 - Parâmetros ósseos avaliados em suínos na fase inicial alimentados com diferentes fontes de cálcio

Parâmetros	Fontes de Cálcio				Média	P valor	CV
	CC	FMB	FOC	FO			
Comprimento (mm)	60,93	61,87	61,66	62,85	61,83	0,602	3,59
Peso fresco (g)	9,64	9,25	9,55	10,48	9,73	0,499	13,42
Peso pré-seco (g)	5,07	5,41	5,44	5,68	5,40	0,304	9,05
Índice de Seedor (mg/mm)	157,43	149,16	154,66	166,43	156,92	0,478	11,04
Força máxima aplicada (N)	545,28	561,07	588,98	644,75	585,19	0,246	13,52
Força máxima aplicada (Kgf)	55,60	57,21	60,06	65,75	59,66	0,246	13,52
Resistência óssea (tensão MPa)	1,70	1,54	1,68	1,72	1,66	0,872	22,95
Resistência óssea (tensão Kgf/cm <sup>2</sup> )	17,37	15,71	17,13	17,53	16,93	0,875	23,01

CC= calcário calcítico; FMB= fosfato monobicálcico; FOS= farinha de ossos calcinada; FO= farinha de ostras; CV= coeficiente de variação; mm= milímetros; g= grama; N= Newton; Kgf= quilogramas força; MPa= megapascal.

O peso e o crescimento dos ossos referem-se à quantidade de mineral depositada. Sabe-se que a matriz mineral é formada predominantemente por cálcio e fósforo na forma de hidroxiapatita, constituindo aproximadamente 60 a 70% do peso do osso, sendo responsável pela rigidez e resistência à compressão (HENN, 2010). Dessa forma, rações desbalanceadas ou deficientes destes minerais resultariam em má formação óssea e até em crescimento lento. Há poucos trabalhos na literatura que se refiram à parâmetros ósseos de suínos na fase inicial, mas Salguero Cruz (2013) descreveram peso fresco de 8,31g para o metatarso.

O Índice de Seedor foi proposto inicialmente por Seedor et al. (1991) como indicativo da densidade óssea, considerando que quanto maior for o Índice, maior é a densidade da peça óssea e vice-versa. A resistência óssea também pode ser utilizada como indicativo da densidade, normalmente, quanto maior a resistência, maior há de ser a densidade, estando ambos os parâmetros relacionados à quantidade de minerais depositada. A força máxima refere-se à força aplicada sobre o osso até este começar a fissurar, quando a força começa a reduzir e então se estabelece a resistência.

Os valores obtidos neste trabalho demonstram que as fontes são similarmente eficientes em manter a deposição mineral e resistência óssea de suínos na fase inicial. Esta resistência é resultado da associação do comprimento, diâmetro e peso do osso e está relacionada com os níveis de cálcio plasmáticos, caso este não esteja adequado para manutenção das funções vitais que participa, ocorrerá estímulo para reabsorção óssea mediado pelo paratormônio e vitamina D (RATH et al., 2000), reduzindo sua resistência. Embora a porcentagem de cinzas dos ossos varie com a idade, o teor de Ca, que é o seu maior constituinte, se mantém relativamente constante (FIELD, 2000).

Não houve diferença entre as fontes de cálcio para os teores de matéria seca nem para a concentração de cálcio no soro ( $P>0,05$ ). O teor de matéria mineral e a concentração de cálcio nos tecidos foram influenciados pelas fontes ( $P<0,05$ ) (Tabela 7).

O teor médio de matéria seca encontrado foi 92,35% no metatarso, 93,15% no fígado, 92,32% no rim e 93,45% no coração. O teor de matéria seca no metatarso foi semelhante ao descrito por Veloso et al. (2000) que avaliaram a mineralização óssea de suínos alimentados com quatro fosfatos e descreveram teor de matéria seca para os ossos de 94%.

Tabela 7 - Valores médios do teor de matéria seca (MS), matéria mineral (MM) e da concentração de cálcio nos tecidos e no soro de suínos na fase inicial

	Fontes de Cálcio				Média	P valor	CV
	CC	FMB	FOC	FO			
Matéria Seca (%)							
Metatarso	92,49	92,52	92,00	92,40	92,35	0,27	0,48
Fígado	93,20	92,60	93,20	93,60	93,15	0,82	1,78
Rim	92,60	91,60	92,60	92,40	92,30	0,55	1,35
Coração	93,60	93,40	93,20	93,60	93,45	0,96	1,43
Matéria Mineral (%)							
Metatarso	44,69	49,07	44,15	46,49	46,10	0,28	9,14
Fígado	7,86	7,38	8,16	9,39	8,20	0,25	19,11
Rim	7,88b	7,69b	13,07a	12,88a	10,38	0,01	29,20
Coração	7,63	6,92	7,98	7,85	7,59	0,70	20,06
Concentração de cálcio nos tecidos (g/kg)							
Metatarso	145,69	161,24	137,83	142,15	146,73	0,47	16,60
Fígado	5,68	6,24	5,72	6,31	5,99	0,75	16,55
Rim	6,47	7,06	6,29	5,74	6,39	0,35	17,53
Coração	6,57a	4,59b	4,72b	4,73b	5,15	<,01	13,11
Concentração de cálcio total e fósforo (mg/dL)							
Ca total	10,12	10,09	10,02	10,10	10,08	0,94	3,29
P total	9,60	9,60	9,56	9,83	9,64	0,81	6,52
Ca:P	1,05:1	1,05:1	1,05:1	1,03:1	1,04:1	0,87	3,40

CC= calcário calcítico; FMB= fosfato monobicálcico; FOS= farinha de ossos calcinada; FO= farinha de ostras; CV= coeficiente de variação. <sup>a,b</sup> Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na linha diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Os valores médios de matéria mineral no metatarso, fígado e coração foram semelhantes entre os tratamentos ( $P>0,05$ ), diferindo do rim que apresentou valores distintos ( $P=0,013$ ) em função das fontes, no qual o teor de matéria mineral foi maior nos rins dos animais alimentados com dietas suplementadas com a farinha de ossos calcinada e a farinha de ostras. Dados referentes ao teor de matéria seca e matéria mineral nos tecidos de suínos são escassos na literatura, uma vez que a ênfase maior é para a concentração dos minerais nestes tecidos.

Acredita-se que as farinhas utilizadas podem ter maior concentração de minerais do que as fontes inorgânicas utilizadas neste trabalho, visto que a farinha de ossos calcinada, por exemplo, apresenta maior teor de minerais, como sódio, zinco, ferro e cobalto em relação ao calcário calcítico e alguns fosfatos (AVELAR et al., 2009). Assim, como o rim é um órgão responsável por filtrar, reabsorver e excretar substâncias (SODRÉ et al., 2007), é possível que minerais absorvidos não tenham sido utilizados pelo metabolismo dos animais, resultando em maior concentração no rim, alterando dessa



forma o teor de matéria mineral. Além disso, há indícios de que alguns minerais tenham especificidade de armazenamento no fígado e rins, como o zinco, ferro e cobalto.

A concentração de cálcio no metatarso, fígado e rim foram semelhantes entre os tratamentos ( $P>0,05$ ) e o coração apresentou valores distintos em função das fontes, no qual a concentração de cálcio foi maior no coração dos animais alimentados com dietas suplementadas com calcário calcítico ( $P<0,01$ ). Os resultados obtidos não são suficientes para explicar essa diferença e na literatura não há indícios que ajudem a esclarecer este fato.

Segundo Bourdeau et al. (1994) a concentração de cálcio nos tecidos é variável e na célula é encontrado principalmente no retículo endoplasmático e mitocôndrias. Évora et al. (1999) acrescenta que além de desempenhar a função na estrutura do organismo, como sustentação para o esqueleto e proteção dos órgãos, o osso serve como reservatório de cálcio e fósforo, o que garante a manutenção das concentrações normais no plasma e fluido extracelular. Além de compor os ossos, um percentual próximo a 0,6% do cálcio do organismo encontra-se nos tecidos moles.

O metatarso apresentou elevado teor de matéria mineral e concentração de cálcio em relação aos demais órgãos. O teor médio de matéria mineral no metatarso obtido foi 46,10% e a concentração média de cálcio foi de 146,73g/kg. Estes resultados demonstram de fato que o tecido ósseo é o maior reservatório de cálcio do organismo. Saraiva et al. (2009a), obtiveram média de 50,37% no teor de cinza óssea e 163,4g/kg para a concentração de cálcio no metatarso de leitões alimentados com de dieta com 0,68% de cálcio total. A ordem decrescente da retenção do cálcio nos tecidos foi: metatarso, rim, fígado e coração, caracterizando os ossos como o órgão de maior retenção desse mineral.

De acordo com Queiroz (2008), a variável cinza óssea (matéria mineral) apresenta maior sensibilidade de resposta quando se faz comparações entre as fontes de fósforo. Acredita-se que o mesmo pode se estender a outros minerais, no entanto as fontes utilizadas no presente trabalho não causaram nenhuma diferenciação no teor de cinza óssea, sugerindo que qualquer uma das fontes estudadas pode ser utilizada sem causar problemas no desenvolvimento ósseo do suíno na fase inicial, o que não se pode afirmar para animais em reprodução, por exemplo, já que o tempo de vida útil dessa categoria é maior e não se sabe a respeito do efeito cumulativo dessas fontes.

Os dados na Tabela 7 mostram que as fontes de cálcio avaliadas no presente estudo não influenciaram na concentração de cálcio e fósforo no soro dos animais ( $P>0,05$ ). A concentração de cálcio obtida foi em média 10mg/dL, com pequenas variações entre os tratamentos. A maior variação ocorreu entre o calcário calcítico e a farinha de ossos calcinada de 0,10mg/dL. Este resultado está de acordo com a literatura, onde afirma que apesar de variações na ingestão, absorção e excreção de cálcio, peculiar a cada indivíduo, a concentração sanguínea de cálcio permanece notavelmente constante. Tal fenômeno ocorre por existirem mecanismos de controle específicos para assegurar que o cálcio esteja sempre disponível (ÉVORA et al., 1999; CASTILHO, 2008).

O valor obtido para cálcio está dentro do preconizado na literatura. Para Henn (2010) as concentrações aproximadas de cálcio no sangue variam entre 8,2 mg/dL a 12 mg/dL entre as espécies animais, podendo também ter a mesma variação dentro da espécie. Está também de acordo com o valor de referência estabelecido na bula do kit utilizado na análise, que é de 8,6 – 10,8mg/dL. Semelhante a este trabalho, Jiang et al. (2013) não obtiveram diferença na concentração de cálcio no soro de leitão alimentado com fontes de cálcio distintas, os autores relataram valores médios de cálcio sérico (9,36mg/dL).

Segundo Gonzáles (2000), o nível de cálcio plasmático dos animais é constante, podendo variar entre 8 e 12 mg/dL. E o mesmo explica que para manter a calcemia o sistema endócrino atua envolvendo três hormônios: vitamina D3, paratormônio e calcitonina, os quais participam de mecanismos distintos e eficientes. Essa forma de regulação faz com que os níveis de cálcio sanguíneo tenham uma baixa variação.

Aproximadamente 50% do cálcio no soro é ionizado, forma biologicamente ativa, 45% é ligado à albumina ou globulinas e o restante 5% está presente em outras formas (BRINGHURST e LEDER, 2006). O percentual de cálcio que circula no sangue e é depositado no tecido ósseo depende do nível de cálcio na dieta (BRONNER e STEIN, 1992). Da mesma forma, o percentual de cálcio que circula no rim é influenciado pelo nível de cálcio e fósforo na dieta (STEIN et al., 2006, 2011; VITTI et al., 2010).

A concentração de fósforo também não foi influenciada pelas fontes de cálcio ( $P>0,05$ ) e obteve-se média de 9,64mg/dL. A relação cálcio:fósforo foi bastante semelhante entre os tratamentos ( $P>0,05$ ). De acordo com Dantas (2014), o equilíbrio na relação cálcio e fósforo sanguíneos é importante e pode ocorrer desequilíbrio se houver

suplementação aumentada de fósforo na dieta. Não ocorreu desequilíbrio na relação, visto que as fontes apresentaram o mesmo comportamento e a suplementação de fósforo dietético estava abaixo do recomendado. Segundo Kaneko et al. (2008) e Radostits et al. (2010) a relação das concentrações séricas de cálcio e fósforo consideradas dentro da faixa de normalidade se encontram em torno de 1,3: 1, que diferem dos verificados no presente estudo.

## CONCLUSÕES

A digestibilidade do cálcio e o desempenho dos animais, bem como a deposição de cálcio nos tecidos, os parâmetros ósseos e a concentração de cálcio no soro foram semelhantes entre as fontes e o nível de cálcio estabelecido (0,64%) não prejudicou, apresentando resultados dentro do preconizado na literatura ou até melhor, dessa forma, pode-se afirmar que o calcário calcítico, o fosfato monobicálcico, a farinha de ossos calcinada e a farinha de ostras podem ser utilizadas sem causar prejuízo ao desempenho de suínos na fase inicial.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMMERMAN, C.B.; BAKER, D.H.; LEWIS, A.J. **Bioavailability of nutrients for animals – Amino acids, minerals and vitamins**. San Diego: Academic Press, Inc., p. 441, 1995.
- AOAC - Association of Official Analytical Chemistry. **Official Methods of Analysis**. Washington, D.C., 15ª ed., 1990. 684p.
- AVELAR, A.C.; FERREIRA, W.M.; BRITO, W.; MENEZES, M.A.B.C. Composição mineral de fosfatos, calcário e farinha de ossos usados na agropecuária brasileira. **Archivos de Zootecnia**, v. 58, p. 737-740, 2009.
- BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. **Experimentação agrícola**. 4ª ed. Jaboticabal: FUNEP, p. 237, 2006.
- BOURDEAU, J.E.; ATTIE, M.F. Calcium metabolism. In: MAXWELL & KLEEMAN'S: **Clinical disorders fluids and eletrolites metabolism**, 5ª ed, McGraw Hill, p. 243-306, 1994.
- BRITO, A.B. Avaliação de Ingredientes para a nutrição de poedeiras comerciais. Artigo técnico. **Poli-nutri alimentos**. 2008. Disponível em: <http://www.polinutri.com.br/upload/artigo/195.pdf>. Acesso em: 01/04/2016.

