

SANDRA CAROLINA SALGUERO CRUZ

**DIGESTIBILIDADE DO CÁLCIO DE ALIMENTOS AVALIADA EM FRANGOS
DE CORTE E EM SUÍNOS COM DIFERENTES MÉTODOS**

Dissertação apresentada á
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Zootecnia, para obtenção do título
de “Magister Scientiae”.

**VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2009**

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

S164d
2009

Salguero Cruz, Sandra Carolina, 1979-

Digestibilidade do cálcio de alimentos avaliada em frangos de corte e em suínos com diferentes métodos / Sandra Carolina Salguero Cruz. – Viçosa, MG, 2009. xiii, f.: il. ; 29cm.

Inclui apêndice.

Orientador: Horácio Santiago Rostagno.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Suíno - Nutrição. 2. Suíno - Alimentação e rações.
3. Frango de corte - Nutrição. 4. Frango de corte - Alimentação e rações. 5. Cálcio na nutrição animal.
6. Coleta de fezes. I. Universidade Federal de Viçosa.
II. Título.

CDD 22.ed. 636.4085

SANDRA CAROLINA SALGUERO CRUZ

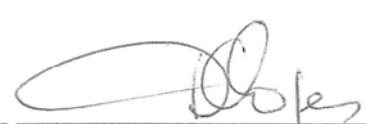
DIGESTIBILIDADE DO CÁLCIO DE ALIMENTOS AVALIADA EM FRANGOS
DE CORTE E EM SUÍNOS COM DIFERENTES MÉTODOS

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de
Viçosa, como parte das
exigências do Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia,
para obtenção do título de
Magister Scientiae

APROVADA: 16 de fevereiro de 2009.



Prof. Luiz Fernando T. Albino
(Co-orientador)



Prof. Darci Clementino Lopes
(Co-orientadora)



Pesq. Márcia Maria Candido da Silva



Dr. Julio Maria R. Pupa



Prof. Horacio Santiago Rostagno
(Orientador)

Nenhum número de experiências, por muitas que sejam, poderão provar que tenho razão. Mas será suficiente uma só experiência para demonstrar que estou equivocado.

(Albert Einstein)

Uma mente que tenha sido estirada por novas idéias nunca poderá recobrar sua forma original.

(Albert Einstein)

A imaginação é mais importante que o conhecimento.

(Albert Einstein)

O mundo está nas mãos daqueles que têm a coragem de sonhar e correr o risco de viver seus sonhos

(Paulo Coelho)

AGRADEDIMENTOS

Este trabalho é fruto de muito esforço e dedicação. Somente aqueles que acompanharam e participaram podem imaginar o grau de satisfação. Impossível deixar de compartilhar tal alegria com pessoas que foram tão importantes no percurso deste caminhar e, a quem agradeço de forma especial:

A Universidade Federal de Viçosa, especialmente ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade de realização do curso.

Ao professor Horacio Santiago Rostagno, pelos valiosos ensinamentos, pela orientação, pelo estímulo e confiança.

Aos professores conselheiros e membros da banca examinadora, Professores Luis Fernando Teixeira Albino, Darci Clementino Lopes ao Dr. Julio Maria Ribeiro Pupa e a Márcia Candido, pelas valiosas sugestões.

A meus Pais Fernando Salguero Sandoval e Celmira Cruz, que com carinho e esforço possibilitaram a realização deste sono.

A meus irmãos Andréa, Marcela, Viviana, Mayerly e Fernando Andrés quem me apoiarem nesta fase da minha vida com muito carinho. Obrigada

A minha tia Janeth por estar sempre ao meu lado.

A Raul Hernando por seu apoio incondicional principalmente nas épocas difíceis, por permanecer sempre ao meu lado, temos passado muitos momentos juntos e as palavras são curtas para agradecer pela amizade e pelo carinho.

Aos funcionários do Setor de Suinocultura da UFV, Francisco Ilário (“Chico”), Francisco Ferreira (“Marreco”), Raimundo, Sebastião (“Tião”) e Vítor, pelo apoio e pela amizade, e ao funcionário José Alberto “Dedeco”, pela dedicação, pela presteza e pelo apoio, fundamental na realização deste trabalho.

Aos funcionários do Setor de Avicultura da UFV, em especial a Adriano, Elísio, José Lino e Mauro Godoi, pela colaboração e amizade.

Aos estudantes de graduação Valdir, Rodolfo e Roxana pela amizade e pelo apoio fundamental no auxílio na condução deste trabalho.

Aos estudantes da Pos-graduação Karla, Rodrigo, Gregorio e especialmente a Thony e a Silvano pela amizade e pelos valiosos conselhos que foram fundamentais na realização deste trabalho.

Aos amigos que formaram parte desta família especialmente ao laboratório de virologia do Bioagro: Gloria, Evando, Danielle, Fabio, Allison, Carolina, Poliane e Francisco Murilo, que me acolheram nesta cidade e de alguma forma contribuíram na realização deste trabalho.

A Carlos Poveda pelo carinho e amizade e por ter me dado a oportunidade de trabalho e iniciar-me na área de nutrição de monogástricos.

BIOGRAFIA

Sandra Carolina Salguero Cruz, filha de Fernando Salguero Sandoval e Celmira Cruz, nasceu em Ibagué – Colômbia, em 8 de novembro de 1979.

Em Agosto de 1998, inicio seu curso de graduação em Medicina Veterinária e Zootecnia, na Universidade do Tolima (Ibagué), concluindo-o em março de 2005.

Trabalho na Universidade do Tolima, como assistente de pesquisa na área de nutrição. Em março de 2007, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia na UFV, em nível de Mestrado, na área de Nutrição de Monogástricos, submetendo-se á defesa de tese em 16 de Fevereiro de 2009.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Composição Centesimal da Ração Basal	14
Tabela 2.	Percentagem de substituição do conteúdo inerte da ração basal pelas fontes de cálcio e conteúdo de cálcio e fósforo total das rações experimentais (matéria natural)	15
Tabela 3.	Composição centesimal da ração baixo cálcio	16
Tabela 4.	Valores de diâmetro geométrico médio (DGM) e o desvio padrão geométrico (DPG) dos alimentos	19
Tabela 5.	Coeficientes de cálcio retido aparente (CRA) e verdadeiro (CRV), e de digestibilidade da ração basal, utilizando diferentes métodos para frangos de corte	20
Tabela 6.	Coeficientes de cálcio retido (total e indicador) aparente de cálcio, dos alimentos, utilizando diferentes métodos para frangos de corte	21
Tabela 7.	Coeficientes de cálcio retido (total e indicador) verdadeiro de cálcio, dos alimentos, utilizando diferentes métodos para frangos de corte	22
Tabela 8.	Conteúdo de cálcio total (Ca total) e cálcio digestível utilizando diferentes métodos para frangos de corte	25
Tabela 1.	Composição Centesimal da Ração Basal	32
Tabela 2.	Percentagem de substituição do conteúdo inerte da ração basal pelas fontes de cálcio e conteúdo de cálcio e fósforo total das rações experimentais (matéria natural)	33
Tabela 3.	Composição centesimal da ração baixo cálcio	34
Tabela 4.	Valores de diâmetro geométrico médio (DGM) e o desvio padrão geométrico (DPG) dos alimentos	37
Tabela 5.	Coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) e verdadeiro (CDV) d cálcio da ração basal, utilizando diferentes métodos para suínos	37
Tabela 6.	Coeficientes de digestibilidade aparente de cálcio dos diferentes alimentos utilizando diferentes métodos para suínos	39
Tabela 7.	Coeficientes de digestibilidade verdadeiro de cálcio dos diferentes alimentos utilizando diferentes métodos para suínos	40
Tabela 8.	Conteúdo de cálcio total (Ca total) e cálcio digestível verdadeiro (Ca d), dos alimentos para suínos	42

INDICE

LISTA DE TABELAS	vii
RESUMO	ix
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO	1
REVISAO DE LITERATURA	2
1. FUNÇÕES E METABOLISMO DE CÁLCIO	2
1.1 TRANSPORTE	4
a) Transporte de Ca Ativo (Transcelular)	4
b) Transporte de Ca Paracelular (Não Saturável)	6
1.2 DIGESTÃO E SOLUBILIZAÇÃO	6
2. DEFICIÊNCIA OU EXCESSO DE CA NOS ANIMAIS	7
2.1 DEFICIÊNCIA	7
2.2 EXCESSO	8
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	8
DIGESTIBILIDADE DE CALCIO DE ALGUNS ALIMENTOS DETERMINADA PARA FRANGOS DE CORTE EM CRESCIMENTO	10
INTRODUÇÃO	12
MATERIAL E METODOS	13
RESULTADOS E DISCUSAO	19
CONCLUSOES	25
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	26
DIGESTIBILIDADE DE CALCIO DE ALGUNS ALIMENTOS DETERMINADA PARA SUINOS EM CRESCIMENTO	28
INTRODUÇÃO	30
MATERIAL E METODOS	31
RESULTADOS E DISCUSAO	36
CONCLUSOES	42
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	43
CONCLUSAO GERAL	44
APENDICE	45
ANEXOS	56

RESUMO

SALGUERO, Sandra Carolina Cruz, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2009. **Digestibilidade do Cálcio de alimentos avaliada em frangos de corte e em suínos com diferentes métodos.** Orientador: Horácio Santiago Rostagno. Co-Orientadores: Darci Clementino Lopes e Luiz Fernando Teixeira Albino.

Dois experimentos foram realizados para determinar os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeiro de cálcio em alimentos utilizados na formulação de dietas para frangos de corte e para suínos. No primeiro experimento foi realizado um ensaio metabólico para determinar a digestibilidade de cálcio em 8 alimentos e uma ração basal, sendo os alimentos avaliados calcário calcítico 1, calcário calcítico 2, fosfato bicálcico, fosfato monobicálcico, calcário dolomítico, farinha de carne e ossos 40%, farinha de carne e ossos 50% e farinha de vísceras. Foram utilizados 300 frangos da linhagem Cobb, com 21 dias de idade, alojados em gaiolas de metabolismo e distribuídos em delineamento experimental inteiramente casualizado, em arranjo fatorial, 9 X 3 (tratamentos x metodologias), com seis repetições e 5 animais por UE, sendo 3 metodologias: coleta total de excretas, coleta excretas com indicador e coleta de digesta ileal com indicador. O indicador utilizado foi a Cinza Ácida Insolúvel (CAI). Simultaneamente trinta animais foram alimentados com uma ração contendo baixo conteúdo de cálcio para determinar as perdas endógenas. Os coeficientes de cálcio retido (total e indicador) verdadeiro obtidos pelos métodos de coleta total de excretas, de coleta de excretas com indicador e de coleta de digesta ileal com indicador, dos alimentos avaliados em frangos de corte foram respectivamente: Calcário Calcítico 1, 85,98, 84,75 e 81,77; Calcário Calcítico 2, 88,12, 87,09 e 85,55%; Fosfato Bicálcico, 87,87, 86,08 e 83,82%; Fosfato Monobicálcico, 87,11, 87,12 e 81,07%; Calcário Dolomítico, 90,84, 90,96 e 86,06%; Farinha de Carne e Ossos (40%), 87,23, 86,62 e 81,85%; Farinha de Carne e Ossos (50%), 86,55, 85,95 e 84,96%; Farinha de Vísceras, 88,08, 89,16 e 74,88%. Não houve diferença significativa na digestibilidade do cálcio entre as metodologias coleta total de excretas e coleta de excreta com indicador, entretanto a metodologia de coleta de digesta ileal resultou em menores valores de digestibilidade do cálcio (-4,5%) quando comparado com os métodos de coleta de excretas. No segundo experimento foram determinados os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeiro de

cálcio de 9 alimentos, foram utilizados 22 suínos, mestiços machos castrados, alojados em gaiolas de metabolismo e distribuídos em delineamento experimental em blocos 2 X 10, sendo dois métodos: coleta total de fezes e do indicador fecal e 10 tratamentos (9 alimentos e uma ração basal), o indicador fecal utilizado foi a Cinza Acida Insolúvel (CAI). Simultaneamente seis animais foram alimentados com uma ração contendo baixo conteúdo de cálcio para estimar as perdas endógenas e determinar os coeficientes de digestibilidade verdadeiro. Os coeficientes de digestibilidade verdadeiro de cálcio, obtidos pelos métodos de coleta total e pelo método de indicador fecal foram respectivamente: Calcário Calcítico 1, 84,80 e 87,33%; Calcário Calcítico 2, 84,19 e 86,32%; Fosfato Bicálcico, 79,36 e 84,55%; Fosfato Monobicálcico, 83,83 e 85,81%; Calcário Dolomítico, 85,65 e 87,39%; Farinha de Carne e Ossos (40%), 70,00 e 68,64%; Farinha de Carne e Ossos (50%), 66,92 e 68,03%; Farinha de Vísceras, 73,40 e 73,95%, Lactado de Cálcio, 95,10 e 97,33%. Não houve diferença significativa entre os dois métodos empregados: coleta total (80,36%) e do indicador fecal (84,04%), sendo o método de coleta total de fezes.

ABSTRACT

SALGUERO, Sandra Carolina Cruz, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, february de 2009. **Calcium Digestibility from Feedstuffs Using Different Methods for Broiler Chickens and Pigs.** Adviser: Horácio Santiago Rostagno. Co-Adviser: Darci Clementino Lopes and Luiz Fernando Teixeira Albino.

