

Exigência de Fósforo Disponível e Efeito da Granulometria na Biodisponibilidade de Fósforo da Farinha de Carne e Ossos para Pintos de Corte¹

Irineu Brugalli², Dirceu Jorge da Silva³, Luiz Fernando Teixeira Albino³, Paulo Cezar Gomes³, Horacio Santiago Rostagno³, Martinho de Almeida e Silva⁴

RESUMO - O objetivo deste trabalho foi determinar a exigência nutricional de P disponível e o efeito da granulometria na biodisponibilidade de P da farinha de carne e ossos (FCO) para pintos de corte. Duzentos e cinquenta e 450 pintos Hubbard de 1 a 21 dias de idade, respectivamente, foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com cinco (exigência) ou nove (biodisponibilidade) tratamentos, cinco repetições e dez aves por unidade experimental. A exigência de P foi determinada por intermédio de uma ração basal com baixo conteúdo de P (0,15% Pdis), suplementada com cinco níveis de P proveniente do fosfato bicálcico. A disponibilidade de P foi estimada por intermédio da relação dos coeficientes de regressão, considerando o P do fosfato bicálcico como 100% disponível. Os valores estimados de exigência nutricional de P disponível, determinados com o modelo descontínuo LRP, variaram de 0,311 (0,104% P disponível/Mcal EM), para ganho de peso, a 0,426% (0,142% P dis./Mcal EM), para cinza na tíbia (g). Os valores médios de disponibilidade de P obtidos para a FCO com granulometria grossa, média e fina foram 106,50; 103,56; e 121,94%, respectivamente.

Palavras-chave: fósforo disponível, exigência de fósforo, granulometria, frangos de corte

Available Phosphorus Requirement and Effect of Particle Size on Phosphorus Bioavailability from Meat and Bone Meal for Broiler Chicks

ABSTRACT - The objective of this work was to determine the nutritional requirement of available P and the effect of the particle size in the P bioavailability from meat and bone meal for broiler chicks. Two hundred and fifty and 450 Hubbard broiler chicks from 1 to 21 days of age, respectively, were allotted to a completely randomized design, with five (requirement) or nine (bioavailability) treatments, with five replicates and ten birds per experimental unit. The P requirements was determined by means of a basal diet with low P level (.15% available P), supplemented with five levels of P from the dicalcium phosphate. The phosphorus availability was estimated using the relation of the regression coefficient, considering the P from the dicalcium phosphate as 100% available. The estimated nutritional requirement values of available P, determined with the Linear Response Plateau (broken line) ranged from .311% (.104% available P/Mcal ME), for weight gain, to .426% (.142% available P/Mcal ME), for tibia ash (g). The average P available values for meat and bone meal with large, medium and small particle size were 106.50, 103.56 and 121.94%, respectively.

Key Words: available phosphorus, phosphorus requirement, particle size, broiler

Introdução

O fósforo tem sido objeto de estudo de diversos trabalhos de pesquisa, por ter participação vital na manutenção, na produção, no desenvolvimento ósseo e em diversas outras funções do metabolismo dos animais, além de ser o elemento mineral de maior custo na alimentação animal. Em razão de sua considerável importância biológica e econômica, torna-se necessário estabelecer sua exigência nutricional para as aves, no intuito de maximizar seu desempenho a custo mínimo. Apesar de já existirem tabelas de exigências nutricionais para aves (ROSTAGNO et al., 1983; RHODIMET, 1993; e

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC, 1994), é de extrema importância a avaliação periódica dessas exigências, uma vez que a capacidade produtiva das aves vem melhorando a cada ano.

Os níveis de fósforo utilizados nas rações para atender as necessidades nutricionais das aves são divergentes na literatura. A exigência nutricional de fósforo para frangos de corte de 1 a 28 dias de idade, segundo ROSTAGNO et al. (1983), é de 0,167% P disponível (Pdis)/Mcal de energia metabolizável (EM). No entanto, ROSTAGNO et al. (1996) recomendam 0,150 P disponível/Mcal EM e o NRC (1994), 0,141% para o período de 0 a 3 semanas de idade.

¹ Parte da tese apresentada à UFV pelo primeiro autor para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

² Eng. Agrônomo, Estudante de Pós-Graduação em Zootecnia - UFV Viçosa, MG - 36570-000. Bolsista - CNPq.

³ Professor do Departamento de Zootecnia-UFV, Viçosa, MG - 36570-000. Bolsista - CNPq.

⁴ Professor da UFMG.

Considerando que as exigências nutricionais diminuem com o avanço da idade das aves, ROSTAGNO et al. (1996) apresentam uma equação para estimar a exigência de P dis. para frangos de corte: $\hat{Y} = 0,1646 - 0,00124x$, em que Y é a exigência de P dis./Mcal EM da ração e x, a idade média das aves.

Estabelecidos os requerimentos nutricionais das aves em relação ao fósforo, é preciso também conhecer os valores de sua disponibilidade nos alimentos, a fim de se formularem rações balanceadas com maior precisão, visando à maximização de seu desempenho e à minimização dos custos de produção.