- BÜNZEN, S.; ROSTAGNO, H.S.; LOPES, D.C.; HASHIMOTO, F.A.M.; GOMES, P.C.; APOLÔNIO, R.L. Digestibilidade do fósforo de alimentos de origem vegetal determinada em suínos em crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 1236-1242, 2008.
- BRINGHURST, F.R.; LEDER, B.Z. Regulation of calcium and phosphate homeostasis. In: **Endocrinology**, 5ª Ed. (Ed. L. J. DeGroot and J. L. Jameson). Elsevier, p. 1465, 2006.
- BRONNER, F.; STEIN, W.D. Modulation of bone calcium binding sites regulates plasma calcium: A hypothesis. **Calcified Tissue International**, v. 50, p. 483-489, 1992.
- BRUMANO, G & GATTÁS, G. Fatores que influenciam na exigência de lisina para suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 6, p. 918-940, 2009.
- CASTILHO, A.C.; MAGNONI, D. **Cálcio e Magnésio**. 2008. Disponível em: [https://www.amway.com.br/downloads/misc/Calcio\\_e\\_Magnesio\\_IMEN.pdf](https://www.amway.com.br/downloads/misc/Calcio_e_Magnesio_IMEN.pdf). Acesso em: 05 de setembro de 2015.
- COZZOLINO, S.M.F. Cálcio. In: **Biodisponibilidade de Nutrientes**. SILVA, A.G.H. & COZZOLINO, S.M.F. 3ª Edição atualizada e comilada – Brueri, SP: Manole, p. 513, 2009.
- DANTAS, W.M.F. **Perfil bioquímico sanguíneo e ganho de peso corporal de suínos em crescimento alimentados com dietas contendo diferentes concentrações de fosfato bicálcico mantidos em estresse por calor**. 74f. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa – Viçosa, MG, 2014.
- ÉVORA, P.R.B.; REIS, C.L.; FERREZ, M.A.; CONTE, D.A.; GARCIA, L.V. Distúrbios do equilíbrio hidroelétrico e do equilíbrio acidobásico – uma revisão prática. **Medicina**, v. 32, p. 451-469, 1999.
- FAN, M.Z. and ARCHBOLD, T. Effects of dietary true digestible calcium to phosphorus ratio on growth performance and efficiency of calcium and phosphorus use in growing pigs fed corn and soybean meal-based diets. **Journal Animal Science**, v. 90, p. 254–256, 2012.
- FAWCETT, R.H.; WEBSTER, M. Variabilidade de alimento e dos ingredientes do alimento: impacto na performance de frangos de corte e lucro. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL ACAVEMBRAPA SOBRE NUTRIÇÃO DE AVES, 1999, Concórdia. **Anais...** Concórdia: Embrapa suínos e aves: [s.n.] 1999. p. 59-68.
- FIELD, R.A. Ash and calcium as measures of bone in meat and bone mixtures. **Meat Science**, v. 55, p. 255-264, 2000.
- GONZÁLEZ F.H.D., CONCEIÇÃO T.R., SIQUEIRA A.J.S., LA ROSA V.L. Variações sanguíneas de uréia, creatinina, albumina e fósforo em bovinos de corte no Rio Grande do Sul. **A Hora Veterinária**, v. 20, p. 59-62, 2000.
- GUYTON, A.C.; HALL, J.E. **Tratado de Fisiologia Médica**. Editora Elsevier Brasil. 2006.
- HENN, J.D. Bioquímica do tecido ósseo. 2010. Disponível em: [http://www6.ufrgs.br/favet/lacvet/restrito/pdf/osso\\_henn.pdf](http://www6.ufrgs.br/favet/lacvet/restrito/pdf/osso_henn.pdf). Acesso em: 13/09/2015.
- JIANG, H.; WANG, J.; CHE, L.; LIN, Y.; FANG, Z.; WU, De. Effects of calcium sources and levels on growth performance and calcium bioavailability in weaning piglets. **Asian Journal of Animal and Veterinary Advances**, v. 8, p. 613-621, 2013.
- KANEKO, J.J.; HARVEY, J.W.; BRUSS, M.L. **Clinical biochemistry of domestic animals**, 5ª ed. Academic Press, San Diego, p. 932, 2008.

- KAVANAGH, S.; LYNCH, P.B.; MARA, O.F.; CAFREY, P.J. A comparison of total collection and marker technique for the measurement of apparent digestibility of diets for growing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 89, p. 49-58, 2001.
- LELIS, G.R.; ALBINO, L.F.T.; SALGUERO, S.C. et al. Novos conceitos em nutrição avícola. In: AVEWORLD. O Mega Portal da Avicultura Brasileira, 2009, Foz de Iguaçu. **Anais...** Foz de Iguaçu: [s.n.] 2009.
- MELO, T.V.; MENDONÇA, P.P.; MOURA, A.M.A.; LOMBARDI, C.T.; FERREIRA, R.A.; NERY, V.L.H. Solubilidad in vitro de algunas fuentes de cálcio utilizadas em alimentacion animal. **Archivos de Zootecnia**, v. 55, p. 297-300, 2006.
- MELO, T.V. e MOURA, M.A. Utilização da farinha de algas calcáreas na alimentação animal. **Archivos de Zootecnia**, v. 58, p. 99-107, 2009.
- MIYADA, V.S. Fatores que influenciam as exigências nutricionais dos suínos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS, 1996, Viçosa, MG, **Anais...** Viçosa: UFV, 1996.
- NRC. Nutrient Requirements for Swine. 10<sup>a</sup> ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC. 1998.
- OLIVEIRA, E.L. de; LUDKE, M.C.M.; LUDKE, J.V.; BERTOL, T.M.; GUIDONI, A.L.; SALVAGNI, G. Desempenho de leitões na fase de creche alimentados com rações contendo proteína concentrada de soja. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 34, p. 131-136, 2012.
- PEKAS, J.C. Versatile swine laboratory apparatus for physiologic and metabolic studies. **Journal of Animal Science**, v. 2, p. 1303-1306, 1968.
- QUEIROZ, L.S.B.; BERTECHINI, A.G.; RODRIGUES, P.B. et al. Utilização de fosfatos comerciais para frangos de corte na fase inicial. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 1421-1427, 2008.
- RADOSTITS, O.M.; GAY, C.C.; HINCHCLIFF, K.W.; CONSTABLE, P.D. Veterinary medicine. 10<sup>a</sup> ed. **Elsevier**, p. 2162, 2010.
- RATH, N.C.; HUFF, G.R.; HUFF, E.W. BALOG, J.M. Factors regulating bone maturing and strenght in poultry. **Poultry Science**, v. 79, p. 1024-1032, 2000.
- ROCHA JUNIOR, C.M.da; TEIXEIRA, A.O.; HANNAS, M.I.; SANTANA, A.L.A.; CARVALHO, T.A.; OLIVEIRA, B.L.de; MOREIRA, L.M.; BRIGHENTI, C.R.G. Digestibility of phosphorus in powder and microgranular phosphate in diets for pigs. **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal**, v. 16, p. 544-557, 2015.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.de; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T.; EUCLIDES, R.F. Tabelas brasileiras para aves e suínos. 3<sup>a</sup> Ed., Viçosa, MG: UFV, 252p., 2011.
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. Métodos de Pesquisa em Animais Monogástricos. Jaboticabal-SP – FUNEP, p. 283, 2007.
- SALGUERO CRUZ, S.C. **Equivalência em fósforo disponível da fitase utilizando diferentes metodologias com frango de corte e suínos**. 79f. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa – Viçosa, MG, 2013.
- SALGUERO, S.C.; ROSTAGNO, H.S.; HANNAS, M.I.; CARVALHO, T.A.; MAIA, R.C.; PESSOA, G.B.S. Digestibilidade do cálcio de ingredientes para suínos, avaliada por meio de dois Métodos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 66, p. 1539-1546, 2014.
- SARAIVA, A.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M.; ABREU, M.L.T.; SILVA, F.C.O.; SANTOS, F.A. Available phosphorus levels in diets for swine from 15 to 30 kg

- genetically selected for meat deposition. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 307-313, 2009a.
- SEEDOR, J.G.; QUARRUCCIO, H.A.; THOMPSON, D.D. The biophosphonate alendronate (MK-217) inhibits bone loss due to ovariectomy in rats. **Journal of Bone and Mineral Research**, v. 6, p. 339-346, 1991.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos). 3<sup>a</sup> ed. Viçosa: UFV, p. 235, 2002.
- SILVA, J.H.V.; PASCOAL, L.A.F. Função e Disponibilidade dos Minerais. In: SAKOMURA, N.K.; et al. **Nutrição de Não Ruminantes**. Jaboticabal: Funep, p. 129, 2014.
- SODRÉ, F.L.; COSTA, J.C.B.; LIMA, J.C.C. Avaliação da função e da lesão renal: um desafio laboratorial. **J. Bras. Patol. Med. Lab.**, v. 43, p. 329-337, 2007.
- SOUZA, M.F.; DONZELE, J.L.; SILVA, F.C.O. Níveis de cálcio em dietas para leitões dos 21 aos 63 dias de idade. Ergomix. 2011. Disponível em: <<http://pt.engormix.com/MA-suinocultura>>. Acesso em: 15 de maio de 2015.
- STATISTICAL ANALYSES SYSTEM - SAS. SAS/STAT User's guide. Version 8.2. 4<sup>a</sup> Ed., v. 2. Cary: 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 reduces digestibility of phosphorus by growing pigs. **Journal Animal Science**, v. 89, p. 2139-2144, 2011.
- STEIN, H.H.; BOERSMA, M.G.; PEDERSEN, C. Apparent and true total tract digestibility of phosphorus in field peas (*Pisum sativum* L.) by growing pigs. **Canadian Journal Animal Science**, v. 86, p. 523-525, 2006.
- SULABO, R.C.; STEIN, H.H. Digestibility of phosphorus and calcium in meat and bone meal fed to growing pigs. **Journal Animal Science**, v. 91, p. 1285-1294, 2013.
- VELOSO, J.A.F.; MEDEIROS, S.L.S.; COSTA, E.C.A. Mineralização óssea com quatro fontes de fósforo na terminação de suínos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 52, versão online, 2000.
- VITTI, D.M.S.S.; DA SILVA FILHO, J.C.; LOUVANDINI, H.; DIAS, R.S.; BUENO, I.C.S.; KEBREAB, E. Phosphorus and calcium utilization in ruminants using isotope dilution technique. In: **Phosphorus and Calcium Utilization and Requirements in Farm Animals** (Ed. D. M. S. S. Vitti and E. Kebreab). CAB International, London, United Kingdom. p. 45-67, 2010.

## **CAPÍTULO 02**

---

Suplementação da dieta de suínos nas fases de crescimento e terminação  
com diferentes fontes de cálcio

## Suplementação da dieta de suínos nas fases de crescimento e terminação com diferentes fontes de cálcio

### RESUMO

Objetivou-se avaliar o efeito da suplementação da dieta de suínos nas fases de crescimento e terminação com diferentes fontes de cálcio sobre a digestibilidade verdadeira do mineral, bem como sobre os parâmetros ósseo, sanguíneo e de desempenho. No experimento I utilizou-se 36 machos inteiros, alojados em gaiolas de metabolismo, distribuídos em blocos casualizados, em quatro tratamentos com seis repetições. Uma ração basal foi formulada para atender as exigências nutricionais dos animais, exceto para cálcio (0,09%) e as fontes avaliadas substituíram a ração basal de modo a fornecer 0,59% de Ca total. O percentual de substituição da ração basal pela fonte foi: T1= calcário calcítico (1,321%), T2= fosfato monobicálcico (2,455%), T3= farinha de ossos calcinada (1,475%) e T4= farinha de ostras (1,368%). Para determinar o cálcio endógeno excretado nas fezes, foi fornecida simultaneamente a um grupo de animais (n= 6) a ração contendo baixo nível de cálcio (0,019%). As fezes e urina foram coletadas para determinação dos valores de cálcio, utilizados para estimar os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeiro. No experimento II foram utilizados 160 suínos, alojados em baias de alvenaria, distribuídos em blocos casualizados e esquema fatorial 2 x 4, com cinco repetições e quatro animais por unidade experimental. Os tratamentos foram compostos pela combinação de quatro fontes de cálcio citadas anteriormente e dois sexos. Avaliou-se os parâmetros de desempenho e da carcaça, matéria seca, matéria mineral e concentração de cálcio nos tecidos e no soro, bem como peso, comprimento, índice de Seedor e resistência óssea no metatarso. Os dados obtidos nos dois experimentos foram submetidos a análise de variância e fatorial. As fontes de cálcio não influenciaram nos coeficientes de digestibilidade determinados pela coleta total ( $P>0,05$ ). A digestibilidade do Ca da farinha de ostras estimada pela coleta com indicador foi superior as demais ( $P<0,05$ ). Não ocorreu interação entre as fontes e os sexos ( $P>0,05$ ). A farinha de ossos calcinada resultou em maior teor de matéria mineral no rim ( $P=0,04$ ). Os sexos influenciaram nos parâmetros de desempenho e nas características quantitativas da carcaça ( $P<0,05$ ). As fontes estudadas neste trabalho podem ser utilizadas para suplementar as dietas de suínos em crescimento.

**Palavras-chave:** digestibilidade, deposição de cálcio, farinha de ostras, suinocultura



Supplementation of the diet of pigs in the stage of growing and finishing with different sources of calcium

**ABSTRACT**

This study aimed to evaluate the effect of supplementing the diet of pigs in the growing and finishing with different sources of calcium on the true digestibility of the mineral, as well as the bone, blood and performance parameters. In the first experiment was used 36 males, housed in metabolism cages, distributed in a randomized complete block, in four treatments with six replications. A basal diet was formulated to meet the nutritional requirements of animals, except for calcium (0.09%) and evaluated sources replaced the basal diet to provide 0.59% total Ca. The percentage of replacement of the basal diet by source was: T1 = limestone calcitic (1.321%), T2 = monocalcium phosphate (2.455%), T3 = calcined bone meal (1.475%) and T4 = oysters meal (1.368%). To determine the endogenous calcium excretion in feces was supplied simultaneously to a group of animals (n = 6) diet containing low level of calcium (0.019%). Feces and urine were collected for determination of calcium values, which were used to estimate the apparent and true digestibility coefficients. In the second experiment were used 160 pigs housed in brick stalls, distributed in a randomized complete block and factorial 2 x 4 with five replicates and four animals per experimental unit. The treatments consisted of the combination of four sources of calcium previously mentioned and two gender. We evaluated the performance parameters and casting, dry matter, ash and calcium concentration in serum and tissues, as well as weight, length, Seedor index and metatarsal bone strength. The data from the two experiments were subjected to analysis of variance and factorial. Calcium sources do not influence the digestibility coefficients determined by the total collection ( $P > 0.05$ ). The digestibility of oysters meal Ca estimated the collection with indicator was higher than the others ( $P < 0.05$ ). There was no interaction between factors ( $P > 0.05$ ). The calcined bone meal resulted in higher levels of mineral matter in kidney ( $P = 0.04$ ). The sexes influenced the performance parameters and quantitative characteristics of the carcass ( $P < 0.05$ ). Sources studied in this work can be used to supplement pig diets on growth.

**Keywords:** calcium deposition, digestibility, oysters meal, pig farming

## INTRODUÇÃO

O cálcio é um macromineral fundamental ao organismo e mais abundante do corpo, correspondendo a 1 ou 2% do peso corporal. Sua distribuição é de 99% nos ossos e 1% no sangue, espaço extracelular e tecidos moles, o que faz do esqueleto a principal reserva de cálcio. É necessário para a formação e manutenção da matriz óssea, estabilizar membranas de células excitáveis como músculos e nervos, participar do processo de coagulação do sangue e na atividade de diversas enzimas (CASTILHO et al., 2008).