Three hundred Cobb broilers, 21 days old, were housed in metabolism cages and distributed in a completely randomized design in factorial arrangement, 9 X 3 (treatments x methodologies) with six replicates and 5 animals per experimental unit. The methodologies studied were: total collection of excreta, excreta collection with indicator and ileal digesta collection with indicator. Simultaneously, thirty birds were fed a low of calcium diet to determine endogenous calcium losses. The indicator used was Acid Insoluble Ash (CAI). The average coefficients true of calcium retained obtained by the different methods: Limestone 1, 84,17%, Limestone 2, 86,92%, Dicalcium Phosphate, 85,93%; Monocalcium Phosphate, 85,10%, Dolomitic Limestone, 89,29%, Meat and Bone Meal (40%), 85,23%; Meat and Bone Meal (50%), 85,82%; Poultry by Product Meal, 84,04%. There was no significant difference of calcium digestibility between the methodologies total excreta collection versus excreta collection with indicator, however the ileal digesta methodology showed lower calcium digestibility coefficients (-4,5%) when compared to the excreta methods. The coefficients of apparent and true digestibility of calcium of 9 feedstuffs was determined, using 22 crossbred barrows, housed in metabolism cages and distributed in an experimental block design 2 X 10, two methods: total collection of feces and fecal indicator, three blocks and 10 treatments (9 feedstuffs and a basal diet). Simultaneously, six animals were fed a low content of calcium to estimate endogenous losses and be able to determine the feedstuffs true digestibility coefficients of calcium. The fecal indicator utilized was Acid Insoluble Ash (CAI). The average true digestibility coefficients of the total collection method and the method of fecal indicator were: Limestone 1, 86.06%, Limestone 2, 85.26%, Dicalcium Phosphate, 81.95%; Monocalcium Phosphate, 84,82%; Dolomitic Limestone, 86.52%; Meat and Bone Meal (40%), 68.32%; Meat and Bone Meal (50%), 67.48%; Poultry by-Product Meal, 73.68%, Calcium Lactate, 96.21%. There was no

significant difference between the methods of total collection of feces and indicator.

INTRODUÇÃO

O avanço do conhecimento na alimentação de monogástricos tem sido importante nos últimos anos. O melhoramento genético e a constante preocupação pela redução dos custos de produção, assim como a demanda especializada do consumidor, o qual dia a dia exige produtos de excelente qualidade e menor preço, tem sido a principal causa para o aprimoramento do conhecimento das características e limitações físico-químicas das matérias primas, comumente utilizadas na alimentação animal, dessa forma se faz necessária a revisão constante dos valores de disponibilidade, digestibilidade e exigência.

Os minerais são requeridos para a formação do esqueleto, e são componentes de vários compostos que tem funções particulares no organismo, atuando como cofatores de enzimas e para manutenção do balance osmótico dos animais, entre outras funções. Compreendem cerca de 4% da composição corporal dos animais vertebrados sendo que o cálcio e o fósforo correspondem por mais da metade desta quantia. Ao contrario de outros nutrientes os minerais não podem ser sintetizados pelos animais, por isso devem ser fornecidos nas rações em níveis adequados para suprir as necessidades de manutenção e produção.

Na atualidade o uso correto de cálcio na nutrição animal tem sido motivo de grande preocupação dos profissionais que atuam na área de nutrição de monogástricos, devido a que suas exigências são expressas em cálcio total, apresentam baixo custo e toxicidade, resultando em altos níveis nas rações para os animais. A conseqüência desta prática é que o cálcio em excesso pode agir como antagonista, formando quelatos insolúveis e dificultando a absorção dos outros minerais especialmente, fósforo, sódio, potássio, magnésio, ferro, cobre, zinco e manganês (McDonald, 1993).

REVISÃO DE LITERATURA

1. Funções e Metabolismo do Cálcio

O cálcio é o quinto elemento mais abundante na terra e no organismo, com aproximadamente 99% presente no esqueleto ósseo e dentes e o restante distribuídos por fluidos e tecidos do corpo (Underwood et al, 1981), corresponde a 1 ou 2% do peso corporal e ocorre numa porcentagem de 39% em relação a outros minerais. O cálcio é necessário para a formação e manutenção óssea, também participa da coagulação do sangue, manutenção da membrana e organelas celulares, regulação da contractilidade muscular e como ativador de enzimas, entre outras funções (Bourdeau, 1994)

O cálcio no fluido extracelular se encontra como cálcio ionizado (50%), cálcio unido a proteínas (40%), e o restante (10%), unido a fosfatos, citratos, sulfatos, e ácidos orgânicos. Do cálcio unido a proteínas o 80% esta unido com albuminas e um 20% as globulinas.

Segundo Mc Dowell (1992), a suplementação de cálcio depende da variabilidade e disponibilidade dos ingredientes nas rações, potencial genético dos animais, nível de energia da dieta, doenças e desafio sanitário do ambiente, densidade populacional, temperatura, umidade e ventilação (ambiência), crescimento compensatório, interações nutricionais e/ou alimentares, manejo e nível de estresse na criação, suplementação de vitamina D, integridade do intestino, fígado e rins, entre outros.

A grande variação da disponibilidade do cálcio nos alimentos deve-se principalmente à composição química e associação física do cálcio com outros componentes, formando em alguns casos compostos de baixa solubilidade e disponibilidade.

Sá et al, (2004), determinaram a disponibilidade relativa de cálcio para fosfato bicálcico em 99%, calcário calcítico em 84% e calcário dolomítico em 75%. Segundo o NRC (1994), a disponibilidade de cálcio no calcário dolomítico varia de 50 a 75 %, enquanto no calcário calcítico situa-se próximo de 90%.

Tais variações devem-se ao fato do calcário calcítico possuir cristais com alternadas camadas de íons cálcio e carbonato (calcita), enquanto, no calcário dolomítico o magnésio substitui parte do cálcio, resultando em cristais mais densos e menos solúveis, além do magnésio também ser antagônico ao cálcio, podendo influenciar o mecanismo de absorção intestinal. Assim, a disponibilidade de cálcio no calcário dolomítico é menor do que no calcário calcítico devido a sua maior complexidade estrutural (Ross et al, 1984).

Os alimentos de origem vegetal constituem a base da alimentação em monogástricos e possuem teores de cálcio em níveis insuficientes para atender as exigências nutricionais dos animais. Segundo (Gueguen, 1990), o cálcio de origem vegetal é pouco solúvel por estar em grande parte insolubilizado na forma de fitato ou oxalato.

O cálcio e o fósforo são elementos intimamente associados ao metabolismo, ocorrendo no organismo ou combinados entre si na maioria das vezes, de modo que a carência de um ou outro limita o valor nutritivo de ambos (Maynard, 1984).

O metabolismo do Ca e do P é intimamente regulado pelo sistema hormonal constituído pelo paratormônio, pelo metabolismo da vitamina D e pela calcitonina. A combinação na ação simultânea deste sistema hormonal sobre as rotas de entrada (absorção intestinal e reabsorção óssea) e saída (deposição e excreção), mantém a concentração sanguínea desses minerais até um nível suficiente para permitir o processo de mineralização óssea e demais processos metabólicos (Fernandéz, 1995).

A manutenção das concentrações do Ca extracelular é de extrema importância para manutenção de um grande número de funções vitais do organismo. Quando ocorrem variações no nível de cálcio extracelular o animal lança mão dos sistemas regulatórios para manter os níveis plasmáticos apropriados de Ca, regulando o fluxo de cálcio entre o compartimento extracelular e vários sistemas e órgãos.

A forma sob a qual os compostos calcínicos são oferecidos ao organismo parece ser de importância secundária, pois a forma salina inicial obtida na alimentação, não corresponde aquela sob a qual o cálcio é absorvido. No estômago os sais cálcicos são transformados em cloretos e fosfatos ácidos solúveis e facilmente absorvíveis, principalmente a um nível posterior ao duodeno. A absorção do cálcio é influenciada pelo teor de fosfatos nos alimentos. Um excesso de fosfatos conduz á precipitação do cálcio sob a forma de fosfato tricálcico. A deficiência de fosfatos atrasa a absorção de cálcio, pois os íons fosfatos são utilizados previamente a transformação de cálcio à fosfato monocálcico solúvel. Um excesso de cálcio induz a um mecanismo similar. Um desequilíbrio de um ou outro mineral proporciona uma verdadeira carência fosfocálcica (Andriguetto, 1999).

1.1 Transporte

A movimentação do cálcio através do epitélio intestinal procede de duas rotas: passiva (paracelular) e transporte de cálcio ativo (transcelular). A absorção saturável transcelular é dependente de vitamina D, e a absorção não saturável, intercelular, é dependente da concentração de cálcio intraluminal.

a) Transporte do cálcio ativo (transcelular): O transporte do cálcio transepitelial no intestino acontece no duodeno e na parte proximal do jejuno. O movimento transcelular envolve três passos: 1) entrada através da membrana em borda em escova do enterócito, 2) movimentação transcelular e 3) saída através da membrana basolateral. O direcionamento do movimento é garantido pela estrutura celular, a existência de membrana com borda em escova localizada na superfície luminal da célula, auxilia na entrada do cálcio para o enterócito e a membrana basolateral permite a saída do mineral pela porção basolateral da célula.

A entrada do cálcio na célula é através do gradiente químico pelos canais do cálcio, localizados na membrana plasmática. A difusão do íon cálcio, e o movimento através da membrana com borda em escova pelo pólo basolateral da célula duodenal, é a taxa que limita este passo (Bronner, 1986).

Na borda em escova o cálcio se liga ao calbindin. O calbindin D9k é uma proteína de transporte que se encontra na parte interna da membrana plasmática, levando o cálcio para o interior da célula. Esta ligação é necessária para a manutenção do cálcio em solução, já que é pouco solúvel em meio aquoso. De fato o transporte de cálcio transcelular varia diretamente com o conteúdo celular de calbindin. A importância da vitamina D na absorção do cálcio é a biossíntese de Calbindin D9k (Pansu, 1999).

O controle na absorção do cálcio é realizado por dois hormônios: o hormônio paratiroideo (PTH), o qual tem ação regulatória indireta sobre a absorção do cálcio, e a forma fisiológica da vitamina D₃, 1,25-dihidroxicolecalciferol (calcitrol, 1,25-(OH)₂D₃). A glândula paratiroidea é sensível às mudanças na concentração do íon cálcio no líquido extracelular, e quando a concentração cai a PTH é normalmente secretada e é ativada a vitamina D₃. A vitamina D₃ é hidrolizada a 25-hydroxy-D₃ (25-OHD₃), a qual é produzida por duas hidroxilações uma no fígado, e outra nos rins para dois compostos 24,25-(OH)₂D₃ ou 1,25-(OH)₂D₃, nestas reações a vitamina D é proveniente da dieta aonde então será metabolizada pela irradiação de UV na pele. No entanto, o sítio primário da 1,25-(OH)₂D₃, são rins, mas outro tecido como a pele pode sintetizar esta enzima. Na mucosa intestinal a atuação da 1,25-(OH)₂D₃, é relativamente lenta, abrindo os canais de cálcio e facilitando a retenção e transferência com ajuda da proteína ligadora do cálcio, calbindin D9k (Underwood, 1999)

O 1,25-dihidroxicolecalciferol (1,25-(OH)₂D₃), é a forma ativa do colecalciferol, o qual é transportado até o núcleo da célula intestinal onde interage com os genes responsáveis pela produção de RNAs específicos para a transcrição de peptídeos nos ribossomos, resultando na síntese de proteína transportadora de cálcio nos enterócitos, bem como, indução na síntese de proteínas fixadoras de cálcio intracelular ou calmodulina que aumentam, por sua vez, os níveis de enzima Ca ATPase basolateral, responsáveis pelo bombeamento de cálcio para circulação sanguínea (McDowell, 1992). Em situações de hipocalcemia, além do estímulo para maior absorção de cálcio, também estimulam a mobilização deste mineral da matriz óssea para o fluido extracelular e aumentam a reabsorção renal através de mecanismos similares

ao da absorção intestinal. Já a calcitonina exerce seu papel regulatório em situações de hipercalcemia, diminuindo a absorção intestinal de cálcio, promovendo a mineralização óssea e excreção renal do excesso na circulação sérica (Edwards JR., 1993).

Já nos rins, a calcitonina que é um hormônio produzido primariamente na tiróide, tem a habilidade de mediar a regulação dos osteoclastos para a reabsorção óssea. Incrementa a condutância do Cl^- nas células renais hiperpolarizando e ativando o cálcio resultando na entrada deste nos canais celulares (Hoenderop, 2005). Em resposta aos vários níveis de cálcio no plasma o PHT é secretado na circulação, onde é ativado o receptor PHT/PHTrP, o qual estimula diretamente a reabsorção do cálcio pelo túbulo renal, desse modo incrementa a $1,25\text{-(OH)}_2\text{D}_3$ dependente da absorção do cálcio no intestino. O PHT estimula a reabsorção ativa do cálcio na parte distal do néfron.

A saída do cálcio pela célula intestinal se dá contra do gradiente químico e dois transportes têm sido localizados na membrana basolateral do enterócito: saída do cálcio em troca de $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ e pela CaATPase, enzima dependente de energia.

b) Transporte paracelular (não saturável): O transporte do cálcio pela rota paracelular ocorre no jejuno e parte proximal do íleo. Este mecanismo de transporte tem lugar quando o consumo de cálcio é alto ou adequado, razão pela qual o baixo consumo de cálcio, diminui a regulação por meio do transporte ativo. Os fatores que determinam o movimento do cálcio através das junções celulares desempenham um papel importante na absorção mineral são: solubilidade intestinal, permeabilidade e tempo de permanência (Bronner, 1998), gradiente de concentração, permeabilidade dos íons e gradiente químicos do epitélio (Hoenderop, 2005)

1.2 Digestão e solubilização: O cálcio torna-se absorvido quando este é movimentado a través do epitélio intestinal. Obviamente, somente o cálcio que está em solução no lúmen intestinal pode ser absorvido (Bronner, 1997).

O cálcio é solúvel em meio ácido, sendo que em pH alcalino precipita. Este mineral, 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). As ligandinas, que têm duas cargas, ligam-se ao cálcio. A secreção normal gástrica (pH 1 a 2) é suficiente para liberar o mineral da ligandina em troca do H⁺. Assim, o cálcio está pronto para ser absorvido, servindo a ligandina para impedir sua precipitação. Em meio alcalino aumenta a ligação cálcio-fosfato, formando fosfato de cálcio, que é insolúvel e eliminado pelas fezes. No intestino delgado, à medida que o pH aumenta em direção ao íleo, eleva-se a concentração do fosfato intestinal, havendo precipitação do cálcio e deficiência da absorção. Dessa maneira, a maior absorção é ao nível de duodeno e jejuno proximal (Bronner et al., 1998).