O aparelho digestivo das aves é relativamente curto, quando comparado ao dos mamíferos, e a velocidade de passagem do bolo alimentar é relativamente rápida. Portanto, os processos de digestão e absorção devem ser muito eficientes (PENZ, 1992). Assim, o grau de moagem pode influenciar a eficiência da digestão dos alimentos, uma vez que a redução do tamanho de partículas aumenta a superfície de contato destas à ação dos agentes digestivos e, dessa forma, influencia a digestibilidade e a disponibilidade dos nutrientes (ZANOTTO et al., 1995a).

Trabalhando com pintos de corte, DE GROOTE et al. (1991) observaram que a disponibilidade de P da farinha de carne e ossos (FCO) variou de 82, para a granulometria mais grossa (0,78 mm), a 104%, para a mais fina (0,54 mm). De maneira semelhante, Mcnaughton (1992), citado por CROMWELL e COFFEY (1993), verificou que a disponibilidade de P da FCO variou de 65 a 85% para as granulometrias grossa e fina, respectivamente. No entanto, BURNELL et al. (1990) não observaram influência do tamanho de partículas (2,00; 1,25; 0,50; 0,18; e 0,05 mm) do fosfato desfluorizado na biodisponibilidade do cálcio e fósforo em pintos.

O presente trabalho foi realizado com objetivo de avaliar o efeito do tamanho de partículas sobre a disponibilidade biológica de P da FCO e estabelecer a exigência nutricional de fósforo disponível para pintos de corte de 1 a 21 dias.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Seção de Avicultura do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa. As aves foram alojadas em galpão de alvenaria. As temperaturas médias máximas e mínimas foram de 26,1 e 17,5°C, respectivamente, e a umidade relativa média do ar, de 60,1%.

Foram utilizados 250 e 450 pintos Hubbard de 1 a 21 dias de idade, respectivamente, para se determinar a exigência nutricional de P e o efeito da granulometria na biodisponibilidade de P, em delineamento experimental inteiramente ao acaso, com cinco (exigência) ou nove (biodisponibilidade) tratamentos, cinco repetições e dez aves por unidade experimental, sendo 50% macho e 50% fêmeas.

A fonte de fósforo estudada foi a FCO com três diferentes diâmetros geométricos médios (DGM) de partículas: fino (0,42 mm), médio (0,51 mm) e grosso (0,59 mm), sendo denominados, neste trabalho, de granulometria fina, média e grossa, respectivamente.

As análises físico-químicas dos ingredientes (Tabela 1) foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do DZO da UFV, segundo SILVA (1990) e as granulométricas (grossa, 0,59; média, 0,51; e fina, 0,42 mm de diâmetro geométrico médio - DMG), de acordo com LABORATÓRIO NACIONAL DE REFERÊNCIA ANIMAL-LANARA (1981). Nos cálculos das rações experimentais, foram considerados coeficientes de disponibilidade de P de 33% para o P de origem vegetal e 100% para o fosfato bicálcico, de acordo com ROSTAGNO et al. (1983). O caulim e o calcário foram substituídos proporcionalmente pelo fosfato bicálcico e pela FCO com diferentes granulometrias para obter os níveis de P desejados, mantendo o cálcio constante em 1,00%.

A ração basal, à base de milho e farelo de soja, suplementada com vitaminas e minerais, formulada para atender às exigências nutricionais de pintos de corte, de acordo com ROSTAGNO (1990), exceto para o fósforo disponível, que permaneceu deficiente, foi suplementada com cinco níveis de fósforo proveniente do fosfato bicálcico (0,0; 0,1; 0,2; 0,3; e 0,4%

Tabela 1 - Composição dos ingredientes (% MS)

Table 1 - Ingredients composition (% DM)

Ingrediente <i>Ingredient</i>	MS <i>DM</i>	PB <i>CP</i>	EE	Ca	P
Milho <i>Corn</i>	86,91	8,08	3,48	0,03	0,21
Farelo de soja <i>Soybean meal</i>	87,40	43,00	1,54	0,27	0,53
Farinha de carne e ossos <i>Meat and bone meal</i>	90,24	41,00	14,62	6,51	3,57
Fosfato bicálcico <i>Dicalcium phosphate</i>	-	-	-	22,60	18,46
Calcário <i>Limestone</i>	-	-	-	37,00	-

P), para se determinar a exigência e a disponibilidade de P da FCO nas diferentes granulometrias, que consistiram de outra ração basal (0,150% Pdis) sem suplementação e suplementada com dois níveis de P do fosfato bicálcico (0,10 e 0,20% P) e dois níveis de P (0,10 e 0,20% P) de cada granulometria da FCO, totalizando nove tratamentos (Tabela 2).

Nos cálculos das rações experimentais, os coeficientes de disponibilidade de fósforo no milho e farelo de soja foram de 33% e para o fosfato bicálcico, de 100%, de acordo com ROSTAGNO et al. (1983). O caulim e o calcário foram substituídos proporcionalmente pelo fosfato bicálcico para obter os níveis de fósforo desejados, mantendo o cálcio constante em 1,00%.