Os minerais não são decompostos ou sintetizados por reações químicas no organismo, sendo necessária a suplementação na dieta para atender as exigências nutricionais, pois o milho e a soja, ingredientes de origem vegetal mais utilizados nas formulações das rações, apresentam relativamente baixa concentração de cálcio e quantidades moderadas de fósforo, uma vez que, 5 a 25% de fitato está presente nestes ingredientes, indisponibilizando o fósforo e conseqüentemente o cálcio, além de outros nutrientes devido a formação de quelatos insolúveis (COWIESON et al., 2011).

A formulação de rações para suínos com alimentos que contenham fitase na composição, como o trigo, centeio, triticale, cevada, ricos em fitases e fosfatases ácidas, requerem menor suplementação de cálcio do que as rações formuladas com milho, milheto, soja e sorgo, que contem maior quantidade de ácido fítico e pequenas quantidades de fitases. Rações à base de grãos e sem suplementação, podem resultar em raquitismo em suínos jovens (SUTTLE, 2010). Dentre as fontes que podem ser utilizadas na suplementação de cálcio estão as inorgânicas, originárias das rochas calcareas (calcário e os fosfatos), e as orgânicas, de origem animal ou moluscos (farinhas de ossos, carne e ossos e ostras).

Normalmente, as farinhas de ossos e ostra apresentam concentração de cálcio acima de 30% (ROSTAGNO et al., 2011) e maior solubilidade em relação as fontes minerais o que pode afetar de forma positiva a disponibilidade, uma vez que a solubilidade das fontes de cálcio é um fator indicativo da qualidade e apresenta alta correlação com a biodisponibilidade e absorção intestinal do cálcio (MELO et al., 2006). No entanto, as fontes inorgânicas são habitualmente mais utilizadas nas rações por serem encontradas em maior abundância e de baixo custo, realidade que pode ser invertida com o passar dos anos, visto que essas fontes não são renováveis.

Nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suíno (ROSTAGNO et al., 2011) estão listadas algumas fontes que podem ser utilizados como suplementos de cálcio e fósforo, os quais vem acompanhados com seus respectivos conteúdos de cálcio total, fósforo total e fósforo digestível verdadeiro. Observa-se então que a nível de cálcio, a literatura é escassa de estudos conduzidos a fim de determinar o cálcio digestível verdadeiro dessas fontes para as diferentes fases e categorias de suínos, resultando no uso do cálcio total e, de acordo com Fernandez (1995), essa prática pode causar excesso de cálcio na dieta e como consequência, gerar o antagonismo com outros minerais e excreção no meio ambiente.

O valor nutritivo de um alimento pode ser avaliado pela composição química da fonte, bem como através da digestibilidade do nutriente e os efeitos sobre o desempenho dos animais. Diante do exposto, dois experimentos foram executados com o objetivo de avaliar o efeito da suplementação da dieta de suínos nas fases de crescimento e terminação com diferentes fontes de cálcio sobre a digestibilidade verdadeira do mineral, bem como sobre os parâmetros ósseo, sanguíneo e de desempenho.

## MATERIAL E MÉTODOS

O projeto foi executado no Setor de Suinocultura da Fazenda Experimental Prof. Antonio Carlos dos Santos Pessoa da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, no município de Marechal Candido Rondon/PR, no período de setembro de 2014 a junho de 2015, em dois experimentos, sendo um ensaio de digestibilidade e um de desempenho realizado com animais nas fases de crescimento e terminação, de acordo com os regulamentos aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da UNIOESTE (Protocolo nº 80/14).

### *Experimento I*

Foram utilizados 36 suínos híbridos machos inteiros com peso médio inicial de  $29,83 \pm 1,83$ kg, distribuídos em delineamento em blocos casualizados em quatro tratamentos, com seis repetições e um animal por unidade experimental, sendo o peso

inicial e o período utilizados como fatores de bloqueio. Os animais foram alojados individualmente em gaiolas de metabolismo semelhantes as descritas por Pekas (1968), instaladas em sala de alvenaria, com piso de concreto e cortinas laterais, onde permaneceram por aproximadamente 12 dias, sendo sete dias de adaptação às gaiolas, ração e regularização do consumo metabólico e cinco dias para coleta de fezes e urina.

Uma ração basal foi formulada para atender as exigências nutricionais dos animais de acordo com as recomendações de Rostagno et al. (2011), exceto para cálcio (0,09%) e os alimentos avaliados substituíram a ração basal, em quantidades variadas, de modo a fornecer 0,59% de Ca total. O percentual de substituição da ração basal pelo alimento teste foi: T1= calcário calcítico (1,321%), T2= fosfato monobicálcico (2,455%), T3= farinha de ossos calcinada (1,475%) e T4= farinha de ostras (1,368%). Para determinar o cálcio endógeno excretado nas fezes, foi fornecida simultaneamente a um grupo de animais (n= 6) a ração contendo baixo nível de cálcio (0,019%) (Tabela 1).

Foram avaliados simultaneamente dois métodos de coleta de fezes: coleta total e indicador fecal. A cada ração experimental foi adicionado 1% de Cinza Insolúvel em ácido - CIA (Celite<sup>®</sup>), usada como indicador fecal. A quantidade de ração fornecida a cada animal no período de coleta foi determinada em função do consumo na fase de adaptação, ajustado pelo peso metabólico dos animais ( $PV^{0,75}$ ) (SAKOMURA e ROSTAGNO et al., 2007), em duas refeições diárias, às 08:00 e às 16:00 horas, e a água foi fornecida à vontade.

A temperatura mínima ( $25,84 \pm 3,51^{\circ}\text{C}$ ) e máxima ( $29,89 \pm 3,26^{\circ}\text{C}$ ) do ambiente interno da sala de metabolismo foi obtida através do termômetro analógico de máxima e mínima, o qual estava instalado no centro da sala de metabolismo à altura correspondente à dos animais.

O protocolo experimental foi realizado de acordo com as recomendações descritas por Sakomura e Rostagno (2007). As variáveis analisadas foram: consumo de matéria seca, consumo de cálcio total, consumo de cálcio do alimento teste, teor de cálcio nas rações, fezes, urina e soro, excreção de cálcio, fator de indigestibilidade e cálcio excretado pelos animais que receberam a dieta com baixo cálcio. Os dados obtidos foram aplicados nas fórmulas para determinar os coeficientes de digestibilidade aparente (CDACa) e verdadeira (CDVCa) do cálcio das fontes avaliadas.

Tabela 1 - Composição centesimal e bromatológica das rações basal e baixo cálcio

Ingredientes	Composição centesimal (kg/100kg)	
	Ração basal	Ração baixo cálcio
Milho moído	56,554	2,800
Milho pré-cozido	-	69,922
Farelo de soja (45%)	31,600	2,100
Amido	6,000	10,100
Celite	1,000	1,000
Açúcar	3,000	9,000
Sulfato de lisina (54% lisina)	0,541	1,816
Óleo de soja	0,160	-
Sal comum	0,409	0,416
DL-Metionina	0,179	0,472
L-Treonina	0,154	0,606
Premix mineral-vitamínico <sup>1</sup>	0,400	0,400
L-Triptofano	0,0035	0,178
L-Valina	-	0,500
L-Isoleucina	-	0,500
L-Arginina	-	0,189
Composição calculada		
Cálcio total (%)	0,092	0,019
Fósforo disponível (%)	0,103	0,027
Energia met. (Mcal/kg)	3,243	3,296
Composição analisada		
Matéria seca (%)	89,53	90,30
Matéria mineral (%)	4,55	2,52
Cálcio total (%)	0,098	0,02
Fósforo total (%)	0,321	0,159

<sup>1</sup> Níveis de segurança do premix mineral-vitamínico/kg (0,5kg do produto/100kg de ração): Ácido fólico (99,90mg); ácido pantotênico (4083,38mg); biotina (12,50mg); Cobre (1995,66mg); etoxiquin (20,81mg); ferro (13,47g); iodo (75mg); licomicina (5500mg); manganês (3733,75mg); niacina (5000mg); selênio (75mg); triptofano (18,38g); vit. A (1499999,90UI); vit B1 (250mg); vit B12 (3750mg); vit B2 (1000mg); vit B6 (499,99mg); vit D3 (299999,80UI); vit E (5000UI); vit K3 (29,99mg); zinco (20g).

### 1. Coleta total

Coefficiente do cálcio digestível aparente (CDACa)

$$\text{CDACa (\%)} = \frac{\text{Ca ingerido (g)} - \text{Ca excretado (g)} \times 100}{\text{Ca ingerido (g)}}$$

Coefficiente do cálcio digestível verdadeira (CDVCa)

$$\text{CDVCa (\%)} = \frac{[\text{Ca ingerido (g)} - (\text{Ca excretado fezes (g)} - \text{Ca endógeno (g)})] \times 100}{\text{Ca ingerido (g)}}$$

### 2. Coleta com indicador

Fator de indigestibilidade (FI)

$$FI = \frac{\% \text{ CAI dieta}}{\% \text{ CAI fezes}}$$

Coeficiente de digestibilidade aparente do cálcio (CDACa)

$$CDACa (\%) = \frac{\% \text{ Ca dieta} - (\% \text{ Ca fezes} \times FI) \times 100}{\% \text{ Ca dieta}}$$

Coeficiente de digestibilidade verdadeira do Ca (CDVCa)

$$CDVCa (\%) = \frac{\% \text{ Ca dieta} - (\% \text{ Ca fezes} \times FI - \% \text{ Ca e} \times FIE) \times 100}{\% \text{ Ca dieta}}$$

FIE = fator de indigestibilidade da dieta baixo cálcio;

Ca<sub>e</sub> = cálcio endógeno excretado.

As fezes excretadas por cada animal em um período de 24 horas foram coletadas, pesadas, acondicionadas em sacos plásticos identificados e armazenadas em freezer até o final do período de coleta, quando foram descongeladas, homogeneizadas e duas amostras foram retiradas, pesadas e pré-secas em estufas ventiladas a 55°C, por um período de 72 horas. Posteriormente, as amostras foram moídas em moinho de facas tipo Willye e armazenadas em potes de polietileno para análises químico-bromatológicas.

Da mesma forma, a urina excretada por um período de 24 horas teve o volume mensurado e uma alíquota de 20% foi retirada e acondicionada em recipientes de vidro âmbar, previamente identificados e armazenados em geladeira até o final do período de coleta, quando foram homogeneizadas e uma alíquota de 20% foi retirada, permanecendo em geladeira até análise. Nos baldes para coleta de urina foi adicionado 20 mL de uma solução de HCl 1:1 para evitar a proliferação de bactérias.

Na manhã seguinte ao quinto dia de coleta, ainda em jejum, os animais foram submetidos à coleta de sangue realizada via veia cava cranial, o qual foi transferido para tubos de coleta e encaminhado para laboratório, onde foi centrifugado para obtenção do soro. Em seguida foi transferido para microtúbulos de polietileno tipo “eppendorf” de 1,5mL, em duplicata e congelados para análise de cálcio total. A análise da concentração de cálcio no soro foi feita no equipamento Analisador Químico Automático da Elitech, modelo flexor el200, utilizando kit comercial da Elitech para análise de cálcio por colorimetria direta.

A composição bromatológica das rações experimentais, bem como as análises do teor de matéria seca e abertura das amostras de rações, fezes e urina para obtenção da solução mineral foram realizadas de acordo com as metodologias descritas pela AOAC (1990 apud SILVA e QUEIROZ, 2002) e a análise da Cinza Insolúvel em Ácido – CIA, foi realizada por digestão com ácido clorídrico (4N), seguindo os procedimentos de Kavanagh et al. (2001), no Laboratório de Nutrição Animal (LANA) da UNIOESTE. As soluções minerais obtidas por digestão nitroperclorica (4:1) foram submetidas a leitura no Equipamento de Absorção Atômica (EAA) para obtenção da concentração de cálcio total nas amostras no Laboratório de Solo e Planta da Universidade Federal da Bahia na Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia (UFBA – EMVZ).

A normalidade dos erros experimentais e a homogeneidade de variâncias entre os tratamentos para as variáveis foram avaliadas previamente utilizando-se os testes de Shapiro-Wilk e de Levene (SAS, 2000), respectivamente. Os efeitos das fontes de cálcio e das metodologias de coleta sobre as variáveis dependentes foram verificados por meio de análise de variância. O teste de Tukey e o nível de 5% de significância foi adotado em todas as análises estatísticas, que foram feitas utilizando-se o Statistical Analysis System (SAS, 2000).

### ***Experimento II***

Foram utilizados 160 suínos híbridos (80 machos imunocastrados e 80 fêmeas), com peso médio inicial de  $28,87 \pm 3,23$  kg, distribuídos em delineamento em blocos casualizados e esquema fatorial 2 x 4, totalizando oito tratamentos, quatro repetições e quatro animais por unidade experimental. O peso inicial dos animais e o sexo foram utilizados como fator de blocagem. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de quatro fontes de cálcio (calcário calcítico, fosfato monobicálcico, farinha de ossos calcinada e farinha de ostras) e dois sexos.

No início do período experimental, os animais foram pesados e identificados com brincos numerados sequencialmente e alojados em galpão de crescimento e terminação constituído de 20 baias (de alvenaria com  $5,8\text{m}^2$ , com piso de concreto, comedouros semiautomáticos frontais e bebedouro tipo chupeta na parte posterior com regulagem para

Tabela 2 - Composição centesimal e bromatológica das rações contendo diferentes fontes de cálcio para suínos na fase de crescimento

Ingredientes	Crescimento I				Crescimento II			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
Composição centesimal (kg/100kg)								
Milho moído	61,342	63,529	65,534	64,267	68,904	68,100	69,820	68,817
Farelo de soja (45%)	30,320	30,475	30,100	30,370	27,447	27,600	27,300	27,460
Óleo de soja	1,459	1,730	1,070	1,440	0,751	1,040	0,450	0,778
Sal comum	0,406	0,406	0,405	0,406	0,379	0,380	0,379	0,380
Sulfato de lisina	0,576	0,572	0,583	0,574	0,496	0,490	0,500	0,495
DL-Metionina	0,171	0,172	0,170	0,171	0,125	0,126	0,124	0,125
L-Treonina	0,154	0,154	0,154	0,154	0,112	0,112	0,112	0,113
L-Triptofano	0,007	0,007	0,008	0,007	0,003	0,002	0,003	0,002
Premix <sup>1,2</sup>	0,500	0,500	0,500	0,500	0,400	0,400	0,400	0,400
Calcário calcítico	1,321	-	-	-	1,139	-	-	-
Fosf. Monobicálcico	-	2,455	-	-	-	2,114	-	-
Farinha de ossos	-	-	1,475	-	-	-	1,272	-
Farinha de ostras	-	-	-	1,368	-	-	-	1,180
Fosf. Monoamônio	0,743	-	-	0,743	0,604	-	-	0,610
Composição calculada								
Cálcio total (%)	0,590	0,590	0,590	0,590	0,516	0,516	0,516	0,516
Cálcio digestível (%)	0,409	0,425	0,387	0,422	0,358	0,372	0,339	0,369
Fósforo disponível (%)	0,297	0,528	0,324	0,298	0,268	0,465	0,290	0,259
Energia met. (Mcal/kg)	3,229	3,243	3,236	3,229	3,231	3,232	3,235	3,229
Composição analisada								
Matéria seca (%)	89,64	89,59	89,52	89,64	89,43	89,21	89,04	89,34
Matéria mineral (%)	6,13	6,27	5,48	5,49	6,18	6,58	5,24	4,90
Proteína bruta (%)	19,07	19,15	18,99	19,04	17,89	18,13	18,058	17,99
Cálcio total (%)	0,583	0,593	0,591	0,590	0,520	0,515	0,520	0,522

T1= calcário calcítico; T2= fosfato monobicálcico; T3= farinha de ossos calcinada; T4= farinha de ostras. <sup>1</sup> Níveis de garantia do premix mineral-vitamínico/kg (Crescimento 1: 0,5kg do produto/100kg de ração): Ácido fólico (99,90mg); ácido pantotênico (4083,38mg); biotina (12,50mg); Cobre (1995,66mg); etoxiquin (20,81mg); ferro (13,47g); iodo (75mg); licomicina (5500mg); manganês (3733,75mg); niacina (5000mg); selênio (75mg); triptofano (18,38g); vit. A (1499999,90UI); vit B1 (250mg); vit B12 (3750mg); vit B2 (1000mg); vit B6 (499,99mg); vit D3 (299999,80UI); vit E (5000UI); vit K3 (29,99mg); zinco (20g).