O total do cálcio absorvido no intestino depende do consumo diário do mineral. Quando o consumo é baixo o transporte do cálcio pelo processo ativo celular no duodeno é regulado, e uma grande proporção do cálcio é absorvida pelo processo ativo mais que pelo processo passivo celular que predomina no jejuno e íleo. A biodisponibilidade, digestibilidade e solubilização desempenham um papel menos importante em condições de baixo consumo de cálcio, mais é relativamente insignificante quando o consumo de cálcio é adequado (Bronner et al., 1998).

2. Deficiência e Excesso de Cálcio nos animais

2.1 Deficiência: Na vigência de hipocalcemia, por exemplo, há aumento rápido da secreção de PTH pelas células paratiroideanas e, em questão de horas, há aumento no nível de mRNA para a síntese de PTH. Esta resposta de aumento de secreção de PTH está diretamente relacionada ao mecanismo de percepção dos níveis séricos de cálcio, mediado pelo CaR. O PTH mobiliza o cálcio ósseo, aumentando o fluxo de cálcio do osso para a circulação sanguínea, reduz a excreção renal de cálcio (aumentando a reabsorção de cálcio pelos túbulos distais) e aumenta a ativação de 1,25(OH)₂D₃ a nível renal. Por sua vez, este metabólito ativo da vitamina D age no intestino aumentando a absorção do cálcio proveniente da dieta. Assim, através da ação conjunta do PTH e da vitamina D, a concentração de cálcio

sérico se eleva, resultando na diminuição de PTH, completando o mecanismo clássico de *feedback* negativo.

2.2 Excesso: Na hipercalcemia ocorre a supressão da secreção de PTH e conseqüente redução da síntese de $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$, com resultante diminuição da reabsorção renal de cálcio, da mobilização do cálcio do osso e da absorção do cálcio pelo intestino. Neste caso, o excesso de cálcio circulante proporciona ativação do CaR, que, uma vez ativado, sinaliza a informação para a célula paratiroideana secretar menos PTH. A hipercalcemia também estimula diretamente a secreção de calcitonina pelas células C tiroideanas através de um mecanismo de *feedback* positivo. A calcitonina é um hormônio que possui uma atividade hipocalcêmica e exerce sua função reduzindo o fluxo de cálcio do osso para o fluido extracelular e aumentando a excreção de cálcio. Entretanto, a calcitonina possui um efeito hipocalcêmico modesto em circunstâncias normais, quando comparado aos efeitos do PTH e da $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$. Assim, esses 3 hormônios calciotrópicos agem em seus órgãos efetores, principalmente osso, intestino e rins, alterando o transporte dos íons cálcio para o interior ou para o exterior do fluido extracelular, modulando desta forma a manutenção da homeostase desse íon.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRIGUETTO JOSE MILTON, P. L., MINARDI ITALO, GEMAEL ALAOR AND SIDNEY FLEMMING JOSE. Absorção Nutrição animal: Bases e fundamentos No. 1. p 68-116. Nobel.
- BOURDEAU JE, A. M. 1994. Calcium metabolism. In: M. Hill (ed.) In maxwell & kleeman's: Clinical disorders fluids and eletrolites metabolism. p 243-306.
- BRONNER, F. Calcium Handbook of nutritionally essential mineral elements.
- BRONNER, F. 1998. Calcium absorption: A paradigm for mineral absorption. The Journal of Nutrition 128: 917-920.
- BRONNER, F., PANSU, D AND STEIN, W.D. 1986. An analysis of intestinal calcium transport across the rat intestine. The Journal Animal of Physiology 250: 561-569.
- EDWARDS JR., H. M. 1993. Dietary 1,25-dihydroxycholecalciferol supplementation increases natural phytate phosphorous utilization in chickens. The Journal of Nutrition 123: 567-577.
- FERNANDÉZ, J. A. 1995. Calcium and phosphorus metabolism in growing pigs. I. Absorption and balance studies. Livestock Production Science 41: 233-241.

- GUEGUEN, L. 1990. La disponibilité du calcium des aliments. *Cahiers Nutrition Dietetic* 25: 233-236.
- HOENDEROP, J. G. J., Bernd Nilius, and Rene´ J. M. Bindels. 2005. Calcium absorption across epithelia. *Physiological Reviews* 85: 373-422.
- JOOST G. J. HOENDEROP, B. N. A. R. J. M. B. 2005. Calcium absorption across epithelia. *Journal of Physiology* 85: 373-422.
- JOSE MILTON ANDRIGUETTO, L. P., ITALO MINARDI, ALAOR GEMAEI, JOSE SIDNEY FLEMMING. *Absorção Nutrição animal: Bases e fundamentos* No. 1. p 68-116. Nobel.
- MAYNARD, L. A. L., J.K.; Hintz, H.F. 1984. *Nutrição animal*. 3 ed, Rio de Janeiro.
- MCDONALD, P. E., R.A.; Greenhalgh, J.F.D. 1993. *Nutrición animal*. Editorial Acribia S.A, Zaragoza.
- MCDOWELL, L. R. (Editor), 1992. *Minerals in animal and human nutrition*. Academic Press, New York, 523 pp.
- PANSU, F. B. E. D. 1999. Nutritional aspects of calcium absorption. *The Journal of Nutrition* 129: 9-12.
- ROSS, R. D. C., G.L.; STAHLY, T.S. 1984. Effects of source and the particle size on the biological availability of calcium in calcium supplements for growing pigs. *Journal Animal Science* 59: 125-134.
- SÁ, L. M. G., P.C.; ALBINO, L.F.T. ET.AL. 2004. Exigência nutricional de cálcio e sua biodisponibilidade em alguns alimentos para frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade. *Revista Brasileira de Zootecnia* 33: 157-168.
- UNDERWOOD, E. J. S., N.F. 1999. Calcium Minerals in animal nutrition. p 67-104. CABI Publishing, New York.

Digestibilidade do Cálcio de Alimentos Avaliada em Frangos de Corte com Diferentes Metodologias

RESUMO – Foram utilizados 300 frangos da linhagem Cobb, com 21 dias de idade, alojados em gaiolas de metabolismo e distribuídos em delineamento experimental inteiramente casualizado, em arranjo fatorial, 9 X 3 (tratamentos x metodologias), com seis repetições e 5 animais por UE, sendo 3 metodologias: coleta total de excretas, coleta excretas com indicador e coleta de digesta ileal com indicador. O indicador utilizado foi a Cinza Acida Insolúvel (CAI). Simultaneamente trinta animais foram alimentados com uma ração contendo baixo conteúdo de cálcio para determinar as perdas endógenas. Os coeficientes de cálcio retido (total e indicador) verdadeiro obtidos pelos métodos de coleta total de excretas, de coleta de excretas com indicador e de coleta de digesta ileal com indicador, dos alimentos avaliados em frangos de corte foram respectivamente: Calcário Calcítico 1, 85,98, 84,75 e 81,77; Calcário Calcítico 2, 88,12, 87,09 e 85,55%; Fosfato Bicálcico, 87,87, 86,08 e 83,82%; Fosfato Monobicálcico, 87,11, 87,12 e 81,07%; Calcário Dolomítico, 90,84, 90,96 e 86,06%; Farinha de Carne e Ossos (40%), 87,23, 86,62 e 81,85%; Farinha de Carne e Ossos (50%), 86,55, 85,95 e 84,96%; Farinha de Vísceras, 88,08, 89,16 e 74,88%. Não houve diferença significativa na digestibilidade do cálcio entre as metodologias coleta total de excretas e coleta de excreta com indicador, entretanto a metodologia de coleta de digesta ileal resultou em menores valores de digestibilidade do cálcio (-4,5%) quando comparado com os métodos de coleta de excretas.

Palavras Chave: Cálcio, Cinza Acida Insolúvel, Coleta Total, Digestibilidade, Frangos, Indicador

Calcium Digestibility from Feedstuffs Using Different Methodologies for Broiler Chickens

ABSTRACT – Three hundred Cobb broilers, 21 days old, were housed in metabolism cages and distributed in a completely randomized design in factorial arrangement, 9 X 3 (treatments x methodologies) with six replicates and 5 animals per experimental unit. The methodologies studied were: total collection of excreta, excreta collection with indicator and ileal digesta collection with indicator. Simultaneously, thirty birds were fed a low of calcium diet to determine endogenous calcium losses. The indicator used was Acid Insoluble Ash (CAI). The average coefficients true of calcium retained obtained by the different methods: Limestone 1, 84,17%, Limestone 2, 86,92%, Dicalcium Phosphate, 85,93%; Monocalcium Phosphate, 85,10%, Dolomitic Limestone, 89,29%, Meat and Bone Meal (40%), 85,23%; Meat and Bone Meal (50%), 85,82%; Poultry by Product Meal, 84,04%. There was no significant difference of calcium digestibility between the methodologies total excreta collection versus excreta collection with indicator, however the ileal digesta methodology showed lower calcium digestibility coefficients (-4,5%) when compared to the excreta methods.

Keywords: Acid Insoluble Ash, Calcium, Collection Total, Chickens, Digestibility, Indicator

INTRODUÇÃO

Na atualidade o uso correto de cálcio na nutrição animal tem sido motivo de grande preocupação dos profissionais que atuam na área de nutrição de monogástricos, devido a que suas exigências são expressas em cálcio total, apresentam baixo custo e toxicidade, resultando em altos níveis nas rações para os animais. A consequência desta prática é que o cálcio em excesso pode agir como antagonista, formando quelatos insolúveis e dificultando a absorção dos outros minerais especialmente, fósforo, sódio, potássio, magnésio, ferro, cobre, zinco e manganês (McDonald, 1993).

Segundo McDowell (1992), a suplementação de cálcio depende da variabilidade e disponibilidade dos ingredientes nas rações, do potencial genético dos animais, do nível de energia da dieta, de doenças e desafio sanitário do ambiente, da densidade populacional, da temperatura, umidade e ventilação (ambiência), do crescimento compensatório, das interações nutricionais e/ou alimentares, do manejo e nível de estresse na criação, da suplementação de vitamina D, da integridade do intestino, fígado e rins, entre outros.

O cálcio é fundamental na coagulação do sangue e, juntamente com o sódio e o potássio, para o funcionamento normal do coração. O uso do cálcio pelo animal depende da presença de vitamina D na dieta. Quando há deficiência de vitamina D, é reduzido o depósito destes minerais nos ossos das aves em crescimento, observando-se depleção do mineral nos ossos e diminui a quantidade de Ca na casca dos ovos.

Sá et al, (2004), determinaram a disponibilidade relativa de cálcio para frangos de corte, indicando para o fosfato bicálcico 99%, calcário calcítico 84% e calcário dolomítico 75%. Segundo o NRC (1994), a biodisponibilidade de cálcio no calcário dolomítico varia de 50 a 75 %, enquanto no calcário calcítico situa-se próximo de 90%. Tais variações devem-se ao fato do calcário calcítico possuir cristais com camadas alternadas de íons cálcio e carbonato (calcita), enquanto, no calcário dolomítico o magnésio substitui parte do cálcio, resultando em cristais mais densos e menos solúveis, além do magnésio

também ser antagônico ao cálcio, podendo influenciar o mecanismo de absorção intestinal. Assim, a disponibilidade de cálcio no calcário dolomítico é menor do que no calcário calcítico devido a sua maior complexidade estrutural (Ross, 1984)

Os alimentos de origem vegetal constituem a base da alimentação em aves e possuem teores de cálcio em níveis insuficientes para atender as exigências nutricionais dos animais. Segundo Gueguen (1990), o cálcio de origem vegetal é pouco solúvel por estar em grande parte quelatado na forma de fitato ou oxalato.

No crescimento da ave, a maior porção do Ca na dieta é usada para a formação do osso, enquanto para aves adultas a maior porção é usada para formação da casca do ovo. Os sintomas da deficiência de Ca incluem: atraso no crescimento, diminuição no consumo de alimento, baixos níveis de Ca nos ossos, ovos de casca fina, redução na postura e no conteúdo de cinzas e Ca nos ossos (Scott, 1982)

Este trabalho foi realizado com o objetivo de determinar os valores de coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeiro do cálcio de alimentos utilizados em rações para frangos de corte.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa no período de 1 a 11 de maio de 2008. Foram usados 300 frangos de corte machos da linhagem Cobb, com 21 dias de idade. Desde o nascimento até os 21 dias de idade as aves foram criadas em boxes, com alimento e água à vontade, recebendo ração adequada para o período inicial.

Aos 22 dias as aves foram transferidas para gaiolas em sala de metabolismo localizadas em prédio de alvenaria com piso de concreto, ripado nas laterais e coberto com telhas francesas, onde permaneceram por um

período de 10 dias, sendo cinco dias de adaptação às gaiolas e às rações experimentais, e cinco dias de coleta de excretas. A alimentação foi fornecida em duas refeições diárias as 8:00 e as 16:00 horas e receberam água a vontade. No décimo primeiro dia, todas as aves foram abatidas para coleta do conteúdo da porção final do íleo (40 cm).

Os animais foram distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 8 X 3 (alimentos X metodologias), com seis repetições de cinco aves por unidade experimental (gaiola).

As metodologias avaliadas foram: coleta total de excretas, coleta de excretas com indicador e coleta de digesta ileal com indicador, utilizadas simultaneamente.

Uma ração basal foi utilizada, suplementada com aminoácidos sintéticos e contendo 0,09% de cálcio total, de modo a atender as exigências dos animais segundo Rostagno et al, (2005), exceto para cálcio (Tabela 1).

Tabela 1. Composição centesimal da ração basal.