<sup>2</sup> Níveis de garantia do premix mineral-vitamínico/kg (Crescimento 2: 0,4kg do produto/100kg de ração): Ácido fólico (80,97mg); ácido pantotênico (3269,04mg); biotina (8,75mg); Cobre (24,9230mg); etoxiquin (222,86mg); ferro (23,89g); iodo (299,90mg); manganês (14,97g); niacina (4024mg); selênio (65,70mg); triptofano (35,53g); tilosina (5000mg), vit. A (1190799,80UI); vit B1 (196,98mg); vit B12 (3087mg); vit B2 (823,20mg); vit B6 (376,30mg); vit D3 (238599,50UI); vit E (4094UI); vit K3 (254mg); zinco (37,50g).



Tabela 3. Composição centesimal e bromatológica das rações contendo diferentes fontes de cálcio para suínos na fase de terminação

Ingredientes	Terminação I				Terminação II			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
Composição centesimal (kg/100kg)								
Milho moído	73,215	72,498	74,182	73,052	80,891	80,266	81,412	80,749
Farelo de soja (45%)	22,646	22,789	22,477	22,690	16,598	16,710	16,510	16,623
Óleo de soja	0,850	1,080	0,520	0,900	0,130	0,340	-	0,215
Sal comum	0,355	0,355	0,355	0,355	0,329	0,329	0,328	0,329
Sulfato de lisina	0,547	0,543	0,551	0,546	0,372	0,368	0,375	0,373
DL-Metionina	0,127	0,128	0,127	0,128	0,022	0,023	0,022	0,023
L-Treonina	0,141	0,141	0,142	0,141	0,036	0,036	0,036	0,036
L-Triptofano	0,013	0,013	0,013	0,013	-	-	-	-
Premix <sup>1</sup>	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
Calcário calcítico	1,106	-	-	-	0,822	-	-	-
Fosf. Monobicálcico	-	2,053	-	-	-	1,528	-	-
Farinha de ossos	-	-	1,234	-	-	-	0,917	-
Farinha de ostras	-	-	-	1,145	-	-	-	0,852
Fosf. Monoamônio	0,600	-	-	0,630	0,400	-	-	0,400
Composição calculada								
Cálcio total (%)	0,493	0,493	0,493	0,493	0,374	0,374	0,374	0,374
Cálcio digestível (%)	0,342	0,355	0,324	0,353	0,259	0,269	0,245	0,268
Fósforo disponível (%)	0,249	0,426	0,277	0,257	0,189	0,326	0,221	0,187
Energia met. (Mcal/kg)	3,235	3,229	3,229	3,238	3,239	3,241	3,233	3,241
Composição analisada								
Matéria seca (%)	89,53	89,33	89,43	89,36	89,53	89,39	89,55	89,44
Matéria mineral (%)	5,84	5,94	5,28	4,81	3,79	4,25	3,93	4,04
Proteína bruta (%)	16,27	16,21	16,20	16,21	14,01	13,89	13,98	13,93
Cálcio total (%)	0,501	0,498	0,489	0,497	0,369	0,379	0,382	0,376

T1= calcário calcítico; T2= fosfato monobicálcico; T3= farinha de ossos calcinada; T4= farinha de ostras. <sup>1</sup> Níveis de garantia do premix mineral-vitamínico/kg (0,4kg do produto/100kg de ração): Ácido fólico (80,97mg); ácido pantotênico (3269,04mg); bacitracina de zinco (13,75g); biotina (8,75mg); Cobre (2492,29mg); etoquin (222,86mg); ferro (23,89g); iodo (299,90mg); manganês (14,97g); niacina (4024mg); selênio (65,70mg); triptofano (35,52g); vit. A (11907990,80UI); vit B1 (196,98mg); vit B2 (823,20mg); vit B6 (376,30mg); vit D3 (238599,50UI); vit E (4094UI); vit K3 (254mg); zinco (37,50g).

altura), dispostas em duas fileiras, divididas por um corredor central, onde permaneceram por 113 dias, tempo que compreendeu o período experimental.

As rações foram formuladas para atender as exigências nutricionais dos animais nas diferentes fases (crescimento I – 30 a 50kg; crescimento II – 50 a 70kg; terminação I – 70 a 100kg; terminação II – 100kg até abate) seguindo as recomendações de Rostagno et al. (2011), exceto para cálcio, pois as fontes foram inclusas em quantidades variadas para atender ao percentual de cálcio estabelecido para cada fase (Tabela 2 e 3). O fornecimento de ração e água foi à vontade.

As variáveis analisadas foram: peso final, ganho diário de peso, consumo diário de ração e conversão alimentar; parâmetros quantitativos e qualitativos de carcaça; concentração de cálcio, teor de matéria seca e matéria mineral nos tecidos (fígado, rim, coração e metatarso); peso, comprimento, índice de Seedor, força máxima e resistência à quebra do metatarso, bem como os parâmetros da carcaça. As análises químico-bromatológicas (matéria seca, matéria mineral e concentração de cálcio) das rações e tecidos foram realizadas de acordo com as metodologias descritas pela AOAC (1990 apud SILVA & QUEIROZ, 2002). As análises da carne foram realizadas de acordo com as metodologias descritas em Bridi e Silva (2009).

A temperatura mínima ( $23,67 \pm 3,39^{\circ}\text{C}$ ) e máxima ( $27,11 \pm 3,65^{\circ}\text{C}$ ) interna do galpão foi obtida através do termômetro analógico de máxima e mínima, o qual estava instalado no centro da sala de metabolismo à altura correspondente à dos animais.

O fornecimento de ração, as sobras e o desperdício foram registrados diariamente, sendo os valores utilizados para calcular o consumo diário de ração (CDR), o ganho diário de peso (GDP) e a conversão alimentar (CA) de cada unidade experimental. No mesmo dia das pesagens ao final das fases de crescimento e terminação, fez-se a mensuração da espessura de toucinho e profundidade de lombo na posição P2, utilizando o aparelho Sono-Grader (Renco<sup>®</sup>).

Ao final do experimento realizou-se a pesagem dos animais em balança digital para obtenção do peso final (PF), e submetidos a jejum alimentar de aproximadamente 12 horas antes do carregamento. O carregamento e transporte para o frigorífico comercial da região (Frimesa – Medianeira/PR) foi realizado à noite e o abate ocorreu no começo da manhã do dia seguinte. Foram selecionados 80 animais de forma aleatória, sendo 20

de cada tratamento para coleta dos tecidos (fígado, rim, coração, patas e carne do *Longissimus dorsi* para avaliação das características qualitativas da carne).

No abate foi realizada coleta de fragmentos do fígado, rim e coração, os quais foram acondicionados em caixa de isopor com gelo e tampa e transportados para o LANA - UNIOESTE, onde foram pré-secos em estufa de 55°C por 72 horas, moídos em moinho do tipo bola com câmara fechada e acondicionados em potes de polietileno para análise de matéria seca, matéria mineral e concentração de cálcio. As patas e a carne foram coletadas 24 horas após o abate, acondicionados em isopor com gelo e tampa, e transportados para Laboratório de Tecnologia de Produtos de Origem Animal (TPOA) da UNIOESTE, onde procederam-se as análises.

As patas foram limpas e delas retirou-se o terceiro e quarto osso metatarsiano, os quais foram imersos em água fervente por cinco minutos para amolecer a estreita camada de músculo, gordura e cartilagem que envolve os ossos do metatarso e então separá-los. Após limpeza, realizou-se nos ossos frescos do metatarso a pesagem, em balança analítica, e a mensuração com paquímetro digital no LANA - UNIOESTE, sendo esses dados utilizados para obtenção do Índice de Seedor (peso do osso/comprimento) (SEEDOR et al., 1991). Em seguida, os ossos do metatarso foram pré-secos em estufa de ventilação forçada a 55°C e encaminhados à Universidade Federal de São João Del Rei (UFSJ) onde foram submetidos à análise de resistência a quebra ou cisalhamento, utilizando o equipamento da marca SHIMADZU (AGX PLUS 100 KN), no Laboratório de Caracterização de Materiais Compósitos do Departamento de Engenharia Mecânica (DEMEC), os ensaios foram realizados a uma temperatura padronizada de 23°C.

Realizaram-se ainda as análises do teor de matéria seca e matéria mineral, além da concentração de cálcio no osso, conforme as metodologias descritas pela AOAC (1990 apud SILVA e QUEIROZ, 2002). A matéria seca dos tecidos foi determinada em estufa de 105°C e posteriormente o material foi calcinado a 600°C em mufla, já a concentração de cálcio dos ossos e demais tecidos foi realizada pela abertura da amostra via úmida utilizando solução nitroperclórica (3:1 e 4:1, respectivamente) no LANA - UNIOESTE, sendo a solução mineral obtida submetida a leitura no Equipamento de Absorção Atômica do Laboratório de Química da mesma instituição.

As avaliações das características quantitativas das carcaças (espessura de toucinho, profundidade de lombo, peso de carcaça, quantidade de carne) foram realizadas

no frigorífico através da pistola Hennessy. Para avaliação dos parâmetros de qualidade, retirou-se amostras de aproximadamente do *Longissimus dorsi* na região da 8ª e 10ª vértebras da meia carcaça esquerda, nas quais realizou-se análise de marmoreio e firmeza através de escala de valores numéricos estabelecida (BRIDI e SILVA, 2009) e análise dos componente L\* (luminosidade), a\* (componente vermelho-verde) e b\* (componente amarelo-azul) utilizando colorímetro portátil CR-400 Konica Minolta's.

Duas amostras de aproximadamente foram retiradas da amostra original, sendo uma utilizada para análise de perda de água por gotejamento (Figura 1) e o segundo foi utilizado para análise de perda de água por descongelamento, cocção e força de cisalhamento, de acordo com Bridi e Silva (2009). Para avaliação da força de cisalhamento utilizou-se um amostrador cilíndrico de inox para retirar as subamostras em cinco pontos da amostra pré-cozida, sendo as mesmas submetidas ao teste de cisalhamento em texturômetro Texture Analyze, equipado com as lâminas de cisalhamento padrão e calibrado para força (15g), deformação (20mm) e velocidade (2,0mm/s).

Figura 1. Figura demonstrativa dos potes e rede plástica de polietileno para frutas utilizadas na análise da perda de água por gotejamento



Fonte: Arquivo pessoal

Para avaliação da concentração de cálcio no soro, os animais foram submetidos à jejum de 12 horas e coletou-se sangue no início e no final do período experimental, realizada via veia cava cranial utilizando tubos de coleta sem anticoagulante e encaminhado para laboratório onde foi centrifugado para obtenção do soro. Em seguida foi transferido para microtúbulos de polietileno tipo “ependorf” de 1,5mL, em duplicata e congelados para análise, a qual foi realizada no equipamento Analisador Químico Automático da Elitech, modelo flexor el200, utilizando kit comercial da Elitech para análise de cálcio por colorimetria direta.

A normalidade dos erros experimentais e a homogeneidade de variâncias entre os tratamentos para as diversas variáveis em ambos os experimentos foram avaliadas previamente utilizando-se os testes de Shapiro-Wilk e de Levene (SAS, 2000), respectivamente. Os efeitos das fontes de cálcio e das classes de sexo, bem como a interação entre os fatores (fontes de cálcio x classes de sexo) sobre as variáveis dependentes foram verificados por meio de análise de variância.

Comparações entre médias de quadrados mínimos (lsmeans), relacionadas ao efeito de sexo, foram realizadas por meio do teste F. As *lsmeans* de peso final (PF), ganho de massa diária (GMD), consumo diário de ração (CDR) e conversão alimentar (CA) foram estimadas considerando-se a correção das médias observadas para a covariável “peso inicial” (BANZATTO e KRONKA, 2006). O teste de Tukey e o nível de 5% de significância foi adotado em todas as análises estatísticas, que foram feitas utilizando-se o Statistical Analysis System (SAS, 2000).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### *Experimento I*

Os dados do balanço de cálcio e os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeiro (Tabela 4) mostram que as fontes de cálcio avaliadas não interferiram nos parâmetros referentes ao balanço deste mineral ( $P > 0,05$ ). Além disso, a digestibilidade aparente e verdadeira, determinadas pela coleta total de fezes não foram influenciadas

pelas fontes de cálcio ( $P>0,05$ ), entretanto, os coeficientes de digestibilidade estimados pela coleta com indicador variaram em função das fontes de cálcio ( $P<0,05$ ).

Tabela 4 - Balanço de cálcio e os respectivos coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) e verdadeiro (CDV) obtido pela coleta total e coleta com indicador

Parâmetros	CC	FMB	FOC	FO	P valor	Média	CV
Ca consumido (g/d)	4,69	4,63	4,55	4,59	0,816	4,49	7,72
Ca fezes (g/d)	1,63	1,48	1,73	1,50	0,540	1,58	7,91
Ca endógeno (g/d)	0,197	0,194	0,191	0,189	0,802	0,193	7,72
Ca urina (g/d)	0,10	0,09	0,09	0,116	0,249	0,09	21,91
Ca retido %	62,97	65,89	59,42	64,85	0,514	58,66	10,95
Ca no soro (mg/dL)	10,50	10,16	10,16	10,20	0,460	10,25	6,07
<b>Coleta total</b>							
CDA (%)	65,16	67,87	61,47	67,44	0,470	65,40	11,54
CDV (%)	69,36	72,06	65,67	71,64	0,471	69,60	10,84
<b>Coleta com indicador</b>							
CDA (%)	59,28b	60,42ab	52,25c	66,38a	<0,01	59,29	7,01
CDV (%)	59,31b	60,44ab	52,28c	66,41a	<0,01	59,31	7,01

CC= calcário calcítico; FM= fosfato monobifálcico; FOC= farinha de ossos calcinada; FO= farinha de ostras. CV = Coeficiente de Variação (%); (g/d) = gramas por dia. <sup>a,b</sup>Médias seguidas de letra minúscula na linha diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

O consumo e a excreção fecal de cálcio foi 4,49 e 1,58 g/dia, respectivamente. Observa-se a partir desses valores que aproximadamente 36% do cálcio consumido diariamente foi excretado, o que não é adequado do ponto de vista nutricional, econômico e principalmente ambiental, visto que os nutrientes excretados nas fezes e urina dos animais constituem fontes de contaminação do solo e mananciais hídricos, além da perda financeira.

A excreção endógena fecal média obtida para suínos na fase de crescimento foi de 0,193g/animal/dia (0,209g Ca/animal/kg MS consumida), valor inferior ao encontrado por Salguero et al. (2014), que trabalhando com fontes de cálcio para machos castrados em crescimento, relataram excreção endógena de cálcio 0,299g Ca/animal/dia. Nas fezes encontra-se a fração do cálcio dietético não absorvida e a fração fecal endógena (SAKOMURA e ROSTAGNO, 2007), excretada normalmente de células da mucosa, saliva, suco gástrico, suco pancreático e bile (COZZOLINO, 2009), por isso é preciso determinar o quanto do cálcio fecal é endógeno, para então calcular a digestibilidade verdadeira, caso contrário, apenas a digestibilidade aparente pode ser obtida.

A concentração média de cálcio na urina foi de 0,09g/dia, podendo ser considerada baixa a excreção, o que é comum de acontecer, visto que alguns minerais, como o cálcio, são excretados principalmente pelas fezes, sendo mínimas as quantidades excretadas via urina (SAKOMURA e ROSTAGNO, 2007). Dependendo do nível de cálcio dietético e plasmático, um percentual de até 98% do cálcio filtrado pode ser reabsorvido nos mamíferos, cuja regulação envolve o sistema endócrino, sobretudo pela ação do paratormônio e vitamina D (BINDELS, 1993), diante disso, os resultados obtidos para concentração de cálcio na urina e no sangue, que esteve dentro do preconizado (HENN, 2010), sugerem que a suplementação foi adequada, caso contrário, poderia ser observada elevada concentração na urina.

Os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira determinados pela coleta total de fezes foram semelhantes ( $P>0,05$ ), sendo que a média da digestibilidade verdadeira do cálcio ficou entre 65 e 72%. Entretanto, os valores estimados pela coleta com indicador apresentaram diferença entre as fontes de cálcio avaliadas ( $P<0,05$ ), onde a farinha de ostras proporcionou melhor digestibilidade do cálcio, a farinha de ossos calcinada apresentou resultado inferior, o calcário calcítico foi intermediário e o fosfato monobicálcico foi semelhante à farinha de ostras e ao calcário calcítico.

De acordo com Bünzen et al. (2009), a inclusão de alimentos alternativos nas dietas de suínos tem sido uma prática constante e visa a redução nos custos com alimentação pelo aproveitamento de matéria prima muitas vezes consideradas como resíduos em algumas regiões. Para Traylor et al. (2005), a presença de ossos nestes alimentos, como as farinhas de osso e de carne e ossos, os torna boas fontes de minerais, particularmente de cálcio e fósforo, com alto valor biológico para os animais. Entretanto, é preciso estudar a melhor forma de suplementação, pois nem sempre essas fontes apresentam bons resultados e mesma composição, como observado no presente trabalho para a digestibilidade do cálcio.

Os resultados demonstram que a coleta com indicador subestimou a digestibilidade do cálcio das fontes testadas. Esse efeito é comum entre os trabalhos que utilizam o método indireto de coleta e isso deve-se à baixa recuperação do indicador nas fezes, que conseqüentemente superestima a produção fecal e o fator de indigestibilidade, subestimando a digestibilidade, como observado neste trabalho, onde a produção fecal em todos os tratamentos foi superestimada quando comparado com a coleta total de fezes.

Dietas com ingredientes de origem animal podem superestimar os valores de digestibilidade em ensaios utilizando a CIA devido à concentração mais elevada de resíduo mineral nessas fontes (ZANATTA et al., 2013). Na realidade, o fator de indigestibilidade que pode ser superestimado devido a incompleta solubilização de minerais solúveis em HCl, como o cálcio e o fósforo, superestimando o teor de CIA nas fezes e dessa forma a digestibilidade dos nutrientes podem ser subestimadas, o que ocorreu no presente trabalho, mesmo realizando duas queimas, o teor de CIA encontrado nas fezes dos animais alimentados com a farinha de ossos foi mais elevada.

Observou-se que a digestibilidade aparente e verdadeira obtidas pela inclusão do calcário calcítico e o fosfato monobicálcico para ambos os métodos de coleta foram inferiores aos valores obtidos por Salguero et al. (2014). Estes autores relataram digestibilidade verdadeira para a coleta total e indicador fecal, respectivamente, de 84,80 e 87,33% para o calcário calcítico, e 83,83 e 85,81% para o fosfato monobicálcico.

Rocha Jr. et al. (2015) trabalharam com diferentes fontes de fósforo para suínos em crescimento e avaliaram a digestibilidade do fósforo dessas fontes através dos métodos da coleta total e do indicador fecal. Similar a este trabalho, os autores não obtiveram diferença ( $P > 0,05$ ) nos coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeiro avaliados através da coleta total, entretanto, obteve-se diferença na digestibilidade quando estimadas pelo método do indicador. Já Salguero et al. (2014) e Bünzen et al. (2008 e 2009), avaliaram fontes de cálcio e fósforo para suínos em crescimento, respectivamente, e não obtiveram diferença entre os tratamentos e indicaram que ambos os métodos podem ser utilizados para esse tipo de avaliação.

Segundo Torres et al. (2009) a determinação da digestibilidade pelo método direto, também chamado de tradicional ou coleta total de fezes, requer controle rigoroso da ingestão e da excreção, o que torna o processo mais trabalhoso. O método indireto, realizado através do uso de indicador, surgiu na tentativa de reduzir o trabalho e o tempo dispendido neste tipo de experimento, pois pode-se estimar o consumo e a excreção fecal, apresentando vantagens sobre a coleta total, pela simplicidade e conveniência de utilização. Entretanto, os resultados obtidos neste trabalho, bem como a divergência nos dados encontrados na literatura, não permitem afirmar que a coleta total pode ser substituída pelo método do indicador fecal com uso do celite®.



Com os valores analisados de cálcio total, os valores de cálcio digestível verdadeiro das fontes (Tabela 5) foram calculados a partir dos coeficientes de digestibilidade verdadeiro estimados neste estudo para suínos inteiros em crescimento.

Tabela 5 - Conteúdo de cálcio total e digestível verdadeiro das fontes estudadas

Fontes de cálcio	Cálcio total (%) <sup>1</sup>	Cálcio digestível (%)	
		Coleta total	Coleta indicador
Calcário calcítico	36,92	25,62	21,90
Fosfato monobicálcico	20,34	14,66	12,29
Farinha de ossos calcinada	34,48	22,64	18,03
Farinha de ostras	36,20	25,92	24,04

<sup>1</sup>Valores analisados

Poucos trabalhos referentes à digestibilidade verdadeira do cálcio das fontes utilizadas na dieta de suínos são encontrados na literatura devido à dificuldade na determinação do cálcio endógeno. As concentrações de cálcio nas fontes estão expressas com base no cálcio total nas Tabelas Brasileira para Aves e Suínos (ROSTAGNO et al., 2011), o que acaba resultando na maior inclusão das fontes. Salguero et al. (2014) calcularam os valores de cálcio digestível determinados para suínos em crescimento e descreveram 31,58% para o calcário calcítico e 15,54% para o fosfato monobicálcico, valores superiores aos obtidos neste estudo, isso porque os coeficientes de digestibilidade verdadeira obtidos pelos autores para essas fontes, como relatado, foram superiores.

A suplementação mineral das dietas para monogástricos, seja com produtos orgânicos ou inorgânicos, seria melhor executada se as formulações das rações fossem com base no conteúdo de cálcio digestível e não do cálcio total, o que potencializaria o uso do cálcio dietético pelo organismo dos animais, reduzindo o nível de inclusão das fontes e conseqüentemente a excreção fecal da fração de cálcio não absorvida, que é lançada diretamente no ambiente contribuindo para a poluição do solo e mananciais hídricos.

### ***ExperimentoII***

Não houve interação entre as diferentes fontes de cálcio e sexo ( $P>0,05$ ) para as fases de crescimento (30 a 70kg), terminação (71 a 127kg) e período total. As fontes de cálcio avaliadas não causaram influência sobre os parâmetros de desempenho dos animais

Tabela 6 - Valores de médias ajustadas de quadrados mínimos (*lsmeans*) dos parâmetros de desempenho nas fases de crescimento e terminação

Parâmetros	Fontes de Cálcio				P valor	Sexo		P valor	Média	Fonte x sexo	CV
	CC	FMB	FOC	FO		Macho	Fêmea				
<b>Crescimento</b>											
PF (kg)	71,457	69,650	70,358	70,463	0,304	71,193a	69,771b	0,039	70,482	0,553	2,96
CDR (kg)	2,053	1,998	1,987	1,972	0,356	1,949a	2,056b	0,003	2,002	0,373	5,24
GDP (kg)	0,937	0,905	0,922	0,919	0,503	0,937a	0,905b	0,041	0,921	0,565	5,04
CA (kg:kg)	2,205	2,220	2,172	2,152	0,458	2,091a	2,284b	<,001	2,187	0,916	4,69
PL (mm)	49,80	49,09	49,99	50,35	0,711	48,25b	51,36a	<,001	49,805	0,999	4,95
<b>Terminação</b>											
PF (kg)	126,824	128,163	127,311	125,781	0,564	130,750a	123,289b	<,001	127,019	0,280	2,97
CDR (kg)	2,813	2,849	2,831	2,758	0,589	2,898a	2,736b	0,003	2,817	0,268	5,58
GDP (kg)	1,032	1,067	1,045	1,021	0,481	1,109a	0,973b	<,001	1,041	0,245	6,68
CA (kg:kg)	2,749	2,672	2,709	2,715	0,668	2,611a	2,812b	<,001	2,711	0,803	5,04
PL (mm)	57,03	57,17	56,99	57,30	0,995	56,08b	58,16a	0,035	57,12	0,431	5,16
<b>Período total</b>											
PF (kg)	127,920	127,130	127,908	125,502	0,636	131,349a	122,532b	<,001	126,940	0,821	3,33
CDR (kg)	2,504	2,460	2,454	2,412	0,164	2,481	2,434	0,097	2,457	0,968	3,57
GDP (kg)	0,996	0,988	0,987	0,969	0,598	1,027a	0,942b	<,001	0,984	0,954	4,56
CA (kg:kg)	2,517	2,491	2,490	2,490	0,909	2,413a	2,581b	<,001	2,497	0,949	3,92

CC= calcário calcítico; FMB= fosfato monobocálcico; FOC= farinha de ossos calcinada; FO= farinha de ostras; CV= coeficiente de variação. PF= peso final; CDR= consumo diário de ração; GDP= ganho diário de peso; CA= conversão alimentar; PL= profundidade de lombo. <sup>a,b</sup> Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

( $P > 0,05$ ), já o sexo interferiu no desempenho de forma significativa ( $P < 0,05$ ) em todas as fases avaliadas (Tabela 6).

Os parâmetros de desempenho para todas as fases foram semelhantes entre as fontes de cálcio, sugerindo que as fontes avaliadas podem ser utilizadas sem causar prejuízo ao desempenho dos animais, desde que sejam economicamente viáveis. Fialho et al. (1992), avaliando algumas fontes de suplementação de cálcio para suínos, relataram que as dietas tanto para fase de crescimento como para terminação, podem ser suplementadas com cálcio provenientes do calcário calcítico, farinha de ostras, gesso ou algas calcárias (*Lithothamnium calcareum*).

O consumo diário semelhante entre os tratamentos pode ser um indicativo de que a inclusão das fontes não modificou as características sensoriais das rações nem influenciou nos processos digestivos no trato gastrointestinal. Além disso, a concentração de cálcio estabelecida para cada fase (Tabelas 1 e 2) e a relação Ca:P não causaram efeito negativo nos parâmetros de desempenho. Como descrito na literatura, o excesso de cálcio pode reduzir a palatabilidade das rações, alterar a relação Ca:P, além de reduzir a acidez do estômago prejudicando a digestibilidade dos nutrientes (FURLAN e POZZA, 2014)

A relação Ca total:P disponível estabelecida por Rostagno et al. (2011) para suínos é de 2,03:1. No presente trabalho não foi possível manter a mesma relação entre os tratamentos, pois o fosfato monobicálcico, que constitui um dos tratamentos, apresenta em sua composição concentrações próximas de cálcio e fósforo, e nesse caso seria necessário incluir outra fonte de cálcio no mesmo tratamento para corrigir a relação. Isso é comum ocorrer quando a fonte avaliada é mista.

No entanto, é válido ressaltar que a relação 1,1:1, obtida no tratamento composto pelo fosfato monobicálcico, está dentro do estabelecido no NRC (1998), que é de 1:1 e 1,25:1 para rações à base de milho e soja. E os resultados obtidos mostram que esse não foi um fator de interferência no desempenho dos animais, sugerindo que o fosfato monobicálcico pode ser utilizado como uma fonte mista. Para Bünzen et al. (2012) os suínos são sensíveis a níveis inadequados de fósforo na dieta, uma vez que a deficiência ou mesmo o excesso de fósforo afetam negativamente o consumo de alimento.

Constatou-se efeito do sexo sobre o peso final, consumo diário de ração, ganho diário de peso, conversão alimentar e profundidade de lombo ( $P < 0,05$ ). Apenas o consumo diário de ração no período total não foi afetado pelos sexos ( $P > 0,05$ ). Os machos

apresentaram melhor peso final, ganho diário de peso e conversão alimentar em relação às fêmeas. Já o consumo diário de ração na fase de crescimento e a profundidade de lombo determinada *in vivo* nas duas fases foram melhor para as fêmeas em relação aos machos.

Esses resultados corroboram com os achados por Latorre et al. (2003), Latorre et al. (2004) e Teixeira et al. (2005) que também encontraram diferença entre os sexos para os parâmetros de desempenho, entretanto estes autores observaram que os machos consumiram maior quantidade de ração, apresentaram maior ganho diário de peso e pior conversão alimentar em relação às fêmeas. Similarmente, Guimarães et al. (2011) observaram que os machos consumiram mais ração em relação às fêmeas no período total e resultou em pior conversão alimentar, fato não evidenciado no presente trabalho. Essa diferença pode ser explicada pela categoria de machos utilizados, pois nos trabalhos supracitados eram machos castrados e neste, imunocastrados.

De acordo com Pauly et al. (2009), suínos imunocastrados apresentam melhor eficiência alimentar e carcaças com maior percentual de carne que suínos castrado por cirurgia e Zamaratskaia et al. (2008) explica esse comportamento considerando que os suínos, previamente à imunocastração, mantêm o padrão metabólico dos machos inteiros, uma vez que o efeito inibidor da secreção de esteroides testiculares inicia somente após a aplicação da segunda dose da vacina, realizada aproximadamente aos 30 dias antes do abate. Claus et al. (2007) vai além afirmando que o potencial anabólico, pela ação da testosterona, se estende ainda por alguns dias após a aplicação da segunda dose da vacina.