<i>Ingrediente</i>	<i>Quantidade %</i>
Milho Moído	57,098
Farelo de Soja (45%)	28,787
Óleo de Soja	4,000
Açúcar	4,000
Inerte	2,000
Plasma Sanguíneo	2,000
Sal Comum	0,305
Suplemento Vitaminico ¹	0,075
Suplemento Mineral ²	0,075
DL-Metionina (99%)	0,248
L-Lisina HCl (99%)	0,173
L-Treonina (98,5)	0,086
L-Valina (99%)	0,068
Cloreto de colina	0,075
BHT	0,010
Indicador	1,000
Total	100
<i>Composição Calculada</i>	
Arginina Dig. Aves (%)	1,200
Cálcio (%)	0,090
Energia Met. Aves (Mcal/Kg)	3,191
Fibra Bruta (%)	2,067

Fósforo Disponível (%)	0,106
Fósforo Total (%)	0,298
Glicina + Serina Total (%)	1,787
Isoleucina Dig. Aves (%)	0,741
Lisina Dig. Aves (%)	1,107
Met. + Cis. Dig. Aves (%)	0,516
Potássio (%)	0,709
Proteína Bruta (%)	20,181
Sódio (%)	0,206
Treonina Dig. Aves (%)	0,766
Triptofano Dig. Aves (%)	0,213
Valina Dig. Aves (%)	0,902

¹ Contendo por kg: Vit. A - 15.000.000 UI; Vit. D3 - 1.500.000 UI; Vit E - 15.000 UI; Vit B1 - 2,0 g; Vit B2 - 4,0 g; Vit B6 - 3,0 g; Vit B12 - 0,015 g; Ácido nicotínico - 25,0 g; Ác. Pantotênico - 10,0 g; Vit. K3 - 3,0 g; Ác. fólico-1,0 g; Bacitracina de zinco - 10,0 g; Selênio - 0,25 g; antioxidante - 10,0 g e veículo q.s.p. - 1000 g.

² Contendo por Kg: Manganês - 80 g; Ferro - 80 g; Zinco - 50 g; Cobre - 10 g; Cobalto - 2 g; Iodo - 1 g e veículo q.s.p. - 500 g.

Os alimentos avaliados substituíram a ração basal, em quantidades variadas, de modo a fornecer 0,39% de cálcio total. A percentagem de substituição da ração basal pelos alimentos e o conteúdo de cálcio total (calculado e analisado) das rações experimentais encontra-se na tabela 2. A cada dieta foi adicionado 1% de cinza acida insolúvel como indicador.

Tabela 2. Percentagem de substituição do conteúdo inerte da ração basal pelas fontes de cálcio e conteúdo de cálcio total (Cat) das rações experimentais (matéria natural)

Ingredientes	Conteúdo Cálcio¹	Cat Fornecido	Subst. do Alimento²	Cat dieta Experim³	Cat dieta Experim⁴
Calcário Calcítico 1	36,69	0,3	0,781	0,4	0,393
Calcário Calcítico 2	36,05	0,3	0,781	0,4	0,418
Fosfato Bicálcico	20,58	0,3	1,225	0,4	0,340
Fosfato Monobicálcico	18,32	0,3	1,5	0,4	0,348
Calcário Dolomítico	25,04	0,3	1,613	0,4	0,434
F. Carne e Ossos (40%)	15,10	0,3	2,976	0,4	0,432
F. Carne e Ossos (50%)	9,51	0,3	3,290	0,4	0,409
Farinha de Vísceras	5,40	0,3	7,5	0,4	0,326

¹ Valores Analisados Lab. Nutrição DZO-UFV

² Substituição do alimento na matéria natural

³ Valores Calculados

⁴ Valores Analisados

Simultaneamente, foram utilizados 30 animais de 21 dias de idade, alimentados com uma ração com baixo conteúdo de cálcio (0,01%), para a determinação das perdas de cálcio endógeno, Tabela 3.

Tabela 3. Composição centesimal da ração baixo cálcio.

Ingrediente	Quantidade %
Milho Pré-cozido	90,000
Inerte	3,698
Óleo de Soja	2,000
Amido	1,000
Carbonato de Potássio	0,650
Sal Comum	0,470
Suplemento Vitaminico ²	0,100
Suplemento Mineral ¹	0,050
DL-Metionina (99%)	0,051
L-Lisina HCl (99%)	0,322
L-Treonina (98,5%)	0,070
L-Valina (99%)	0,042
L-Arginina (99%)	0,217
Glicina	0,150
L-Triptofano (99%)	0,042
L-Isoleucina (99%)	0,028
BHT	0,010
Indicador	1,00
Cloreto de colina	0,100
Total	100
Composição Calculada	
Arginina Dig. Aves (%)	0,483
Cálcio (%)	0,018
Cloro (%)	0,345
Energia Met. Aves (Mcal/Kg)	3,329
Fenilal. + Tir. Dig. Aves (%)	0,540
Fenilalanina Dig. Aves (%)	0,324
Fibra Bruta (%)	1,107
Fósforo Disponível (%)	0,054
Fósforo Total (%)	0,162
Glicina + Serina (%)	0,797
Histidina Dig. Aves (%)	0,225
Isoleucina Dig. Aves (%)	0,307
Leucina Dig. Aves (%)	0,837
Lisina Dig. Aves (%)	0,450
Met. + Cis. Dig. Aves (%)	0,338
Metionina Dig. Aves (%)	0,194
Potássio (%)	0,589
Proteína Bruta (%)	7,093
Sódio (%)	0,205
Treonina Dig. Aves (%)	0,294
Triptofano Dig. Aves (%)	0,087
Valina Dig. Aves (%)	0,348
Acido Linoléico (%)	1,637

¹ Contendo por kg: Vit. A - 15.000.000 UI; Vit. D3 - 1.500.000 UI; Vit E - 15.000 UI; Vit B1 - 2,0 g; Vit B2 - 4,0 g; Vit B6 - 3,0 g; Vit B12 - 0,015 g; Ácido nicotínico - 25,0 g; Ác. Pantotênico - 10,0 g; Vit. K3 - 3,0 g; Ác. fólico - 1,0 g; Bacitracina de zinco - 10,0 g; Selênio - 0,25 g; antioxidante - 10,0 g e veículo q.s.p. - 1000 g.

² Contendo por Kg: Manganês - 80 g; Ferro - 80 g; Zinco - 50 g; Cobre - 10 g; Cobalto - 2 g; Iodo - 1 g e veículo q.s.p. - 500 g.

As excretas coletadas em um período de 24 horas foram guardadas em sacos plásticos e armazenadas em um freezer (-18 °C) até o final do período de coleta (5 dias). Depois do período de coleta as excretas e o conteúdo ileal foram descongelados, pesadas, homogeneizadas e secas em estufa ventilada à 55 °C, por um período de 72 horas. Posteriormente as amostras foram moídas e armazenadas em potes plásticos para posterior análise.

As Análises dos teores de matéria seca (MS), e cálcios totais foram realizados no laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia – UFV, de acordo com as metodologias descritas por Silva e Queiroz, (2002). O análise usado para a determinação da cinza acida insolúvel (CAI), foi realizado de acordo com a metodologia descrita por Joslyn (1970) (apêndice 16).

Foi determinado o consumo de alimento (g), o consumo de matéria seca (g), o consumo de cálcio total, da ração basal e do alimento (g), o suprimento de cálcio pela ração basal e pelo alimento (%), o teor de cálcio nas rações, digesta e excretas (%), a excreção de cálcio (g), o fator de indigestibilidade (CAI: Cinza Acida Insolúvel), o cálcio excretado pelas aves que receberam a dieta com baixo teor de cálcio (%), o cálcio endógeno ileal (g) e Cinzas. Estes dados serão utilizados nas equações adaptadas por Jongbloed & Kemme e (1990) Rostagno & Featherston (1977) para obtenção dos valores dos coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira de cálcio dos alimentos.

1. Método de coleta total de excretas:

1.1. Coeficiente do Cálcio Retido Aparente (CRACa)-(Jongbloed & Kemme, 1990).

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

Coeficiente do Cálcio Retido Verdadeiro (CRVCa).

$$\text{CRVCa (\%)} = \frac{[\text{Ca ingerido (g)} - (\text{Ca excr. Excretas (g)} - \text{Ca endógeno})]}{\text{Ca ingerido (g)}} \times 100$$

2. Metodologia do cálcio digestível ileal com indicador (CAI):

2.1. Fator de indigestibilidade (FI).

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

2.2. Coeficiente de Digestibilidade Aparente do Cálcio (CDACa) -
(Adaptado de Rostagno & Featherston, 1977).

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

2.3. Coeficiente de Digestibilidade Verdadeira do Ca (CDVCa) -
(Adaptado de Rostagno & Featherston, 1977).

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

Onde:

Fle = Fator de indigestibilidade da dieta baixo cálcio.

Ca e = cálcio endógeno excretado.

3. Metodologia de coleta de excretas com indicador

3.1. Fator de indigestibilidade (FI).

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

3.2. Coeficiente de Digestibilidade Aparente do Cálcio (CDACa) -
(Adaptado de Rostagno & Featherston, 1977).

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

3.3. Coeficiente de Digestibilidade Verdadeira do Ca (CDVCa) -
(Adaptado de Rostagno & Featherston, 1977).

$$\text{CDVCa (\%)} = \frac{\% \text{Ca dieta} - (\% \text{Ca excretas} \times \text{FI} - \% \text{Cae} \times \text{Fle}) \times 100}{\% \text{Ca dieta}}$$

Onde:

Fle = Fator de indigestibilidade da dieta baixo cálcio.

Cae = cálcio endógeno excretado.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância seguida do teste de Student-Newman-Keuls (SNK), para comparar as metodologias e o teste de Dunnett para comparar os alimentos usando o calcário calcítico 1 como contraste. Foi utilizado o pacote estatístico SAEG (UFV 2001), desenvolvido na Universidade Federal de Viçosa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura máxima e mínima média no período experimental foi de 16 e 22 °C respectivamente. Na tabela 4 são apresentados os valores referentes ao diâmetro geométrico médio (DMG), dos alimentos segundo a metodologia descrita no Compendio Brasileiro de Alimentação Animal (AOAC), 2005.

Tabela 4. Valores do diâmetro geométrico médio (DMG) e do desvio padrão geométrico (DPG) dos alimentos.

Alimentos	DGM	DPG
Calcário Calcítico 1	607 µm	2,76
Calcário Calcítico 2	630 µm	2,78
Fosfato Bicálcico	660 µm	2,30
Fosfato Monobicálcico	593 µm	2,62
Calcário Dolomítico	432 µm	1,85
Farinha de Carne e Osso (40%)	584 µm	1,47
Farinha de Carne e Osso (50%)	630 µm	2,31
Farinha de Vísceras	644 µm	1,45

A excreção endógena obtida para frangos de corte em crescimento foi de 2,0 g/animal/Kg MS consumida (0,140 g/ave/dia). Werner et al. (1964), trabalhando com poedeiras, adicionando cálcio radioativo e utilizando óxido crômico como indicador, verificou que a absorção de cálcio foi de 78% e a excreção endógena foi de 0,180 g/ave/dia.

Os coeficientes de cálcio retido aparente (CRA) e verdadeiro (CRV) e de digestibilidade da ração basal são apresentados na tabela 5.

Tabela 5 - Coeficientes de cálcio retido aparente (CRA) e verdadeiro (CRV), da ração basal, utilizando diferentes metodologias, para frangos de corte.

Método	CRA	CRV
Coleta Total de Excretas	84,55	86,01
Coleta Total de Excretas + Indicador (CAI)	87,26	86,02
Coleta de Digesta Ileal - Indicador (CAI)	72,98	76,66
Media (%)	81,60	82,90

O método que proporcionou menor coeficiente de cálcio retido verdadeiro na ração basal com base em milho e soja foi a metodologia da coleta de digesta ileal com indicador (76,66%), valor inferior as outras metodologias empregados: coleta total de excretas e coleta de excretas com indicador, 86,01 e 86,02% respectivamente.

Os valores médios dos coeficientes de cálcio retido (metodologia total e indicador) aparente e verdadeiro e de digestibilidade aparente e verdadeiro de cálcio dos alimentos avaliados utilizando diferentes metodologias, para frangos de corte, encontram-se nas tabelas 6 e 7.

Tabela 6. Coeficientes de cálcio retido (metodologias total e indicador) aparente e de digestibilidade aparente (indicador ileal) de cálcio, dos alimentos, utilizando diferentes metodologias, para frangos de corte

Alimentos	Coleta Total De Excretas (%)	Coleta de Excretas + Indicador	Coleta de Digesta Ileal + Indicador	Media (%)
Calcário Calcítico 1	85,98	84,61	81,70	84,09 ± 1,26
Calcário Calcítico 2	86,28	87,04	85,31	86,21 ± 0,50 *
Fosfato Bicálcico	87,86	85,94	83,63	85,81 ± 1,22
Fosfato Monobicálcico	87,10	87,00	80,97	85,02 ± 2,03
Calcário Dolomítico	90,83	90,75	86,02	89,20 ± 1,59 *
Farinha Carne e Ossos 40%	87,22	86,57	81,79	85,19 ± 1,71
Farinha Carne e Ossos 50%	86,53	85,82	84,77	85,71 ± 0,51
Farinha de Vísceras	88,05	89,09	74,55	83,90 ± 3,69
Media¹	87,48 ± 0,54 a	87,10 ± 0,69 a	82,34 ± 1,29 b	

Coeficiente de Variação = 2,95%. DMS (Diferença Mínima Significativa) = 1,99. * Contraste do alimento controle (calcário calcítico 1) vs a média do alimento testado pelo teste de Dunett (P<0.05). ¹ Media do método ± erro padrão da media.

Tabela 7. Coeficientes de cálcio retido (metodologias total e indicador) verdadeiro e de digestibilidade verdadeiro (indicador ileal) de cálcio, dos alimentos, utilizando diferentes metodologias, para frangos de corte

Alimentos	Coleta Total de Excretas (%)	Coleta de Excretas + Indicador	Coleta de Digesta Ileal + Indicador	Media (%)
Calcário Calcítico 1	85,98	84,75	81,77	84,17 ± 1,25
Calcário Calcítico 2	88,12	87,09	85,55	86,92 ± 0,75 *
Fosfato Bicálcico	87,87	86,08	83,82	85,93 ± 1,17
Fosfato Monobicálcico	87,11	87,12	81,08	85,10 ± 2,01
Calcário Dolomítico	90,84	90,96	86,06	89,29 ± 1,61 *
Farinha Carne e Ossos 40%	87,23	86,62	81,85	85,23 ± 1,70
Farinha Carne e Ossos 50%	86,55	85,95	84,96	85,82 ± 0,46
Farinha de Vísceras	88,08	89,16	74,88	84,04 ± 4,59
Media¹	87,72 ± 0,52 a	87,21 ± 0,70 a	82,50 ± 1,27 b	

Coeficiente de Variação = 3,19%. DMS (Diferença Mínima Significativa) = 2,16. * Contraste do alimento controle (calcário calcítico 1) vs a média do alimento testado pelo teste de Dunnett (P<0.05). ¹ Media do método ± erro padrão da media.

Não houve efeito significativo ($P < 0.05$) entre as metodologias: coleta total de excretas e coleta de excretas com indicador (CAI), no entanto o método de coleta digesta ileal com indicador (CAI), apresentou diferença significativa quando comparado aos outros métodos empregados.

O método de coleta digesta ileal com indicador, proporcionou uma redução de 4,5%, nos coeficientes de digestibilidade verdadeira (82,50%), em comparação ao método de coleta total de excretas (87,72 %) e coleta de excretas com indicador (CAI), (87,21%). Isto pode ser explicado pelo fato que transporte ativo de cálcio também ocorre no cólon e representa aproximadamente o 7% do transporte ativo do cálcio. Assim, o transporte de cálcio ativo é diretamente proporcional ao conteúdo de proteína Calbindin D9K, o ceco e o cólon (Bronner et al., 1998).

O método de coleta digesta ileal com indicador, proporcionou uma redução de 4,97%, tanto nos coeficientes de digestibilidade aparente, como nos coeficientes de digestibilidade verdadeiro (82,34 e 82,50% respectivamente), em comparação ao método de coleta total de excretas (87,21 e 87,72 % respectivamente) e coleta de excretas com indicador (CAI), (82,49 e 87,21% respectivamente).

Comparando os métodos de coleta total de excretas e de coleta digesta ileal com indicador, em estudos de digestibilidade, Halloran et al, (1972), verificou maior variação nos valores encontrados pela metodologia do indicador fecal. Assim, para ensaios de digestibilidade é recomendado o uso de coleta total de excretas, embora as maiorias dos estudos apresentem valores de digestibilidade maiores com o uso da cinza acida insolúvel (CAI) como indicador, que com o método de coleta total de excretas. A falta de padronização dos testes analíticos pode em parte explicar o fenômeno. Em frangos o método de coleta total se faz por meio da coleta total das excretas (aves excretam fezes e urina em conjunto), o que pode também explicar que os valores de digestibilidade aparente e verdadeiro, obtidos por este método, sejam maiores que os obtidos pelo método de coleta de digesta ileal com indicador, além de que a o 90% do cálcio que chega pelos túbulos renais é reabsorvido (Bronner et al., 1998).

No entanto o método que apresento maior facilidade de execução experimental foi o método de coleta de digesta ileal com indicador.

Os alimentos que apresentaram diferenças significativas nos coeficientes de digestibilidade aparente em relação ao calcário calcítico 1, foram o calcário dolomítico e o calcário calcítico 2, este pode ser explicado devido à grande variação da disponibilidade do cálcio nos alimentos, onde a composição química e a associação física do cálcio com outros componentes, forma em alguns casos compostos de baixa solubilidade e disponibilidade (McNaughton e Deaton, 1981; Nunes 1998).

O DGM e DPG do calcário calcítico 2 foram de 607 e 2,78 μm respectivamente. Segundo Guinotte et al. (1991), o efeito positivo das fontes de cálcio com partículas grandes está associado à sua ação mecânica, estimulando a dispersão de enzimas e de alimento nas primeiras porções do trato digestivo, facilitando a ação do suco digestivo.

O DGM e o DPG do calcário dolomítico foram de 432 e 1,85 μm respectivamente, indicando uniformidade nas partículas e como consequência aumento na solubilidade e uma melhor superfície de contato do HCl e maior concentração de cálcio (Muniz, et al. 2007).

O coeficiente de digestibilidade verdadeira do fosfato monobalcio é de 85,10%, foi estatisticamente igual ao calcário calcítico 1. Este valor é baixo comparado aos resultados obtidos por Blair et al. (1965), em estudos de balanço com frangos utilizando o carbonato de cálcio como padrão, encontrou valores para o fosfato tricalcico de 100%.

Os teores de cálcio total e cálcio digestível verdadeiro dos alimentos, obtidos através dos valores médios dos coeficientes de digestibilidade verdadeira, para frangos de corte encontram-se na tabela 8.

Tabela 8. Conteúdo de cálcio total (Ca total) e cálcio digestível verdadeiro (Cad) dos alimentos para frangos de corte

Alimentos	Ca total¹ (%)	Cad (%)
Calcário Calcítico 1	36,69	30,88
Calcário Calcítico 2	36,05	31,33
Fosfato Bicálcico	20,58	17,68
Fosfato Monobicálcico	18,32	15,59
Calcário Dolomítico	25,04	22,36
Farinha Carne e Ossos 40%	15,10	12,87
Farinha Carne e Ossos 50%	9,51	8,16
Farinha de Vísceras	5,40	4,54

¹Valores analisados

CONCLUSÕES

Não houve efeito significativo ($P < 0,05$), entre as metodologias de coleta total de excretas, coleta de excretas com indicador, entretanto o método de coleta de digesta ileal com indicador resulta em menores valores de digestibilidade do cálcio das fontes testadas (media -4,5%). No entanto o método que apresento maior facilidade de execução experimental foi o método de coleta de digesta ileal com indicador.

Os coeficientes de cálcio retido verdadeiro obtidos pelo método de coleta total de excretas foram: Calcário Calcítico 1, 85,98%; Calcário Calcítico 2, 88,12%; Fosfato Bicálcico, 87,87%, Fosfato Monobicálcico, 87,10%; Calcário Dolomítico, 90,84%; Farinha de Carne e Ossos (40%), 87,23%; Farinha de Carne e Ossos (50%), 86,55% e Farinha de Vísceras, 88,08%.

Os coeficientes de cálcio retido verdadeiro obtidos pelo método de coleta de excretas com indicador foram: Calcário Calcítico 1, 84,74%; Calcário Calcítico 2, 87,06%; Fosfato Bicálcico, 86,08%, Fosfato Monobicálcico, 87,12%; Calcário Dolomítico, 90,96%; Farinha de Carne e Ossos (40%), 86,62%; Farinha de Carne e Ossos (50%), 85,95% e Farinha de Vísceras, 89,16%.

Os coeficientes de digestibilidade verdadeiro obtidos pelo método de coleta de digesta ileal com indicador foram: Calcário Calcítico 1, 81,77%;

Calcário Calcítico 2, 85,55%; Fosfato Bicálcico, 83,82%, Fosfato Monobicálcico, 81,07%; Calcário Dolomítico, 86,06%; Farinha de Carne e Ossos (40%), 81,85%; Farinha de Carne e Ossos (50%), 84,96% e Farinha de Vísceras, 74,88%.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRIGUETTO JOSE MILTON, P. L., MINARDI ITALO, GEMAEAL ALAOR AND SIDNEY FLEMMING JOSE. 1999. Absorção Nutrição animal: Bases e fundamentos No. 1. p 68-116. Nobel.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analytical Chemists, 1990. Official Methods of Analysis, 15 th edn. AOAC, Washington, D.C.
- BOURDEAU JE, A. M. 1994. Calcium metabolism. In: M. Hill (ed.) In Maxwell & Kleeman's: Clinical disorders fluids and electrolytes metabolism. p 243-306.
- BRONNER, F. 1997. Calcium. In: B. L. O. D. a. R. A. Sunde (ed.) Handbook of nutritionally essential mineral elements. p 13-62, New York.
- BRONNER, F. 1998. Calcium absorption: A paradigm for mineral absorption. The Journal of Nutrition 128: 917-920.
- BRONNER, F., PANSU, D AND STEIN, W.D. 1986. An analysis of intestinal calcium transport across the rat intestine. The Journal Animal of Physiology 250: 561-569.
- EDWARDS JR., H. M. 1993. Dietary 1,25-dihydroxycholecalciferol supplementation increases natural phytate phosphorus utilization in chickens. The Journal of Nutrition 123: 567-577.
- FERNANDÉZ, J. A. 1995. Calcium and phosphorus metabolism in growing pigs. I. Absorption and balance studies. Livestock Production Science 41: 233-241.
- GUEGUEN, L. 1990. La disponibilité du calcium des aliments. Cahiers Nutrition Dietetic 25: 233-236.
- HALLORAN, H. R. 1972. A major problem in metabolizable energy. Determinations of feedstuffs for poultry. Feedstuffs 14: 38-39.
- HOENDEROP, J. G. J., BERND NILIUS, AND RENÉ J. M. BINDELS. 2005. Calcium absorption across epithelia. Physiological Reviews 85: 373-422.
- JOSLYN, M.A. 1970. Methods in food analysis (physical, chemical and instrumental methods of analysis). Nova Iorque e Londres: Academic Press.
- J. T. YEN, M. W. T., W. G. POND AND G. E. DICKERSON. 1983. Digestibility and metabolism of dietary nitrogen and energy in contemporary, genetically lean and obese pigs as estimated by total fecal collection and acid insoluble ash. Journal of Animal Science 56: 426-430.
- LINDSAY H, A. 1982. Calcium bioavailability and absorption: A review. The American Journal of Clinical Nutrition 35: 783-808.
- MAYNARD, L. A. L., J.K.; HINTZ, H.F. 1984. Nutrição animal. 3ed ed, Rio de Janeiro.
- MCDONALD, P. E., R.A.; GREENHALGH, J.F.D. 1993. Nutrición animal. Editorial Acribia S.A, Zaragoza.

- MCDOWELL, L. R. (Editor), 1992. Minerals in animal and human nutrition. Academic Press, New York, 523 pp.
- NUNES, I. J. 1998. Nutrição animal básica. 2ed ed. Ed. FEP-MVZ/UFMG, Belo Horizonte, MG.
- PANSU, F. B. E. D. 1999. Nutritional aspects of calcium absorption. The Journal of Nutrition 129: 9-12.
- ROSS, R. D. C., G.L.; STAHLY, T.S. 1984. Effects of source and the particle size on the biological availability of calcium in calcium supplements for growing pigs. Journal Animal Science 59: 125-134.
- ROSTAGNO, H. A., LFT. DONZELE, JL. GOMES, PC ET AL. 2005. Tabelas brasileiras para aves e suínos. 2da edição ed, Viçosa.
- SÁ, L. M. G., P.C.; ALBINO, L.F.T. ET.AL. 2004. Exigência nutricional de cálcio e sua biodisponibilidade em alguns alimentos para frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade. Revista Brasileira de Zootecnia 33: 157-168.
- SCOTT, M. L. N., M.C.; YOUNG, R.J. 1982. Nutrition of the chicken. 3 ed ed, New York: Ithaca.
- SILVA, D. J. 1998. Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- UNDERWOOD, E. J. S., N.F. 1999. Calcium Minerals in animal nutrition. p 67-104. CABI Publishing, New York.
- WERNER J. MUELLER, R. S. A. H. S. 1964. Calcium metabolism and skeletal dynamics of laying pullets. The Journal of Nutrition 84: 20-26.

Digestibilidade de Cálcio de Alimentos Avaliada em Suínos com Diferentes Métodos

RESUMO – Foram determinados os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeiro de cálcio de 9 alimentos, foram utilizados 22 suínos, mestiços machos castrados, alojados em gaiolas de metabolismo e distribuídos em delineamento experimental em blocos 2 X 10, sendo dois métodos: coleta total de fezes e do indicador fecal e 10 tratamentos (9 alimentos e uma ração basal), o indicador fecal utilizado foi a Cinza Ácida Insolúvel (CAI). Simultaneamente seis animais foram alimentados com uma ração contendo baixo conteúdo de cálcio para estimar as perdas endógenas e determinar os coeficientes de digestibilidade verdadeiro. Os coeficientes de digestibilidade verdadeiro de cálcio, obtidos pelos métodos de coleta total e pelo método de indicador fecal foram respectivamente: Calcário Calcítico 1, 84,80 e 87,33%; Calcário Calcítico 2, 84,19 e 86,32%; Fosfato Bicálcico, 79,36 e 84,55%; Fosfato Monobicálcico, 83,83 e 85,81%; Calcário Dolomítico, 85,65 e 87,39%; Farinha de Carne e Ossos (40%), 70,00 e 68,64%; Farinha de Carne e Ossos (50%), 66,92 e 68,03%; Farinha de Vísceras, 73,40 e 73,95%, Lactado de Cálcio, 95,10 e 97,33%. Não houve diferença significativa entre os dois métodos empregados: coleta total (80,36%) e do indicador fecal (84,04%), sendo o método de coleta total de fezes.

Palavras Chave: Cálcio, Cinza Ácida Insolúvel, Coleta Total, Digestibilidade, Suíno

Calcium Digestibility from Feedstuffs Using Different Methods For Pigs

ABSTRACT: The coefficients of apparent and true digestibility of calcium of 9 feedstuffs was determined, using 22 crossbred barrows, housed in metabolism cages and distributed in an experimental block design 2 X 10, two methods: total collection of feces and fecal indicator, three blocks and 10 treatments (9 feedstuffs and a basal diet). Simultaneously, six animals were fed a low content of calcium to estimate endogenous losses and be able to determine the feedstuffs true digestibility coefficients of calcium. The fecal indicator utilized was Acid Insoluble Ash (CAI). The average true digestibility coefficients of the total collection method and the method of fecal indicator were: Limestone 1, 86.06%, Limestone 2, 85.26%, Dicalcium Phosphate, 81.95%; Monocalcium Phosphate, 84,82%; Dolomitic Limestone, 86.52%; Meat and Bone Meal (40%), 68.32%; Meat and Bone Meal (50%), 67.48%; Poultry by-Product Meal, 73.68%, Calcium Lactate, 96.21%. There was no significant difference between the methods of total collection of feces and indicator.