Não houve interação entre os fatores fontes de cálcio e sexo para os parâmetros de carcaça ( $P > 0,05$ ), as fontes de cálcio também não apresentaram efeito significativo sobre a carcaça de suínos ( $P > 0,05$ ), mas o sexo interferiu nos resultados ( $P < 0,05$ ) (Tabela 7). É válido ressaltar que a literatura é escassa de trabalhos relacionados com fontes de cálcio e características de carcaça de suínos, apesar da relação existente entre a calpaína, enzima que regula o processo de amaciamento da carne, e o cálcio.

Os fatores e os mecanismos responsáveis pelas modificações que ocorrem durante a maturação da carne não são totalmente esclarecidos (KOOHMARAIE e GEESINK, 2006). Alguns fatores e enzimas são sugeridos, como a calpaína, uma peptidase dependente de cálcio e que está diretamente relacionada com o processo de amaciamento da carne (LAGE et al., 2009). Os resultados mostram semelhança entre as fontes para as características qualitativas da carne, como a força de cisalhamento, indicativo de maciez.

Tabela 7 – Características quantitativas e qualitativas da carcaça de suínos alimentados com diferentes fontes de cálcio

Parâmetros	Fontes de Cálcio				P valor	Sexo		P valor	Média	Fonte x sexo	CV
	CC	FMB	FOC	FO		Macho	Fêmea				
Características quantitativas da carcaça											
PC (kg)	94,346	90,576	92,536	92,208	0,271	93,884a	90,949b	0,034	92,416	0,468	4,52
ET (mm)	15,756	16,643	14,149	15,176	0,067	16,113a	14,748b	0,041	15,430	0,427	13,13
PL (mm)	59,692	60,415	60,382	60,359	0,959	58,690b	61,739a	0,009	60,214	0,138	5,38
QC (kg)	53,075	50,692	52,671	51,747	0,487	52,428	51,670	0,525	52,049	0,345	5,06
PC (%)	58,251	57,812	59,518	58,854	0,373	57,954	59,268	0,076	58,611	0,459	2,68
Características qualitativas da carcaça											
PGOT (%)	5,31	4,83	5,75	5,59	0,746	5,14	5,63	0,417	5,38	0,236	48,52
PAD (%)	7,82	9,36	7,13	8,60	0,062	8,69	7,69	0,091	8,18	0,135	30,96
PAC (%)	22,82	23,24	23,18	21,89	0,765	23,68	21,85	0,075	22,76	0,167	19,34
FC (kgf)	3,745	4,057	3,728	3,376	0,237	3,834	3,586	0,277	3,709	0,719	26,17
MARM	2,30	2,31	2,52	2,45	0,583	2,38	2,42	0,754	2,40	0,905	24,46
FIRM	2,70	2,81	2,68	2,55	0,558	2,73	2,63	0,441	2,68	0,224	20,47
Luminosidade - L*	49,26	47,46	49,51	48,62	0,362	49,27	48,28	0,247	48,77	0,095	7,47
Saturação - a*	4,50	4,82	4,60	4,78	0,926	4,70	4,65	0,885	4,67	0,879	35,51
Tonalidade - b*	3,24	3,02	3,30	3,10	0,935	3,13	3,21	0,820	3,17	0,492	44,96

CC= calcário calcítico; FMB= fosfato monobásico; FOC= farinha de ossos calcinada; FO= farinha de ostras; CV= coeficiente de variação (%); PC= peso de carcaça; ET= espessura de toucinho; PL= profundidade de lombo; QC= quantidade de carne; PM= percentual de carne; PGOT= perda de água por gotejamento; PAD= perda de água por descongelamento; PAC= perda de água por cocção; FC= força de cisalhamento; MARM= marmoreio; FIRM= firmeza. <sup>a,b</sup>Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste F (5%).

Constatou-se diferença entre os sexos para peso de carcaça, espessura de toucinho e profundidade de lombo ( $P < 0,05$ ), onde as fêmeas apresentaram menor peso de carcaça e espessura de toucinho, e maior profundidade de lombo em relação aos machos (Tabela 7). Estes dados estão de acordo com a literatura que afirma que as fêmeas produzem carcaças com maior quantidade de carne e menor percentual de gordura em relação a machos castrados abatido com a mesma idade (SATHER et al., 1991; LEACH et al., 1996). De acordo com Rosa et al. (2008) os programas de planos nutricionais e de melhoramento genético visam a maior deposição de carne com menor percentual de gordura, cujo objetivo é atender as exigências de um mercado cada vez mais competitivo.

O peso ideal, rendimento de carne, baixo teor de gordura e ausência de defeitos, são características priorizadas para as carcaças de suínos, e de acordo com Latorre et al. (2004), com o aumento do peso, os suínos apresentam maior deposição de gordura corporal e redução na eficiência alimentar. Neste trabalho os machos apresentaram maior peso vivo e também obtiveram maior deposição de gordura, no entanto, foram mais eficientes (41,30%) do que as fêmeas (38,70%) para converter ração consumida em peso.

Bridi et al. (2008) avaliaram a influência do sexo sobre as características de carcaça e observaram que os machos castrados apresentaram maior peso de carcaça, maior espessura de toucinho e menor percentual de carne magra em relação às fêmeas, resultados semelhantes ao presente trabalho. Vasquez Bruno et al. (2013) trabalharam com machos imunocastrados e castrados por cirurgia e relataram valor médio de peso de carcaça, espessura de toucinho, profundidade de lombo e percentual de carne dos imunocastrados bastante semelhante aos valores obtidos neste trabalho.

Com relação as características qualitativas da carne (Tabela 7), a análise de variância demonstrou não haver interação entre os fatores ( $P > 0,05$ ) e os fatores independentes também não promoveram diferença ( $P > 0,05$ ) nos parâmetros avaliados. A perda de água por gotejamento avaliada na carne fresca, a perda de água por descongelamento e cocção, bem como a força de cisalhamento avaliada na carne cozida, o marmoreio e firmeza apresentaram valores médios semelhantes, tanto em função das fontes como dos sexos.

Os resultados obtidos indicam que as fontes avaliadas não comprometem a qualidade do produto final. Segundo Argüelo (2005), as características de qualidade da carne de maior importância econômica, são a aparência (cor, brilho e apresentação do

corte) e a maciez, percebida na degustação, pois determinam a aceitação global dos cortes. E a maciez, como descrito anteriormente, pode ser influenciada pelos níveis de cálcio plasmático e, conseqüentemente, de cálcio intracelular, elemento mineral necessário para ativação da enzima relacionada com o processo de amaciamento da carne.

O maior constituinte da carne é a água, que representa aproximadamente 75% do peso total. De acordo com Warner et al. (1997) uma carne normal deve apresentar uma perda de água em até 5% e os dados obtidos estão ligeiramente maiores que o desejável, o que não é interessante, já que de acordo com Brid e Silva (2009), PGOT acima de 5% pode resultar na carne PSE, e carnes PSE apresentam também baixa atividade das calpaína. Segundo Ramos et al. (2007), a capacidade da carne em reter água na presença de fatores externos define o potencial de perda de peso pós-abate, cuja característica é de grande valor econômico e por esse motivo a capacidade de retenção de água é um parâmetro tecnologicamente importante para a indústria.

A força de cisalhamento ou resistência de rompimento das fibras foi obtida a partir da carne pré-cozida e apresentou valor médio de 3,709kgf. Este parâmetro é utilizado para avaliar a maciez da carne e uma força acima de 3,2kgf indica carne de maior dureza, valor estabelecido pelo National Pork Producers Council (1998) para a maciez determinada pelo método Warner Bratzler. Fatores *ante-mortem* e *post-mortem*, além de fatores externos como transporte, abate e cozimento podem interferir diretamente na maciez da carne (RAMOS et al., 2007) e conseqüentemente aumentar a resistência de rompimento das fibras.

Obteve-se uma média de 2,40 para o grau de marmorização (marmoreio), valor maior que os obtidos por Shelton et al. (2004), Bridi et al. (2006) e Pacheco et al. (2007). Entretanto, de acordo com o National Pork Producers Council (1998) o percentual de gordura intramuscular ideal deve estar entre 2 e 4% para garantir elevada qualidade sensorial à carne suína. Dessa forma, os valores obtidos estão dentro do ideal. O marmoreio representa a quantidade de gordura intramuscular e contribui com a suculência e sabor da carne e de seus produtos, conferindo qualidade sensorial à carne. A escala do grau de marmoreio da carne suína varia de um a sete, sendo que carne com valor 01 apresenta somente traços de marmoreio e valor 07 com marmoreio excessivo (MEAT EVALUATION HANDBOOK, 2001).

A quantidade de carne na carcaça é uma característica muito importante e de alto valor econômico. Este parâmetro, tem se modificado nos últimos anos, devido principalmente aos avanços no melhoramento genético e na nutrição, sendo significativos os resultados sobre a redução da quantidade de gordura e o aumento da quantidade de carne na carcaça. Todavia, o efeito adverso desta conduta foi a redução no conteúdo de gordura intramuscular (BRIDI e SILVA, 2009).

A cor da carne 24 horas após o abate foi obtida através do colorímetro, que avalia a cor em três dimensões,  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ , e obteve-se valores médios de 48,77 ( $L^*$ ), 4,67 ( $a^*$ ) e 3,17 ( $b^*$ ). A cor é uma característica de natureza tridimensional, na qual se considera luminosidade, tonalidade e saturação, sendo que a tonalidade caracteriza a qualidade da cor, a saturação descreve a intensidade de uma tonalidade e a luminosidade caracteriza o grau de claridade da cor, indicando as cores claras ou escuras (HUNTER ASSOCIATES LABORATORY, 2007).

Sobre a luminosidade ( $L^*$ ) alguns pesquisadores dividem opinião e segundo Bridi e Silva (2009) a carne normal deve apresentar valor de  $L^*$  maior que 43 e menor que 49, haja vista que valores de  $L^*$  acima de 50, associados a valores de PGOT acima de 5% podem resultar na carne PSE e quando o valor de  $L^*$  for inferior a 42 e PGOT abaixo de 5% pode ser indicativo de carne DFD. Observa-se neste trabalho que a luminosidade apresentou média de 48,77, estando dentro do preconizado, enquanto o PGOT de 5,38%, ficou acima do valor máximo estabelecido.

Os resultados de desempenho e características quantitativa da carcaça deste trabalho corroboram com as ponderações feitas por Brumano e Gattás (2009), os quais pontuam que as principais diferenças no desempenho em função do sexo de suínos ocorrem a partir dos 30kg de peso vivo. Para Henry et al. (1992) a criação de suínos separados pode ser vista como uma estratégia de manejo, pois cada categoria apresenta uma característica de desenvolvimento corporal e o fator sexo, por ação dos hormônios, tem influência sobre o padrão de desenvolvimento dos suínos no potencial de crescimento, consumo de alimento, eficiência alimentar e qualidade de carcaça na fase de crescimento e terminação.

Os parâmetros ósseos não foram influenciados pelas fontes de cálcio ( $P > 0,05$ ) (Tabela 8). Em média, o comprimento do metatarso foi de 74,82mm e o peso fresco e pré-seco foi de 20,77g e 17,93g, respectivamente.



Tabela 8 – Parâmetros ósseos avaliados em suínos na fase de terminação alimentados com diferentes fontes de cálcio

Parâmetros	Fontes de Cálcio				Média	P valor	CV
	CC	FMB	FOC	FO			
Comprimento (mm)	75,17	75,78	74,20	74,23	74,82	728	4,35
Peso natural (g)	20,44	20,97	21,39	20,27	20,77	0,710	10,21
Peso pré-seco (g)	17,79	18,17	17,79	18,03	17,93	0,981	10,17
Índice de Seedor	271,53	279,18	286,03	273,40	277,01	0,618	8,91
Força máxima (N)	1528,27	1539,97	1458,80	1353,36	1469,61	0,726	21,36
Força máxima (Kgf)	155,84	157,03	148,75	138,00	149,86	0,726	21,36
Resistência (tensão MPa)	19,92	21,47	19,25	17,77	19,54	0,536	21,31
Resistência (tensão Kgf/cm <sup>2</sup> )	203,14	219,00	196,29	181,24	199,26	0,535	21,31

CC= calcário calcítico; FMB= fosfato monobicálcico; FOS= farinha de ossos calcinada; FO= farinha de ostras; CV= coeficiente de variação; mm= milímetros; g= grama; N= Newton; Kgf= quilogramas força; MPa= megapascal.

A tíbia em aves e o metatarso em suínos, são os ossos de mais rápido crescimento e sensível as deficiências de cálcio e fósforo, sendo largamente utilizado nos estudos de resistência, já que o osso é um tecido dinâmico que sofre constantemente formação e reabsorção (SCHMEIL et al., 2016). Aproximadamente 60 a 70% do peso do osso é constituído de cristais de hidroxiapatita, formado pela associação do cálcio e fósforo provenientes da dieta (HENN, 2010), indicando que rações desbalanceadas ou deficientes nestes minerais resultariam em má formação óssea e até em crescimento lento.

O desempenho acelerado dos suínos criados em sistema intensivo associado a fatores principalmente de manejo, nutrição e sanidade, podem acarretar em problemas de resistência dos ossos e do aparelho locomotor, principalmente nas fases de crescimento e terminação, o que requer maior atenção por parte dos técnicos e produtores. O cálcio é o principal mineral do esqueleto, fazendo deste tecido um reservatório deste elemento, além de ser um dos cátions mais abundantes no organismo (SUTTLE, 2010), por isso seu fornecimento deve ser realizado corretamente, atendendo as exigências por fase e categoria.

Não foram observados sinais de deficiência nos animais que consumiram as dietas suplementadas com as diferentes fontes de cálcio, já que os sinais mais graves de deficiência podem ser verificados visualmente por problemas frequentes de locomoção. De acordo com Teixeira et al. (2005), a deficiência de cálcio e fósforo pode resultar em prejuízo na mineralização dos ossos, redução do crescimento ósseo e/ou crescimento deficiente. Suínos adultos consumindo dietas deficientes mobilizam cálcio e fósforo dos ossos, resultando em ossos frágeis.

Teixeira et al. (2005) não obtiveram diferença no comprimento, peso e resistência do osso ao substituir o fosfato bicálcico pelo monobicálcico e relataram valores médios de comprimento (70,60 mm) e peso (19,42g) semelhantes aos obtidos no presente estudo, já a força máxima aplicada sobre o osso, considerada como resistência óssea, foi inferior, enquanto os autores relataram 935N, obteve-se neste estudo força máxima aplicada sobre o metatarso dos suínos alimentados com o fosfato monobicálcico de 1539,97N.