Key words: Calcium, Acid Insoluble Ash, Total Collection, Digestibility, Pig

INTRODUÇÃO

O avanço do conhecimento na alimentação de monogástricos tem sido importante nos últimos anos. O melhoramento genético e a constante preocupação para reduzir os custos de produção assim como, a demanda especializada do consumidor, tem sido a principal causa, para o aprimoramento do conhecimento das características e limitações físicas e químicas das matérias primas usadas comumente na alimentação animal, e a revisão constante dos valores de biodisponibilidade, digestibilidade e exigências.

Os minerais compreendem cerca de 4% da composição corporal dos animais vertebrados sendo que o cálcio e o fósforo correspondem por mais da metade desta quantia. O cálcio é o mineral mais abundante no corpo animal, com aproximadamente 99% presente no esqueleto ósseo e dentes e o restante distribuído por fluidos e tecidos do corpo (Underwood 1981).

Os minerais possuem papel importante na nutrição animal, pois sua deficiência ou excesso impossibilita a expressão máxima do desempenho animal na fase de crescimento. A falta de conhecimento das características físico-químicas dos minerais usados na alimentação animal pode ser o motivo pelo qual, ocorre variabilidade nos resultados de exigência nutricional encontrada nos trabalhos de pesquisa com cálcio feito até o momento.

A absorção do cálcio ocorre ao longo de todo intestino delgado principalmente no duodeno e no jejuno tanto por difusão quanto pelo processo ativo. O mecanismo de absorção de cálcio a nível celular intestinal ocorre através da proteína de membrana denominada proteína transportadora de cálcio, a qual ativamente executa o carregamento de cálcio do lúmen para o citosol, enquanto os canais iônicos de condução de cálcio complementam o processo absorptivo nas vilosidades intestinais. Uma vez dentro do citoplasma celular, uma proteína fixadora de cálcio evita a formação de sais insolúveis intracelulares e através da membrana basolateral, por proteínas de transporte ativo e Ca ATPase, finaliza-se o destino metabólico do cálcio ou sua utilização pelo organismo (McDonald, 1993).

Os alimentos de origem vegetal constituem a base da alimentação em monogástricos e possuem teores de cálcio em níveis insuficientes para atender as exigências nutricionais dos animais. Desta forma, se faz necessário formular rações que atendam as exigências nutricionais dos animais e assim obter o máximo de desempenho econômico. A grande variação da disponibilidade do cálcio nos alimentos se deve principalmente a sua composição química e a associação física com outros componentes formando em alguns casos, compostos de baixa solubilidade e disponibilidade (Nunes, 1998)

Na atualidade o uso correto de cálcio na nutrição animal tem sido motivo de grande preocupação dos profissionais que atuam na área de nutrição de monogástricos, devido a que suas exigências são expressas em cálcio total, apresentam baixo custo e toxicidade, resultando em altos níveis nas rações para os animais. A consequência desta prática é que o cálcio em excesso pode agir como antagonista, formando quelatos insolúveis e dificultando a absorção dos outros minerais especialmente, fósforo, sódio, potássio, magnésio, ferro, cobre, zinco e manganês (McDonald, 1993).

Assim obtendo valores mais precisos dos ingredientes usados na formulação de rações pode-se obter um máximo desempenho produtivo e econômico dos animais. Ressaltando que estes valores serão só uma base para a formulação, pois existem outros fatores (genéticos, climáticos e de sanidade) que também afetam o desempenho animal e serão analisados na hora de fazer a formulação.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de determinar os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeiro do cálcio de alimentos utilizados em rações para suínos.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Setor da Suinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa no período de 15 de maio a 20 de julho de 2008. Foram usados 22 suínos mestiços, machos castrados,

distribuídos em um delineamento experimental em blocos 2 X 10, (2 métodos X 10 tratamentos), com seis repetições e três blocos, os tratamentos estavam compostos por 9 alimentos e uma ração basal.

Os animais foram alojados, individualmente, em gaiolas de metabolismo semelhantes às descritas por Pekas (1968), localizadas em prédio de alvenaria com piso de concreto, ripado nas laterais e coberto com telhas francesas, onde permaneceram por um período de 10 dias, sendo cinco dias de adaptação às gaiolas e às rações experimentais, e cinco dias de coleta de fezes.

Os métodos avaliados foram: coleta total de fezes e indicador fecal-Cinza Acida Insolúvel (CAI), utilizadas simultaneamente.

Utilizou-se uma ração basal, suplementada com aminoácidos sintéticos e contendo 0,072 do cálcio total, a modo de atender as exigências dos animais segundo Rostagno et al. (2005), exceto para cálcio (Tabela 1).

Tabela 1. Composição centesimal da ração basal.

<i>Ingrediente</i>	<i>Quantidade %</i>
Milho Moído	71,828
Farelo de soja (45%)	19,045
Óleo de Soja	1,500
Açúcar	3,000
Plasma Sanguíneo	2,500
Sal Comum	0,212
Suplemento vitamínico ²	0,065
Suplemento mineral ¹	0,100
DL-Metionina (99%)	0,022
L-Lisina HCl (99%)	0,153
Cloreto de colina	0,065
BHT	0,010
Indicador	1,000
Inerte	0,500
Total	100
<i>Composição Calculada</i>	
Arginina Dig.Suínos (%)	0,967
Cálcio (%)	0,072
Energia Met. Suínos (Mcal/Kg)	3,332
Fibra Bruta (%)	2,431
Fósforo Disponível (%)	0,103
Fósforo Total (%)	0,284
Lisina Dig. Suínos (%)	0,903
Met. + Cist. Dig. Suínos (%)	0,552

Metionina Dig. Suínos (%)	0,270
Potássio (%)	0,578
Proteína Bruta (%)	17,213
Sódio (%)	0,187
Treonina Dig. Suínos (%)	0,584
Triptofano Dig. Suínos (%)	0,193

¹ Composição por kg de mistura: Ferro, 180 g; Cobre, 20 g; Cobalto, 4 g; Manganês, 80 g; Zinco, 140 g; Iodo, 4 g;

² Composição por kg de mistura: Vitamina A, 9.000.000 UI; Vitamina D₃, 1.500.000 UI; Vitamina E, 10.000 UI; Vitamina B₁, 2 g; Vitamina B₂, 5 g; Vitamina B₆, 30 g; Ácido Pantotênico, 25 g; Vitamina K₃, 4 g, Vitamina B₁₂, 40 mg; Ácido Nicotínico, 40 g, Antioxidante, 30 g; Selenito de Sódio, 50 mg.

Os alimentos avaliados substituíram a ração basal, em quantidades variadas, de modo a fornecer 0,372% de Ca total. A percentagem de substituição da ração basal pelos alimentos e o conteúdo de cálcio total (calculado e analisado) das dietas experimentais encontra-se na Tabela 2.

Tabela 2. Percentagem de substituição da ração referência pelos alimentos e conteúdo de cálcio total (Cat), das dietas experimentais (matéria natural).

	Conteúdo Cálcio ¹	Cat Fornecido	Subst. do Alimento ²	Cat dieta Experim ³	Cat dieta Experim ⁴
Calcário Calcítico 1	36,69	0,30	0,781	0,372	0.370
Calcário Calcítico 2	36,05	0,30	0.781	0,372	0.398
Fosfato Bicálcico	20,58	0,30	1.225	0,372	0.402
Fosfato Monobicálcico	18,32	0,30	1.500	0,372	0.396
Calcário Dolomítico	25,04	0,30	1.613	0,372	0.353
F. Carne e Ossos (40%)	15,10	0,30	2.976	0,372	0.395
F. Carne e Ossos (50%)	9,51	0,30	3.290	0,372	0.409
Farinha de Vísceras	5,40	0,30	7.500	0,372	0.355
Lactato de cálcio	19,35	0.30	0.781	0,372	0.409

¹ Valores Analisados Lab. Nutrição DZO-UFV

² Substituição do alimento na matéria natural

³ Valores Calculados

⁴ Valores Analisados

A cada ração experimental foi adicionado 1% de cinza acida insolúvel (CAI), como indicador fecal, em substituição ao inerte. A quantidade de ração a ser fornecida a cada animal foi determinada em função do peso metabólico dos animais (kg^{0,75}). A alimentação foi fornecida em duas refeições diárias, às 8:00 e 17:00 hs e a água foi fornecida à vontade. Para determinar os valores de cálcio endógeno excretados nas fezes pelos suínos, foram utilizados 6 animais, alimentados com uma ração com baixo conteúdo de cálcio (0,01%), Tabela 3.

Tabela 3. Composição centesimal da ração baixo cálcio.

Ingrediente	Quantidade %
Milho Pré-cozido	90,000
Óleo de Soja	2,000
Amido	1,000
Carbonato de Potássio	0,650
Sal Comum	0,470
Suplemento vitamínico ²	0,100
Suplemento mineral ¹	0,050
DL-Metionina (99%)	0,051
L-Lisina HCl (99%)	0,322
L-Treonina (98,5%)	0,070
L-Valina (99%)	0,042
L-Arginina (99%)	0,217
Glicina	0,150
L-Triptofano (99%)	0,042
L-Isoleucina (99%)	0,028
BHT	0,010
Indicador	1,00
Cloreto de colina	0,100
Inerte	3,698
Total	100
Composição Calculada	
Arginina Dig. Suínos (%)	0,483
Cálcio (%)	0,018
Cloro (%)	0,345
Energia Met. Suínos (Mcal/Kg)	3,329
Fenilal. + Tir. Dig. Suínos (%)	0,540
Fenilalanina Dig. Suínos (%)	0,324
Fibra Bruta (%)	1,107
Fósforo Disponível (%)	0,054
Fósforo Total (%)	0,162
Glicina + Serina (%)	0,797
Histidina Dig. Suínos (%)	0,225
Isoleucina Dig. Suínos (%)	0,307
Leucina Dig. Suínos (%)	0,837
Lisina Dig. Suínos (%)	0,450
Met. + Cis. Dig. Suínos (%)	0,338
Metionina Dig. Suínos (%)	0,194
Potássio (%)	0,589
Proteína Bruta (%)	7,093
Sódio (%)	0,205
Treonina Dig. Suínos (%)	0,294
Triptofano Dig. Suínos (%)	0,087
Valina Dig. Suínos (%)	0,348
Acido Linoléico (%)	1,637

¹ Composição por kg de mistura: Ferro, 180 g; Cobre, 20 g; Cobalto, 4 g; Manganês, 80 g; Zinco, 140 g; Iodo, 4 g;

² Composição por kg de mistura: Vitamina A, 9.000.000 UI; Vitamina D₃, 1.500.000 UI; Vitamina E, 10.000 UI; Vitamina B₁, 2 g; Vitamina B₂, 5 g; Vitamina B₆, 30 g; Ácido Pantotênico, 25 g; Vitamina K₃, 4 g, Vitamina B₁₂, 40 mg; Ácido Nicotínico, 40 g, Antioxidante, 30 g; Selenito de Sódio, 50 mg.

As fezes excretadas no período de 24 horas foram coletadas em sacos plásticos e armazenadas em freezer (-18 °C) até o final do período de coleta (5 dias). Depois deste período as fezes foram descongeladas, homogeneizadas e secas em estufa ventilada a 55 °C, por um período de 72 horas. Posteriormente as amostras foram moídas e armazenadas em potes plásticos para sua análise.

As análises dos teores de matéria seca (MS), e cálcios totais foram realizados no laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia – UFV, de acordo com as metodologias descritas por Silva e Queiroz, (2002). Os análises do indicador foi feita de acordo com a metodologia descrita por Joselyn (1970), descrita no apêndice 16.

Foi determinado o consumo de alimento (g), o consumo de matéria seca (g), o consumo de cálcio total, da ração basal e do alimento (g), o cálcio fornecido pela ração basal e pelo alimento (%), o teor de cálcio nas rações e fezes (%), a excreção de cálcio (g), o fator de indigestibilidade (CAI: Cinza Acida Insolúvel), cálcio excretado pelos animais que receberam a dieta com baixo teor de cálcio (%) e cinzas. Estes dados foram utilizados nas equações adaptadas por Jongbloed & Kemme e (1990) Rostagno & Featherston (1977) para obtenção dos valores dos coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira de cálcio dos alimentos.

1. Método coleta total:

1.1. Coeficiente de Digestibilidade Aparente do Cálcio (CDACa)–
(Jongbloed & Kemme, 1990).

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

1.2. Coeficiente de Digestibilidade Verdadeira do Cálcio (CDVCa).

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

2. Método do indicador fecal (CAI):

2.1. Fator de indigestibilidade (FI).

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

2.2. Coeficiente de Digestibilidade Aparente do Cálcio (CDACa) -
(Adaptado de Rostagno & Featherston, 1977).

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

2.3. Coeficiente de Digestibilidade Verdadeira do Ca (CDVCa) -
(Adaptado de Rostagno & Featherston, 1977).

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

Onde:

Fle = Fator de indigestibilidade da dieta baixo cálcio.

Ca e = cálcio endógeno excretado.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância seguida do teste de Student-Newman-Keuls (SNK), para comparar as metodologias e o teste de Dunnett para comparar os alimentos usando o calcário calcítico 1 como contraste. Foi utilizado o pacote estatístico SAEG (UFV 2001), desenvolvido na Universidade Federal de Viçosa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura máxima e mínima média no período experimental foi de 16 e 22 °C respectivamente. Na tabela 4 são apresentados os valores referentes ao diâmetro geométrico médio (DMG), dos alimentos calculados segundo a metodologia descrita no Compendio Brasileiro de Alimentação Animal (AOAC), 2005.

Tabela 4. Valores do diâmetro geométrico médio (DMG) e do desvio padrão geométrico (DPG) dos alimentos.

Alimentos	DGM	DPG
Calcário Calcítico 1	607 µm	2,76
Calcário Calcítico 2	630 µm	2,78
Fosfato Bicálcico	660 µm	2,30
Fosfato Monobicálcico	593 µm	2,62
Calcário Dolomítico	432 µm	1,85
Farinha de Carne e Osso (40%)	584 µm	1,47
Lactato de Cálcio	384 µm	2,15

A excreção endógena obtida para suínos foi de 0,299 g/animal/dia (0,541 g/animal/Kg MS consumida). Fernandez, (1995), medindo a digestibilidade do cálcio radioativo estimou as perdas endógenas para suínos em 0,546 g/animal/dia (0,988 g/animal/Kg MS consumida), valor superior ao encontrado neste trabalho.

Os coeficientes de digestibilidade de cálcio da ração basal são apresentados na tabela 5.

Tabela 5. Coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) e verdadeiro (CDV) de cálcio da ração basal, utilizando diferentes métodos, para suínos

Método	CDA	CDV
Coleta Total	59,53	77,90
Indicador Fecal	86,88	88,58
Media (%)	73,21	83,24

O método que proporcionou menor valor nos coeficientes de digestibilidade verdadeira da ração basal em milho e soja foi o método de coleta total, com 68,71%, valor inferior aos obtidos com o método do indicador fecal, com 87,72%, obtendo uma redução de -27% em relação ao método de coleta total.

Os valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira do cálcio dos alimentos avaliados, para suínos em crescimento encontram-se nas tabelas 6 e 7.

Tabela 6. Coeficientes de digestibilidade aparente de cálcio dos diferentes alimentos, utilizando diferentes métodos, para suínos

Alimentos	Coleta Total (%)	Indicador Fecal (%)	Media (%)
Calcário Calcítico 1	84,79	87,02	85,91 ± 0,91
Calcário Calcítico 2	84,19	86,21	85,20 ± 0,83
Fosfato Bicálcico	79,35	84,54	81,95 ± 2,12
Fosfato Monobicálcico	83,83	85,13	84,48 ± 0,53
Calcário Dolomítico	85,64	87,19	86,41 ± 0,63
Farinha Carne e Ossos 40%	70,02	68,80	69,41 ± 0,50 *
Farinha Carne e Ossos 50%	66,91	67,81	67,36 ± 0,30 *
Farinha de Vísceras	73,39	73,80	73,59 ± 0,17 *
Lactato de Cálcio	95,10	97,11	96,11 ± 0,82 *
Media ¹	80,36 ± 2,96 a	81,96 ± 2,72 a	

Coeficiente de Variação = 6.18%. DMS (Diferença Mínima Significativa) = 5,02 * Contraste do alimento controle (calcário calcítico 1) vs a média do alimento testado significativo pelo teste de Dunnett (P<0.05). ¹ Media do método ± erro padrão da media

Tabela 7. Coeficientes de digestibilidade verdadeira de cálcio dos diferentes alimentos, utilizando diferentes métodos, para suínos

Alimentos	Coleta Total (%)	Indicador Fecal (%)	Media (%)
Calcário Calcítico 1	84,80	87,33	86,06 ± 1,03
Calcário Calcítico 2	84,19	86,32	85,26 ± 0,87
Fosfato Bicálcico	79,36	84,55	81,95 ± 2,12
Fosfato Monobicálcico	83,83	85,81	84,82 ± 0,81
Calcário Dolomítico	85,65	87,39	86,52 ± 0,71
Farinha Carne e Ossos 40%	68,00	68,64	68,32 ± 0,56 *
Farinha Carne e Ossos 50%	66,92	68,03	67,48 ± 0,39 *
Farinha de Vísceras	73,40	73,95	73,68 ± 0,22 *
Lactato de Cálcio	95,10	97,33	96,21 ± 0,91 *
Media ¹	80,14 ± 2,96 a	82,15 ± 2,76 a	

Coeficiente de Variação = 6.15%. DMS (Diferença Mínima Significativa) = 4,99 * Contraste do alimento controle (calcário calcítico 1) vs a média do alimento testado significativo pelo teste de Dunnett (P<0.05). ¹ Media do método ± erro padrão da media

Não houve efeito significativo entre os métodos de coleta total e do indicador fecal ($P < 0,05$), nos coeficientes de digestibilidade verdadeiro, sendo o método de coleta total a que proporcionou menor valor numérico (80,36%) em comparação ao método do indicador (CAI), com 84,04%.

Estes valores são similares aos apresentados por Ly et al. (2002), onde compararam o método direto de digestibilidade com o método do indicador com de cinza acida insolúvel (CAI), em suínos Mong Cai e Landrace, verificando que o método indireto proporcionou valores de coeficiente de digestibilidade verdadeiro ligeiramente maior do que o método direto.

No entanto, Sales e Janssens et al. (2003), ao analisar 45 trabalhos realizados com diferentes alimentos e animais, verificou que na maioria dos casos os resultados obtidos pelos dois métodos foram similares; em nove destes trabalhos o método de cinza acida insolúvel subestimou os coeficientes de digestibilidade e em 10 superestimou.

Yen et al. (1983), avaliaram se a seleção de carne magra ou a deposição de gordura em suínos tem influência sobre a digestão e utilização de nitrogênio e de energia dietética. Verificando que os coeficientes de digestibilidade do nitrogênio e de energia, obtidos pelo método de coleta total e de cinza insolúvel em ácido (CAI), foram semelhantes ($P > 0,05$).

Em comparação ao calcário calcítico o alimento que apresentou melhor digestibilidade foi o lactato de cálcio tanto no coeficiente de digestibilidade aparente como o coeficiente de digestibilidade verdadeira com 96,10 e 96,21%. Isso pode ser explicado pelo fato que o cálcio em presença de lactose forma um complexo o qual é altamente absorvível e ajuda na redução do pH intestinal devido a formação de ácidos por ação da fermentação das bactérias e inibição do metabolismo celular aeróbico (Lindsay, 1982).

O valor médio do coeficiente de digestibilidade aparente encontrado no calcário calcítico 1 (84,09%), foi superior ao apresentado por Fernandez et al, (1995), em experimentos onde avalio a digestibilidade do cálcio usando

isótopos radioativos encontrando valores de 65,0%, para a digestibilidade do carbonato de cálcio.

Os ingredientes que apresentarem menores coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira foram: farinha de carne e osso 40% (CDA 69,32% e CDV 69,41%), farinha de carne e osso 50% (CDA 67,36% e CDV 67,48%) e farinha de vísceras (CDA 73,67% e CDV 73,59%). Segundo Lindsay et al. (1982), o consumo elevado de proteínas esta relacionado com a diminuição na absorção de cálcio e o aumento de excreção pelo rim o que pode explicar os baixos coeficientes de digestibilidade encontrados nestes ingredientes.

Os teores de cálcio total e cálcio digestível verdadeiro dos alimentos, obtidos através dos valores médios dos coeficientes de digestibilidade verdadeira, para suínos encontram-se na tabela 8.

Tabela 8. Conteúdo de cálcio total (Ca total) e cálcio digestível verdadeiro (Cad) dos alimentos para suínos

	Ca total (%)	Cad (%)
Calcário Calcítico 1	36,69	31,58
Calcário Calcítico 2	36,05	30,74
Fosfato Bicálcico	20,58	16,87
Fosfato Monobicálcico	18,32	15,54
Calcário Dolomítico	25,04	21,66
Farinha Carne e Ossos 40%	15,10	10,32
Farinha Carne e Ossos 50%	9,51	6,42
Farinha de Vísceras	5,40	3,98
Lactato de Calcio	19,35	18,62

CONCLUSÕES

Não houve diferença significativa entre os dois métodos: coleta total e de indicador fecal (CAI), podendo ambos ser utilizados na determinação da digestibilidade do cálcio para suínos.

Os coeficientes de digestibilidade verdadeira pelo método de coleta total foram: Calcário Calcítico 1, 84,80%; Calcário Calcítico 2, 84,19%; Fosfato Bicálcico, 79,36%; Fosfato Monobicálcico, 83,83; Calcário Dolomítico, 85,65; Farinha de Carne e Ossos (40%), 70,00; Farinha de Carne e Ossos (50%), 66,92, Farinha de Vísceras, 73,40% e Lactato de Cálcio, 95,10%.

Os coeficientes de digestibilidade verdadeira pelo método do indicador-cinza ácida insolúvel (CAI), foram: Calcário Calcítico 1, 87,33%; Calcário Calcítico 2, 86,32%; Fosfato Bicálcico, 84,55%; Fosfato Monobicálcico, 85,81; Calcário Dolomítico, 87,39; Farinha de Carne e Ossos (40%), 68,64; Farinha de Carne e Ossos (50%), 68,03, Farinha de Vísceras, 73,95% e Lactato de Cálcio, 97,33%.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC. 1990. Official Methods of Analytical Chemists, 1990. Official Methods of Analysis, 15 th edn. AOAC, Washington, D.C.
- ANDRIGUETTO JOSE MILTON, P. L., MINARDI ITALO, GEMAEL ALAOR AND SIDNEY FLEMMING JOSE. 1999. Absorção Nutrição animal: Bases e fundamentos No. 1. p 68-116. Nobel.
- BOURDEAU JE, A. M. 1994. Calcium metabolism. In: M. Hill (ed.) In maxwell & kleeman's: Clinical disorders fluids and eletrolites metabolism. p 243-306.
- BRONNER, F. 1997. Calcium. In: B. L. O. D. a. R. A. Sunde (ed.) Handbook of nutritionally essential mineral elements. p 13-62, New York.
- BRONNER, F. 1998. Calcium absorption: A paradigm for mineral absorption. The Journal of Nutrition 128: 917-920.
- BRONNER, F., PANSU, D AND STEIN, W.D. 1986. An analysis of intestinal calcium transport across the rate intestine. The Journal Animal of Physiology 250: 561-569.
- EDWARDS JR., H. M. 1993. Dietary 1,25-dihydroxycholecalciferol supplementation increases natural phytate phosphorous utilization in chickens. The Journal of Nutrition 123: 567-577.
- FERNANDÉZ, J. A. 1995. Calcium and phosphorus metabolism in growing pigs. I. Absorption and balance studies. Livestock Production Science 41: 233-241.
- GUEGUEN, L. 1990. La disponibilité du calcium des aliments. Cahiers Nutrition Dietetic 25: 233-236.
- HOENDEROP, J. G. J., BERND NILIUS, AND RENE´ J. M. BINDELS. 2005. Calcium absorption across epithelia. Physiological Reviews 85: 373-422.
- JOSLYN, M.A. 1970. Methods in food analysis (physical, chemical and instrumental methods of analysis). Nova Iorque e Londres: Academic Press.

- LINDSAY H, A. 1982. Calcium bioavailability and absorption: A review. *The American Journal of Clinical Nutrition* 35: 783-808.
- MAYNARD, L. A. L., J.K.; HINTZ, H.F. 1984. *Nutrição animal*. 3ed ed, Rio de Janeiro.
- MCDONALD, P. E., R.A.; GREENHALGH, J.F.D. 1993. *Nutrición animal*. Editorial Acribia S.A, Zaragoza.
- MCDOWELL, L. R. (Editor), 1992. *Minerals in animal and human nutrition*. Academic Press, New York, 523 pp.
- NUNES, I. J. 1998. *Nutrição animal básica*. 2ed ed. Ed. FEP-MVZ/UFMG, Belo Horizonte, MG.
- PANSU, F. B. E. D. 1999. Nutritional aspects of calcium absorption. *The Journal of Nutrition* 129: 9-12.
- PEKAS, J. C. 1968. Versatile swine laboratory apparatus for physiologic and metabolic studies. *Journal of Animal Science* 27: 1303-1306.
- ROSS, R. D. C., G.L.; STAHLY, T.S. 1984. Effects of source and the particle size on the biological availability of calcium in calcium supplements for growing pigs. *Journal Animal Science* 59: 125-134.
- ROSTAGNO, H. A., LFT. DONZELE, JL. GOMES, PC ET AL. 2005. *Tabelas brasileiras para aves e suínos*. 2da edição ed, Viçosa.
- SILVA, D. J. 1998. *Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)*. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- UNDERWOOD, E. J. S., N.F. 1999. Calcium Minerals in animal nutrition. p 67-104. CABI Publishing, New York.
- WERNER J. MUELLER, R. S. A. H. S. 1964. Calcium metabolism and skeletal dynamics of laying pullets. *The Journal of Nutrition* 84: 20-26.

CONCLUSÃO GERAL

Existe diferença entre o método de coleta de digesta ileal e os outros métodos empregados: coleta total de excretas e coleta de excretas com indicador (CAI), para determinação da digestibilidade aparente e verdadeira de ingredientes em frangos de corte. O método coleta de digesta ileal, utilizando como indicador a cinza insolúvel em ácido (CAI), pode ser utilizado para avaliar a digestibilidade de cálcio.

Não houve diferença entre o método de coleta total de fezes e o método do indicador fecal (CAI), podendo ambas ser utilizadas na determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeiro do cálcio em suínos.

APÊNDICE

Apêndice 1: Valores Médios de balanço de cálcio e dos coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira de cálcio nas rações e nos alimentos para frangos de corte em crescimento.