O Índice de Seedor obtido através da divisão do peso pelo comprimento do osso é utilizado como indicativo da densidade óssea por alguns pesquisadores (MURAKAMI et al., 2009; ALMEIDA PAZ et al., 2010), assim como a força máxima aplicada sobre o osso e a resistência óssea. A densidade óssea é resultante da mineralização, isto é, da

quantidade de mineral depositada e quanto maior a deposição, maior a densidade e conseqüentemente a resistência. Neste trabalho a densidade óssea foi semelhante entre os tratamentos, verificando que as fontes foram igualmente eficientes na deposição de mineral no osso

A avaliação dos parâmetros ósseos em suínos, principalmente da resistência a quebra representam grande importância econômica devido as perdas ocasionadas por fraturas, na maioria das vezes resultando em baixo desempenho, daí a importância em avaliar a disponibilidade dos minerais nas fontes utilizadas para suplementar as rações. Qualquer modificação na forma, tamanho, orientação das fibras de colágeno ou de moléculas na matriz podem alterar a resistência óssea (BARCELLOS et al., 2007). Althaus et al. (2005) observaram que a osteocondrose foi a principal causa de condenações por atrite em suínos no abatedouro, sendo esta lesão também causada por fatores nutricionais, diretamente relacionados com os minerais Ca, P, Cu e vitamina D.

O teor de matéria seca nos tecidos fígado, rim, coração e metatarso não foi influenciado pela inclusão das fontes de cálcio na dieta ( $P>0,05$ ), apresentando valor médio muito semelhante (Tabela 9). Veloso et al. (2000) avaliaram a mineralização óssea de suínos alimentados com quatro fosfatos e descreveram teor de matéria seca para os ossos de 94%, próximo à média obtida neste trabalho (93,84%).

A farinha de ossos calcinada promoveu diferença no teor de matéria mineral do rim ( $P=0,04$ ). O rim dos animais do tratamento constituído pela farinha de ossos apresentou um teor de 10,33% de matéria mineral, superior ao efeito produzido pelas demais fontes (Tabela 8). A farinha de ossos apresenta em sua composição maior concentração de minerais em relação ao calcário calcítico e alguns fosfatos (AVELAR et al., 2009) e devido a função que o rim desempenha no metabolismo (SODRÉ et al., 2007), é possível que os minerais absorvidos não tenham sido utilizados, resultando em maior concentração no rim, alterando dessa forma o teor de matéria mineral.

Observou-se um elevado teor de matéria mineral nos ossos (45,85%) em relação ao fígado (9,82%), rim (8,87%) e coração (9,22%). Além disso, apesar das fontes avaliadas não influenciarem na concentração de cálcio dos tecidos ( $P>0,05$ ), observou-se que os ossos apresentaram valor superior em relação aos outros tecidos, com média de 126,27g/kg. Esses resultados mostram claramente que osso é um verdadeiro reservatório de cálcio para o organismo, e sugerem que as fontes avaliadas apresentam disponibilidade

de cálcio de forma semelhante, já que o teor de matéria mineral não variou em função das fontes e, como considerado por Queiroz (2008), esta variável apresenta maior sensibilidade de resposta quando se faz comparações entre as fontes.

Tabela 9 - Valores médios do teor de matéria seca (MS), matéria mineral (MM) e da concentração de cálcio nos tecidos e soro de suínos terminados

	Fontes de Cálcio				Média	P valor	CV
	CC	FMB	FOC	FO			
Matéria Seca (%)							
Metatarso	93,92	94,07	93,73	93,68	93,82	0,199	0,59
Fígado	93,06	93,00	93,26	92,61	92,98	0,548	1,33
Rim	93,00	92,85	92,22	92,77	92,70	0,673	2,03
Coração	94,43	93,85	94,17	94,15	94,15	0,504	1,04
Matéria Mineral (%)							
Metatarso	46,23	45,92	45,40	45,84	45,83	0,875	5,86
Fígado	10,53	10,35	9,63	8,77	9,82	0,598	38,18
Rim	8,58b	8,68b	10,33a	7,92b	8,87	0,040	27,01
Coração	8,78	9,61	9,94	8,54	9,23	0,344	26,84
Concentração de cálcio nos tecidos (g/kg)							
Metatarso	119,12	140,92	131,59	114,26	126,47	0,073	19,78
Fígado	5,25	5,45	5,35	5,53	5,39	0,733	11,53
Rim	5,83	5,20	5,68	5,25	5,49	0,230	15,43
Coração	5,74	5,10	5,57	5,27	5,42	0,124	12,40
Concentração de cálcio no soro (mg/dL)							
Crescimento	10,05	10,11	10,03	9,95	10,01	0,781	4,17
Terminação	10,18	10,01	10,65	9,92	10,18	0,387	10,01
Concentração de fósforo no soro (mg/dL)							
Crescimento	10,04b	9,29a	10,22b	10,04b	9,90	0,001	5,19
Terminação	8,74	9,37	9,42	8,73	9,06	0,149	9,74

CC= calcário calcítico; FMB= fosfato monobifosfático; FOS= farinha de ossos calcinada; FO= farinha de ostras; CV= coeficiente de variação (%). <sup>a,b</sup> Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na linha e maiúsculas diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

O osso é composto por componentes orgânicos e inorgânicos, sendo que aproximadamente um terço do peso consiste em material orgânico, como o colágeno e glicosaminoglicanos, fração importante para a manutenção da estrutura por fornecer resiliência; e os outros dois terços do peso do osso é composto por materiais inorgânicos, como sais de Ca e P, que proporciona rigidez. Desta fração, 80% está na forma de cristais de hidroxiapatita e 20% é principalmente carbonato de cálcio e fosfato de magnésio (FRANDSON et al., 2009), e além de compor os ossos, um percentual próximo a 0,6% do cálcio do organismo encontra-se nos tecidos moles (ÉVORA et al., 1999).

Bünzen et al. (2012) trabalhando com dietas suplementadas com calcário e fosfato bicálcico para suínos em crescimento, relataram teor de matéria mineral 47,46% e concentração de cálcio nos ossos de 177g/kg. Gomes et al. (1992) avaliaram a biodisponibilidade do fósforo de diferentes fontes e relataram valor médio de matéria mineral para farinha de ossos calcinada de 51,9%, superior ao obtido no presente trabalho (45,40%) para a respectiva fonte. E Teixeira et al. (2005) relataram média de 53,22% de matéria mineral nos ossos de suínos em terminação alimentados com fosfato monobicálcico, superior ao obtido (45,92%) para este fosfato.

A análise de variância indicou não haver interferência das fontes estudadas na concentração de cálcio no soro tanto ao final da fase de crescimento como de terminação ( $P>0,05$ ) (Tabela 9). A maior variação na fase de crescimento foi de 0,16mg/dL e ocorreu entre o fosfato monobicálcico e a farinha de ostras, já na fase de terminação a maior variação foi de 0,73mg/dL entre o calcário calcítico e a farinhas de ostras.

Em se tratando do cálcio, essa constância na concentração plasmática é comum de ocorrer, devido aos mecanismos de controle que existem para assegurar o nível plasmático ideal (ÉVORA et al., 1999; CASTILHO, 2008), sendo esta uma das variáveis controladas com maior precisão no organismo e desta maneira o cálcio plasmático não é considerado como bom indicador do estado nutricional do animal (GONZÁLES, 2000). Dentre esses mecanismos de controle destacam-se a mobilização óssea e a reabsorção renal, envolvendo o paratormônio, a calcitonina e a vitamina D (MAIORKA e MACARI, 2008).

A concentração média de cálcio total no soro de suínos foi de 10,09mg/dL, o qual está dentro do preconizado na literatura (HENN, 2010) e na bula do kit utilizado para determinação do cálcio neste trabalho. De acordo com Gonzáles (2000), o nível de cálcio plasmático nos animais é constante, mas pode variar entre 8 e 12mg/dL.

Aproximadamente 50% do cálcio no soro está na forma ativa (cálcio ionizado), 45% está ligado às proteínas e aproximadamente 5% está complexada na forma de bicarbonatos (BRINGHURST e LEDER, 2006). A quantidade de cálcio depositada no osso depende do nível de cálcio na dieta (BRONNER e STEIN, 1992), da mesma forma que a reabsorção renal (STEIN et al., 2006, 2011; VITTI et al., 2010), e também da concentração de cálcio no plasma.

As fontes de cálcio influenciaram na concentração de fósforo no soro apenas ao final da fase de crescimento, sendo que o tratamento constituído pelo fosfato monobicálcico apresentou menor concentração (9,29mg/dL) em relação as demais, que foram semelhantes entre si e apresentaram concentração média de 10,10mg/dL ( $P=0,001$ ). Já na fase de terminação a concentração de fósforo permaneceu constante em função das fontes ( $P>0,05$ ) com média de 9,06mg/dL (Tabela 9). Diferente do cálcio, o fósforo é um mineral que apresenta alta variação na concentração plasmática, podendo variar até 40% (GONZÁLES, 2000), esse fato pode explicar a diferença, mesmo que pequena, entre as fontes para a concentração de fósforo no plasma dos suínos na fase de crescimento.

Apesar da diferença que ocorreu na fase de crescimento em função das fontes, os valores de fósforo ficaram dentro do preconizado, visto que a referência determinada para concentração de fósforo no soro de suínos está entre 6,96 e 10,65mg/dL (FRIENDSIP e HENRY, 1992). Os valores médios para a concentração de fósforo obtidos no presente trabalho foram inferiores aos relatados por Jiang et al. (2013), que relataram concentração de fósforo no soro de suínos de 11,16mg/dL.

## CONCLUSÕES

As fontes de cálcio promoveram efeito semelhante sobre a digestibilidade do cálcio e o desempenho dos animais, bem como sobre a deposição de cálcio nos tecidos, parâmetros ósseos e concentração de cálcio no soro, sugerindo que qualquer uma das fontes avaliadas neste estudo pode ser utilizada para suplementação de cálcio nas rações de suínos nas fases de crescimento e terminação sem causar prejuízo dentro dos níveis estabelecidos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC - Association of Official Analytical Chemistry. Official Methods of Analysis. Washington, D.C., 15<sup>a</sup> ed., 1990. 684p.
- ALMEIDA PAZ, I.C.L.; MENDES, A.A.; BALOG, A.; MARTINS, M.R.F.B.; ALMEIDA, I.C.L.; FERNANDES, B.C.S.; MILBRADT, E.L.; VULCANO, L.C.;

- KOMIYAMA, C.M.; CARDOSO, K.F.G. Níveis de cálcio e avaliação óssea e de ovos de avestruzes reprodutoras. **Arquivo de Zootecnia**, v. 59, p. 459-462, 2010.
- ALTHAUS, L.K.S. & et al. Exame macroscópicos das articulações de suínos artríticos no abatedouro. **Archives of Veterinary Science**, v. 10, p. 15-19, 2005.
- ARGÜELLO, A.; CASTRO, N.; CAPOTE, J.; SOLOMON, M. Effects of diet and live weight at slaughter on kid meat quality. **Meat Science**, v. 70, p. 173-179, 2005.
- AVELAR, A.C.; FERREIRA, W.M.; BRITO, W.; MENEZES, M.A.B.C. Composição mineral de fosfatos, calcário e farinha de ossos usados na agropecuária brasileira. **Archivos de Zootecnia**, v. 58, p. 737-740, 2009.
- BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. **Experimentação agrícola**. 4ª ed. Jaboticabal: FUNEP, p. 237, 2006.
- BARCELLOS, D. E. S. N. de; LIPPKE, R. T.; BOROWSKI, S. M, et al. O problema da osteocondrose na suinocultura tecnificada, 2007.
- BINDELS, R.J. Calcium handling by the mammalian kidney. **Journal of Experimental Biology**, v. 184, p. 89104, 1993.
- BRIDI, A. M.; SILVA, C. A. **Avaliação da carne suína**. In: Universidade Estadual de Londrina – UEL, Londrina - PR, editora Midiograf, p. 120. 2009.
- BRIDI, A.M.; OLIVEIRA, A.R.; FONSECA, N.A.; COUTINHO, L.L.; HOSHI, E.H.; BOROSKY, J.C.; SILVA, C.A. Efeito da ractopamina e do gênero no desempenho e na carcaça de suínos de diferentes genótipos halotano. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, p. 713-722, 2008.
- BRIDI, A.M.; OLIVEIRA, A.R.; FONSECA, N.A.N. et al. Efeito do genótipo halotano, da ractopamina e do sexo do animal na qualidade da carne suína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 5, p. 2027-2033, 2006.
- BRINGHURST, F.R.; LEDER, B.Z. Regulation of calcium and phosphate homeostasis. In: **Endocrinology**, 5ª Ed. (Ed. L. J. DeGroot and J. L. Jameson). **Elsevier**, p. 1465, 2006.
- BRONNER, F.; STEIN, W.D. Modulation of bone calciumbinding sites regulates plasma calcium: A hypothesis. **Calcified Tissue International**, v. 50, p. 483-489, 1992.
- BRUMANO, G. & GATTÁS, G. Fatores que influenciam na exigência de lisina para suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 6, p. 918-940, 2009.
- BÜNZEN, S.; ROSTAGNO, H.S.; KIEFER, C.; TEIXEIRA, A.O.; RIBEIRO JUNIOR, V. Níveis de fósforo digestível para suínos em fase de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, p. 320-325, 2012.
- BÜNZEN, S.; ROSTAGNO, H.S.; LOPES, D.C.; HASHIMOTO, F.A.M.; GOMES, P.C.; APOLÔNIO, R.L. Digestibilidade do fósforo de alimentos de origem vegetal determinada em suínos em crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 1236-1242, 2008.
- BÜNZEN, S.; ROSTAGNO, H.S.; LOPES, D.C.; GOMES, P.C.; HASHIMOTO, F.A.M.; APOLÔNIO, R.L.; BORSATTO, C.G. Digestibilidade aparente e verdadeira do fósforo de alimentos de origem animal para suínos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, p. 903-909, 2009.
- CASTILHO, A.C.; MAGNONI, D. **Cálcio e Magnésio**. 2008. Disponível em: [https://www.amway.com.br/downloads/misc/Calcio\\_e\\_Magnesio\\_IMEN.pdf](https://www.amway.com.br/downloads/misc/Calcio_e_Magnesio_IMEN.pdf). Acesso em: 05 de setembro de 2015.
- CLAUS, R. et al. Short-term endocrine and metabolic reactions before and after second immunization against GnRH in boars. **Vaccine**, v. 25, p. 4689-4696, 2007. Disponível