	Rações								
	Basal	B+CC1	B+FB	B+FMB	B+CD	B+FCO 40%	B+FCO 50%	B+CC2	B+FV
Consumo matéria seca, g	622,88	689,09	654,89	616,34	652,84	676,82	631,89	662,51	576,78
Consumo cálcio total, g	0,735	2,782	2,414	2,410	2,601	3,817	2,699	2,642	2,964
Consumo cálcio alimento, g	-	1,975	1,650	1,694	1,843	3,041	1,978	1,866	2,334
Excreção de cálcio, g	0,112	0,324	0,313	0,326	0,277	0,508	0,373	0,303	0,380
Cálcio endógeno excretado, g	0,010	0,011	0,113	0,010	0,011	0,012	0,011	0,011	0,001
Cálcio ração, %	0,118	0,403	0,369	0,391	0,399	0,464	0,427	0,399	0,514
Coef. dig. apar.cálcio ração, %	84,55	88,35	86,82	86,34	89,35	86,68	86,00	88,60	87,22
Cons. cálcio. dig. apar.total, g	-	2,458	2,100	2,084	2,324	3,309	2,33	2,34	2,59
Cons. cálcio. dig. apar.alim, g	-	1,775	1,455	1,478	1,683	2,653	1,715	1,682	2,053
Coef. dig. apar.cálcio alim, %	-	89,91	86,38	87,19	91,36	87,04	86,71	88,93	87,91
Coef. dig. verd.cálcio ração, %	86,02	88,78	87,29	86,78	89,78	86,98	86,41	89,03	87,55
Cons. cálcio. dig. verd. total, g	-	2,470	2,112	2,095	2,335	3,320	2,336	2,350	2,595
Cons. cálcio. dig. verd. alim, g	-	1,776	1,455	1,478	1,683	2,654	1,716	1,682	2,053
Coef. dig. verd.cálcio alim, %	-	89,91	86,85	87,20	91,37	87,06	86,73	88,94	87,94

Valores obtidos considerando a metodologia de coleta de excretas total para frangos de corte na fase de crescimento

Apêndice 2: Valores Médios de balanço de cálcio e dos coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira de cálcio nas rações e nos alimentos para frangos de corte em crescimento

	Rações								
	Basal	B+CC1	B+FB	B+FMB	B+CD	B+FCO 40%	B+FCO 50%	B+CC2	B+FV
Cálcio Ração, %	0,118	0,393	0,340	0,348	0,420	0,462	0,509	0,326	0,478
Cálcio Excreta, %	0,013	0,150	0,137	0,139	0,198	0,164	0,046	0,331	0,212
FI (CAI) ¹	0,368	0,313	0,358	0,207	0,178	0,302	0,204	0,283	0,296
FI Endógena	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057
Coef. dig. apar.cálcio ração, %	87,26	88,04	85,54	86,745	91,591	89,326	97,772	71,259	86,853
Cálcio. dig. apar.total, %	-	2,252	2,352	2,104	3,233	3,490	2,234	1,910	2,008
Cálcio. dig. alimento, %	-	1,543	1,520	1,415	2,479	2,771	1,595	1,238	1,476
Coef. dig. apar. alimento, %	-	82,97	80,91	83,02	90,45	89,88	86,52	66,914	77,590
Coef. dig. verd.cálcio ração, %	86,02	84,32	88,36	87,12	92,37	86,73	91,34	83,303	94,07
Cálcio. dig. verd. total, %	-	2,157	2,429	2,113	3,260	3,389	2,087	2,232	2,175
Cálcio. dig. alim, %	-	1,519	1,681	1,492	2,485	2,680	1,457	1,570	1,650
Coef. dig. verd.cálcio alim, %	-	83,63	89,45	87,58	90,66	86,92	88,18	84,88	86,77

Valores obtidos considerando a metodologia de coleta de excretas total com indicador fecal (CAI), na fase de crescimento. FI = Fator de Indigestibilidade¹

Apêndice 3: Valores Médios de balanço de cálcio e dos coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira de cálcio nas rações e nos alimentos para frangos de corte em crescimento

	Rações								
	Basal	B+CC1	B+FB	B+FMB	B+CD	B+FCO 40%	B+FCO 50%	B+CC2	B+FV
Cálcio Ração, %	0,118	0,393	0,340	0,348	0,420	0,462	0,509	0,326	0,478
Cálcio Digesta, %	0,108	0,423	0,590	0,800	0,734	0,616	0,845	0,464	0,505
FI (CAI) ¹	0,296	0,310	0,147	0,205	0,201	0,281	0,156	0,300	0,303
FI Endógena	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057
Coef. dig. apar.cálcio ração, %	72,98	66,67	74,48	52,91	65,96	62,49	74,14	57,22	67,98
Cálcio. dig. apar.total, %	-	1,705	1,467	1,542	2,356	2,442	2,067	1,474	1,891
Cálcio. dig. alimento, %	-	1,162	0,937	1,002	1,788	1,838	1,501	1,139	1,300
Coef. dig. apar. alimento, %	-	63,972	69,606	50,672	66,302	59,616	74,476	62,638	65,825
Coef. dig. verd.cálcio ração, %	76,66	82,92	88,61	78,36	81,51	79,49	83,51	70,44	81,58
Cálcio. dig. verd. total, %	-	2,121	1,745	2,284	2,911	3,106	2,328	1,814	2,270
Cálcio. dig. alim, %	-	1,550	1,189	1,717	2,315	2,472	1,734	1,463	1,648
Coef. dig. verd.cálcio alim, %	-	85,36	84,30	86,14	85,84	80,17	86,03	80,425	83,468

Valores obtidos considerando a metodologia da coleta de digesta ileal com indicador fecal (CAI), para frangos de corte na fase de crescimento. FI = Fator de Indigestibilidade¹

Apêndice 4: Valores Médios de balanço de cálcio e dos coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira de cálcio nas rações e nos alimentos para suínos em crescimento

	Rações									
	Basal	B+CC1	B+FB	B+FMB	B+CD	B+FCO 40%	B+FCO 50%	B+CC2	B+FV	B+M
Consumo matéria seca, g	1078,28	1180,71	1304,91	1089,04	1775,47	1357,70	1779,33	1683,18	1435,67	1426,00
Consumo cálcio total, g	1,601	5,124	5,203	4,586	7,606	8,058	7,240	6,431	6,935	15,948
Consumo cálcio alimento, g	-	3,384	3,289	2,993	5,011	6,102	4,962	4,222	5,178	14,175
Excreção de cálcio, g	0,628	1,154	1,429	1,044	1,631	1,844	1,704	1,517	1,690	1,723
Cálcio endógeno excretado, g	0,264	0,289	0,320	0,267	0,435	0,332	0,388	0,367	0,313	0,310
Cálcio ração, %	0,149	0,434	0,399	0,421	0,428	0,593	0,457	0,429	0,542	1,258
Coef. dig. apar.cálcio ração, %	61,70	77,47	72,53	77,24	78,55	77,12	76,46	76,41	75,636	89,195
Cons. cálcio. dig. apar.total, g	-	3,970	3,774	3,542	5,974	6,214	5,536	4,914	5,245	14,225
Cons. cálcio. dig. apar.alim, g	-	2,896	2,593	2,560	4,374	5,007	4,130	3,551	4,161	13,131
Coef. dig. apar.cálcio alim, %	-	85,58	78,84	85,52	87,28	82,06	83,23	84,10	80,37	92,63
Coef. dig. verd.cálcio ração, %	78,19	83,11	78,67	83,06	84,27	81,24	81,82	82,12	80,15	91,14
Cons. cálcio. dig. verd. total, g	-	4,259	4,093	3,809	6,409	6,547	5,924	5,281	5,559	14,536
Cons. cálcio. dig. verd. alim, g	-	2,899	2,600	2,563	4,381	5,017	4,143	3,554	4,185	13,149
Coef. dig. verd.cálcio alim, %	-	85,64	78,96	85,65	87,418	82,22	83,49	84,17	80,82	92,76

Valores obtidos considerando a metodologia de coleta total para suínos na fase de crescimento

Apêndice 5: Valores Médios de balanço de cálcio e dos coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira de cálcio nas rações e nos alimentos para suínos em crescimento

	Rações									
	Basal	B+CC1	B+FB	B+FMB	B+CD	B+FCO 40%	B+FCO 50%	B+CC2	B+FV	B+M
Cálcio Ração, %	0,149	0,370	0,399	0,421	0,396	0,353	0,457	0,429	0,542	0,490
Cálcio Fezes, %	0,614	0,957	0,866	0,720	0,674	0,593	1,478	0,632	1,058	0,610
FI (CAI) ¹	0,047	0,067	0,125	0,045	0,050	0,292	0,053	0,095	0,096	0,081
FI Endógena	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007
Coef. dig. apar.cálcio ração, %	80,64	85,22	72,82	92,30	93,82	82,81	82,67	85,96	81,362	89,91
Cálcio. dig. apar.total, %	-	4,207	3,331	7,133	4,939	4,263	4,267	4,892	6,338	5,541
Cálcio. dig. alimento, %	-	2,683	1,964	4,952	3,803	2,917	2,856	3,107	4,623	3,948
Coef. dig. apar. alimento, %	-	82,29	67,93	78,20	68,38	78,88	80,73	82,15	79,49	91,19
Coef. dig. verd.cálcio ração, %	81,61	85,91	76,40	81,46	80,42	82,86	83,22	86,55	81,83	90,42
Cálcio. dig. verd. total, %	-	4,241	3,494	6,295	4,233	4,265	4,295	4,925	6,374	5,572
Cálcio. dig. alim, %	-	2,70	2,111	4,088	3,083	2,923	2,857	3,015	4,625	3,949
Coef. dig. verd.cálcio alim, %	-	82,79	73,03	81,07	79,77	79,06	80,76	83,11	79,54	91,20

Valores obtidos considerando a metodologia do indicador fecal-cinza ácida insolúvel (CAI), na fase de crescimento. FI = Fator de Indigestibilidade¹

Apêndice 6. ANOVA dos coeficientes de digestibilidade aparente (A) e verdadeira (B) de fontes de cálcio utilizados comumente em rações para frangos de corte na fase de crescimento.

Fontes de Variação	GL	QM A	QM B
Método	2	393.5087	398.8838
Tratamento	7	49.02792	51.43228
Método * Tratamento	14	34.03590	31.29382
Resíduo	120	6.393569	7.506257

Coeficiente de Variação: A = 2.952 %, B = 3.193%

Apêndice 7. Teste de DUNNETT dos coeficientes de digestibilidade aparente dos alimentos, utilizados em frangos de corte em crescimento.

Tratamento	Medias	5%
1	84,0947	
2	85,8097	
3	85,0214	
4	89,2030	*
5	85,1937	
6	85,7080	
7	86,2105	*
8	83,8957	

D (0,05, 120) = 2,370
DMS = 1,9976

Apêndice 8. Teste de SNK dos coeficientes de digestibilidade aparente dos métodos, utilizados em frangos de corte em crescimento.

Método	Medias	5%
1	87,4824	A
2	87,1008	A
3	82,3433	B

D (0,05, 120) = 3,36
DMS = 6,01

Apêndice 9. Teste de DUNNETT dos coeficientes de digestibilidade verdadeira dos alimentos, utilizados em frangos de corte em crescimento.

Tratamento	Medias	5%
1	84,1672	
2	85,9254	
3	85,1005	
4	89,2875	*
5	85,2311	
6	85,8219	
7	86,9179	*
8	84,0408	

D (0,05, 120) = 2,370
DMS = 2,1644

Apêndice 10. Teste de SNK dos coeficientes de digestibilidade verdadeira dos métodos, utilizados em frangos de corte em crescimento.

Método	Medias	5%
1	87,7239	A
2	87,2148	A
3	82,4959	B

D (0,05, 120) = 3,36

DMS = 6,51

Apêndice 11. ANOVA dos coeficientes de digestibilidade aparente (A) e verdadeira (B) dos métodos utilizados em rações para suínos na fase de crescimento.

Fontes de Variação	GL	QM A	QM B
Método	1	328.4764	364.8442
Bloco	2	71.79993	71.69224
Tratamento	8	775.3137	785.1109
Método * Tratamento	8	96.15062	96.77787
Resíduo	88	25.76702	25.58707

Coeficiente de Variação: A = 6.183 %, B = 6.154%

Apêndice 12. Teste de DUNNETT dos coeficientes de digestibilidade aparente dos alimentos, utilizados em suínos em crescimento.

Tratamento	Medias	5%
1	85,9070	
2	81,9478	
3	84,4793	
4	86,4129	
5	69,4113	*
6	75,8602	*
7	85,2019	
8	73,5936	*
9	96,1064	*

D (0,05, 88) = 2,421
DMS = 5,0169

Apêndice 13. Teste de SNK dos coeficientes de digestibilidade aparente dos métodos, utilizados em suínos em crescimento.

Método	Medias	5%
1	82,1023	A
2	80,3583	A

D (0,05, 88) = 2,80
DMS = 14,224

Apêndice 14. Teste de DUNNETT dos coeficientes de digestibilidade verdadeira dos alimentos, utilizados em suínos em crescimento.

Tratamento	Medias	5%
1	86,0629	
2	81,9535	
3	84,8229	
4	86,5200	
5	69,3254	*
6	75,9757	*
7	85,2568	
8	73,6773	*
9	96,2145	*

D (0,05, 88) = 2,421
DMS = 4,9993

Apêndice 15. Teste de SNK dos coeficientes de digestibilidade verdadeira dos métodos, utilizados em suínos em crescimento.

Método	Medias	5%
1	80,36301	A
2	84,03898	A

D (0,05, 88) = 2,88
DMS = 14,163

ANEXOS

DETERMINAÇÃO DE CINZAS E CINZA INSOLUVEL EM ACIDO (CAI), EM ALIMENTOS, UTILIZANDO A MUFLA

Material e Equipo:

- Cadinho de porcelana;
- Balança analítica;
- Dessecador;
- Mufla a 550°C;
- Espátula e pinça.

Procedimento:

Manipular o cadinho com a pinça, evitando o contato com as mãos, que podem passar-lhe umidade e gordura.

Aquecer o cadinho na mufla a 550°C, por meia hora. Esfriar em dessecador e pesar em balança analítica até 0,1 mg. Registrar o peso do cadinho vazio.

Pesar no cadinho 2 a 3g de amostra seca, em balança analítica, até 0,1mg.

Colocar o cadinho mais a amostra na mufla preaquecida a 550°C, esperando até que o material se torne branco ou cinza-claro. Essa é uma indicação de que a cinza está pronta.

Esfriar o material no dessecador por cerca de 20 a 30 minutos.

Pesar o material frio na balança analítica até 0,1 mg.

Trabalhar sempre em duplicata.

CINZA INSOLUVEL EM ACIDO

A determinação é feita da seguinte maneira:

- Adicionar 25 mL de HCL 10% no cadinho com a cinza.
- Cobrir com vidro de relógio e aquecer por 5 minutos.
- Filtrar num papel sem cinza e lavar com água quente.
- Colocar o filtro com o resíduo no cadinho e incinerar até a cinza ficar clara.
- Esfriar e pesar.