- em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264410X07004045>>. Acesso em: 16 setembro, 2015.
- COZZOLINO, S.M.F. Cálcio. In.: **Biodisponibilidade de Nutrientes**. SILVA, A.G.H. & COZZOLINO, S.M.F. 3ª Edição atualizada e comilada – Brueri, SP: Manole, p. 513, 2009.
- COWIESON, A.J.; WILCOCK, P.; BEDFORD, M.R. Super-Dosing Effects of Phytase in Poultry and other Monogastrics. **World's Poultry Science Journal**, v. 67, p. 225-235, 2011.
- ÉVORA, P.R.B.; REIS, C.L.; FERREZ, M.A.; CONTE, D.A.; GARCIA, L.V. Distúrbios do equilíbrio hidroelétrico e do equilíbrio acidobásico – uma revisão prática. **Medicina**, v. 32, p. 451-469, 1999.
- FERNANDEZ, J.A. Calcium and phosphorus metabolism in growing pigs. I. Absortion and balance studies. **Livestock Production Science**, v. 41, p. 243-254, 1995.
- FIALHO, E.T.; BARBOSA, H.P.; BELLAVER, C.; GOMES, P.C.; JUNIOR, W.B. Avaliação nutricional de algumas fontes de suplementação de cálcio para suínos. Biodisponibilidade e desempenho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 21, p. 891-905, 1992.
- FRANDSON, R.D.; WILKE, W.L.; FAILS, A.D. Microscopic anatomy and growth and development of bone. In: **Anatomy and Physiology of Farm Animals**, 7th Ed. (Ed. R. D. Frandson, W. L. Wilke, and A. D. Fails). Wiley-Blackwell, Ames, Iowa. p. 77-85, 2009.
- FRIENDSHIP, R. M.; HENRY, S. C. Cardiovascular system, hematology, and clinical chemistry. In: LEMAN, A.D.; STRAW, B.E.; MENGELING, W.L.; D'ALLAIRE, S.; TAYLOR, D. J. **Diseases of swine**. 7ª ed. Ames: Iowa State University Press, 1992. p. 3-11.
- FURLAN, A.C.; POZZA, P.C. Exigências de Minerais para Suínos. In: SAKOMURA, N.K.; et al. **Nutrição de Não Ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2014.
- GOMES, P.C.; LIMA, G.J.M.M.; BARBOSA, H.P.; GOMES, M.F.M.; BELLAVER, C. Disponibilidade de fósforo nos fosfatos de tapira e fosforindus e na farinha de ossos para suínos. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 21, 1992.
- ONZÁLEZ, F.H.D. Uso de perfil metabólico para determinar o status nutricional em gado de corte. In: GONZÁLEZ, F.H.D.; BARCELLOS, J.O; OSPINA, H.; RIBEIRO, L.A.O. (Eds). **Perfil Metabólico em ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais**. Porto Alegre, Brasil, 2000.
- GUIMARÃES, G.G.; MURATA, L.S.A.; MCMANUS, C.; SANTANA, A.P.; RECKZIEGEL, G.C.; AMÂNCIO, A.S.; FILHO, R.M.J.; SOBRINHO, A.J.F. Desempenho de suínos de dois cruzamentos de linhagens comerciais criados em cama sobreposta. **Archivos de Zootecnia**, v. 60, p. 11-18. 2011.
- HENN, J.D. Bioquímica do tecido ósseo. 2010. Disponível em: [http://www6.ufrgs.br/favet/lacvet/restrito/pdf/osso\\_henn.pdf](http://www6.ufrgs.br/favet/lacvet/restrito/pdf/osso_henn.pdf). Acesso em: 13/09/2015.
- HENRY, Y.; COLLEAUX, Y.; SEVE, B. Effects of dietary level of lysne and of level and source of protein on food intake, growth performance and plasma aminoacid pattern in the finishing pig. **Journal of Animal Science**, v. 70, p. 188-195, 1992.
- HUNTER ASSOCIATES LABORATORY. Solutions by instrument. 2007. Disponível em: <http://www.hunterlab.com/>>. Acesso em 12/07/2015.
- JIANG, H.; WANG, J.; CHE, L.; LIN, Y.; FANG, Z.; WU, De. Effects of calcium sources and levels on growth performance and calcium bioavailability in weaning piglets. **Asian Journal of Animal and Veterinary Advance**, v. 8, p. 613-621, 2013.



- KAVANAGH, S.; LYNCH, P.B.; MARA, O.F.; CAFREY, P.J. A comparison of total collection and marker technique for the measurement of apparent digestibility of diets for growing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 89, p. 49-58, 2001.
- KOOHMARAIE, M.; GEESINK, G.H. Contribution of postmortem muscle biochemistry to the delivery of consistent meat quality with particular focus on the calpain system. **Meat Science**, v. 74, p. 34-43, 2006.
- LAGE, J.F.; OLIVEIRA, I.M.; PAULINO, P.V.R. Papel do sistema calpaína-calpastatina sobre a proteólise muscular e sua relação com a maciez da carne em bovinos de corte (Calpain-calpastatin role on muscle proteolysis and its relationship with beef tenderness). **Revista eletrónica de Veterinaria**, v. 10, p. 1-19, 2009.
- LATORRE, M.A.; La´ZARO, R.; VALENCIA, D.G.; MEDEL, P.; MATEOS, G.G. The effects of gender and slaughter weight on the growth performance, carcass traits, and meat quality characteristics of heavy pigs. **Journal Animal Science**, v. 82, p. 526-533, 2004.
- LATORRE, M.A.; MEDEL, P.; FUENTETAJA, A.; La´ZARO, R.; MATEOS, G.G. Effect of gender, terminal sire line and age at slaughter on performance, carcass and meat quality of heavy pigs. **Animal Science**, p. 77:33-45, 2003a.
- LEACH, L. M.; ELLIS, M.; SUTTON, D. S.; McKEITH, F. K.; WILSON, E. R. The growth performance, carcass characteristics, and meat quality of halothane carrier and negative pigs. **Journal of Animal Science**, v. 74, p. 934-943, 1996.
- MAIORKA, A.; MACARI, M. Absorção de minerais. In: MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, E. **Fisiologia Aviária Aplicada a Frangos de Corte**. 2ª ed. Jaboticabal: Funep/Unesp, p. 167-173, 2008.
- MELO, T.V.; MENDONÇA, P.P.; MOURA, A.M.A.; LOMBARDI, C.T.; FERREIRA, R.A.; NERY, V.L.H. Solubilidad in vitro de algunas fuentes de cálcio utilizadas em alimentacion animal. **Archivos de Zootecnia**, v. 55, p. 297-300, 2006.
- MURAKAMI, A.E.; GARCIA, E.R.M.; MARTINS, E.N.; MOREIRA, I.; SCAPINELLO, C.; OLIVEIRA, A.F.G. Efeito da inclusão de óleo de linhaça nas rações sobre o desempenho e os parâmetros ósseos de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 1256-1264, 2009.
- NATIONAL PORK BOARD. Pork quality targets. Facts. Des Moines, 1998.
- NRC. Nutrient requirements of swine. 10ª Ed. National Academy Press, Washington, DC, 1998.
- PACHECO, G.D.; BRIGANÓ, M.V.; OBA, A.; PINHEIRO, J.W.; FONSECA, N.A.N.; BRIDI, A.M.; SILVA, C.A. Efeitos da restrição alimentar seguida de ganho compensatório sobre a qualidade da carne de suínos. **Archivos de Zootecnia**, v. 56, p. 895-906, 2007.
- PAULY, C.; SPRING, P.; O'DOHERTY, J.V.; KRAGTEN, S.A.; BEE, G. Growth performance, carcass characteristics and meat quality of group-penned surgically castrated, immunocastrated (Improvac®) and entire male pigs and individually penned entire male pigs. **Animal Consortium**, v. 3, p. 1057-1066, 2009.
- PEKAS, J.C. Versatile swine laboratory apparatus for physiologic and metabolic studies. **Journal of Animal Science**, v. 2, p. 1303-1306, 1968.
- QUEIROZ, L.S.B.; BERTECHINI, A.G.; RODRIGUES, P.B. et al. Utilização de fosfatos comerciais para frangos de corte na fase inicial. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 1421-1427, 2008.

- RAMOS, E. M. Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias. Viçosa – MG: Editora UFV, 2007.
- ROCHA JUNIOR, C.M.da; TEIXEIRA, A.O.; HANNAS, M.I.; SANTANA, A.L.A.; CARVALHO, T.A.; OLIVEIRA, B.L.de; MOREIRA, L.M.; BRIGHENTI, C.R.G. Digestibility of phosphorus in powder and microgranular phosphate in diets for pigs. **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.**, v. 16, p. 544-557, 2015.
- ROSA, A. F.; GOMES, J. D. F.; MARTELLI, M. R.; SOBRAL, P. J. A.; LIMA, C. G.; BALIEIRO, J. C. C. Características de Carcaça de Suínos de Três Linhagens Genéticas em Diferentes Idades ao Abate. **Revista Ciência Rural**, v. 38, p. 1718-1724, 2008.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.de; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T.; EUCLIDES, R.F. Tabelas brasileiras para aves e suínos. 3ª Ed., Viçosa, MG: UFV, 252p., 2011.
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. Métodos de Pesquisa em Animais Monogástricos. Jaboticabal-SP – FUNEP, p. 283, 2007.
- SALGUERO, S.C.; ROSTAGNO, H.S.; HANNAS, M.I.; CARVALHO, T.A.; MAIA, R.C.; PESSOA, G.B.S. Digestibilidade do cálcio de ingredientes para suínos, avaliada por meio de dois Métodos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 66, p. 1539-1546, 2014.
- SATHER, A. P.; MURRAY, A. C.; ZAWADSKI, S. M.; JOHNSON, P. The effect of the halothane genotype on pork production and meat quality of pigs reared under commercial conditions. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 71, p. 959-967, 1991.
- SEEDOR, J.G.; QUARRUCCIO, H.A.; THOMPSON, D.D. The biophosphonate alendronate (MK-217) inhibits bone loss due to ovariectomy in rats. **Journal of Bone and Mineral Research**, v. 6, p. 339-346, 1991.
- SHELTON, J.L.; SOUTHERN, L.L., LeMIEUX, F.M.; BIDNER, T.D.; PAGE, T.G. Effects of microbial phytase, low calcium and phosphorus, and removing the dietary trace mineral premix on carcass traits, pork quality, plasma metabolites, and tissue mineral content in growing-finishing pigs. **Journal Animal Science**, v. 82, p. 2630–2639, 2004.
- SCHEMEIL, C.; THIEME, R.D.; SCHIEFERDECKER, M.E.M. Cálcio. In.: **Vitaminas, minerais e eletrólitos: aspectos fisiológicos, nutricionais e dietéticos**. SCHIEFERDECKER, M.E.M.; THIEME, R.D.; SCHMEIL, C. 1ª ed. Rio de Janeiro-RJ: Editora Rúbio, p. 179, 2016.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos). 3.ed.Viçosa: UFV, 2002. 235p.
- SODRÉ, F.L.; COSTA, J.C.B.; LIMA, J.C.C. Avaliação da função e da lesão renal: um desafio laboratorial. **J. Bras. Patol. Med. Lab.**, v. 43, p. 329-337, 2007.
- STATISTICAL ANALYSES SYSTEM - SAS. SAS/STAT User's guide. Version 8.2. 4ª ed. v. 2. Cary: 2000.
- STEIN, H.H.; BOERSMA, M.G.; PEDERSEN, C. Apparent and true total tract digestibility of phosphorus in field peas (*Pisum sativum* L.) by growing pigs. **Canadian Journal Animal Science**, v. 86, p. 523-525, 2006.
- SUTTLE, N.F. **Mineral nutrition of livestock**. Cambridge: CABI, p. 587, 2010.
- TEIXEIRA, A. O.; LOPES, D. C.; LOPES, J. B.; VITTI, D. M. S. S.; GOMES, P. C.; LOPES, J.B.; COSTA, L.F.; FERREIRA, V.P.A.; PENA, S.M.; MOREIRA, J.A.; BÜNZEN, S. Níveis de Substituição do Fosfato Bicálcico pelo Monobicálcico em

- Dietas para Suínos nas Fases de Crescimento e Terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, p. 142-150, 2005.
- TRAYLOR, S.L.; CROMWELL, G.L.; LINDEMANN, M.D. Bioavailability of phosphorus in meat and bone meal for swine. **Journal Animal Science**, v. 83, p. 1054-106, 2005
- TORRES, L.C.L.; FERREIRA, M.A.; GUIM, A.; VILELA, M.S.; GUIMARÃES, A.G.; SILVA, E.C. Substituição da palma-gigante por palma-miúda em dietas para bovinos em crescimento e avaliação de indicadores internos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 2264-2269, 2009.
- VASQUEZ-BRUNO, H.; KIEFER, C.; BRUMATTI, R.C.; SANTOS, A.P.; ROCHA, G.C.; RODRIGUES, G.P. Avaliação técnico-econômica de suínos machos imuno e cirurgicamente castrados. **Ciência Rural**, Online, 2013.
- VELOSO, J.A.F.; MEDEIROS, S.L.S.; COSTA, E.C.A. Mineralização óssea com quarto fontes de fósforo na terminação de suínos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 52, versão online, 2000.
- VITTI, D.M.S.S.; DA SILVA FILHO, J.C.; LOUVANDINI, H.; DIAS, R.S.; BUENO, I.C.S.; KEBREAB, E. Phosphorus and calcium utilization in ruminants using isotope dilution technique. In: **Phosphorus and Calcium Utilization and Requirements in Farm Animals** (Ed. D. M. S. S. Vitti and E. Kebreab). CAB International, London, United Kingdom. p. 45-67, 2010.
- WARNER, R.D.; KAUFFMAN, R.G. GREASER, M.L. Muscle protein changes post mortem in relation to pork quality traits. **Meat Science**, v. 45, p. 339-352, 1997.
- ZAMARATSKAIA, G.; ANDERSSON, H.; CHEN, G.; ANDERSSON, K.; MADEJ, A.; LUNDSTROM, K. Effect of a Gonadotropin-releasing hormone vaccine (Improvac™) on steroid hormones, boar taint compounds and performance in entire male pigs. **Reproduction in Domestic Animals**, v. 43, p. 351-359, 2008.
- ZANATTA, C.P.; GABELONI, L.R.; FÉLIX, A.P.; BRITO, C.B.M.; OLIVEIRA, S.G.; MAIORKA, A. Metodologias para determinação da digestibilidade de dietas contendo fontes proteicas vegetal ou animal em cães. **Ciência Rural**, v. 43, p. 696-701, 2013.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de indicadores fecais na determinação da digestibilidade dos nutrientes é uma prática que está sendo aprimorada nas pesquisas com animais não-ruminantes, pois os resultados obtidos ainda apresentam divergências, dificultando a substituição da coleta total de fezes. Pelos resultados obtidos no presente estudo pode-se afirmar que o uso da CIA como indicador fecal subestimou os coeficientes de digestibilidade do cálcio, constituindo a coleta total como método mais apropriado. As divergências entre os resultados podem ser atribuídas às metodologias impropriamente utilizadas para recuperação do indicador, neste caso o celite.

As fontes de cálcio promoveram efeito semelhante sobre os coeficientes de digestibilidade verdadeira do cálcio determinados pela coleta total, sobre o desempenho dos animais, bem como sobre os parâmetros ósseos e deposição de cálcio nos tecidos, e os resultados obtidos sugerem que o calcário calcítico, o fosfato monobicálcico, a farinha de ossos calcinada e a farinha de ostras podem ser utilizadas sem causar prejuízo ao desempenho dos animais nas fases inicial, crescimento e terminação, desde que apresentem disponibilidade na região e sejam viáveis economicamente.

A diferença no teor de matéria mineral do rim promovida pela suplementação da dieta com farinha de ossos calcinada não foi totalmente esclarecida neste estudo, indicando necessidade de pesquisas mais específicas relacionadas a este efeito, como concentração de outros minerais na fonte, bem como averiguar a possibilidade de reduzir a inclusão de premix mineral quando esta fonte for utilizada.