As aves receberam ração e água à vontade, durante todo período experimental. No início e no final do experimento as aves foram pesadas e a ração foi quantificada, para determinação de ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar e o consumo de P. Foram abatidas quatro aves, dois machos e duas fêmeas, de cada unidade experimental para retirada das tíbias direita e esquerda.

Após análise de resistência à quebra, os ossos foram secos em estufa, a 105°C, por 16 horas e, em seguida, desengordurados em aparelho extrator "Soxhlet" por cinco horas. Posteriormente, foram novamente colocados na estufa ventilada a 60°C, por 12 horas, para então realizar as pesagens dos ossos secos e desengordurados, que foram, em seguida, moídos em moinho de bola. Foram retiradas amostras e colocadas em mufla, a 600°C, durante quatro horas, para determinação dos teores de cinza e de fósforo dos ossos, conforme metodologias descritas por SILVA (1990).

As análises estatísticas das variáveis foram realizadas segundo o programa SAEG - Sistema de Análise Estatística e Genética (UFV, 1982). A comparação entre médias dos tratamentos foi feita pelo teste Newman-Keuls. A exigência nutricional de fósforo disponível foi determinada utilizando o modelo descontínuo LRP (Linear Response Plateau), segundo BRAGA (1983).

Por meio de regressão linear múltipla, usando ganho de peso, resistência à quebra da tíbia, peso da tíbia, cinza

Tabela 2 - Composição da ração basal (%)

Table 2 - Composition of basal diet (%)

Ingrediente	(%)
<i>Ingredient</i>	
Milho (<i>Corn</i>)	42,31
Farelo de soja (<i>Soybean meal</i>)	43,21
Óleo vegetal (<i>Vegetal oil</i>)	6,46
Fosfato bicálcico (<i>Dicalcium phosphate</i>)	0,25
Sal (<i>Salt</i>)	0,35
Mistura mineral ¹ (<i>Mineral premix</i>)	0,05
Mistura vitamínica ² (<i>Vitamin premix</i>)	0,10
DL-Metionina (<i>DL-Methionine</i>) 99%	0,18
Cloreto de colina (<i>Choline chloride</i>) 60%	0,10
Bacitracina de zinco (<i>Zinc bacitracin</i>) 10%	0,05
Coccidiostático (<i>Coccidiostatic</i>)	0,10
Antioxidante (<i>Antioxidant</i>)	0,01
Caulim (<i>Kaolin</i>)	4,61
Calcário (<i>Limestone</i>)	2,19
Fontes de fósforo (<i>Phosphorus sources</i>)	-
Amido (<i>Starch</i>)	-
<i>Calculated values</i>	
Proteína bruta (<i>Crude protein</i>), %	22,00
Energia metabolizável (<i>Metabolizable energy</i>) kcal/kg	3.000,00
Metionina + Cistina (<i>Methionine + cystine</i>), %	0,90
Lisina (<i>Lysine</i>) %	1,33
Cálcio (<i>Calcium</i>) %	1,00
Fósforo disponível (<i>Available phosphorus</i>), %	0,152

¹ Inicial (*Initial*): Fe, 100,0 g; Co, 2,0 g; Cu, 20,0 g; Mg, 160,0 g; Zn, 100,0 g; I, 2,0 g; Excipiente q.s.p., 500 g.

² Inicial (*Initial*): Vit. A, 10.000.000 UI; Vit. D₃, 2.000.000 UI; Vit. E, 30.000 UI; Vit. B₁, 2,0 g; Vit. B₂, 6,0 g; Vit. B₆, 4,0 g; Vit. B₁₂, 0,015 g; Ác. pantotênico (*Pantotenic acid*), 12,0 g; Biotina (*Biotin*), 0,1 g; Vit. K₃, 3,0 g; Ác. Fólico (*Folic acid*), 1,0 g; Ác. nicotínico (*Nicotinic acid*), 50,0 g; Se, 250,0 mg; excipiente q.s.p., 1000 g.

e P (% e g) na tíbia, como variáveis dependentes (y), e consumo de P dos tratamentos, como variáveis independentes (x), foram obtidas sete equações do tipo

$$y_i = a + b_1x_{1i} + b_2x_{2i} + b_3x_{3i} + b_4x_{4i} + b_5x_{5i},$$

em que x_1 é consumo de P basal; x_2 , consumo de P do fosfato bicálcico (FBI); x_3 , consumo de P da FCO grossa; x_4 , consumo de P da FCO média; e x_5 , consumo de P da FCO fina.

A disponibilidade biológica de P da FCO de diferentes granulometrias foi calculada pela relação dos coeficientes de regressão (Slope Ratio Technique), considerando o P do fosfato bicálcico com 100% de disponibilidade. Exemplo: $b_3(\text{FCO grossa})/b_2(\text{FBI}) \times 100 = \% b_1$ P disponível (FINNEY, 1968).

Resultados e Discussões

Exigência nutricional de fósforo disponível

Os resultados de desempenho das aves encontram-se na Tabela 3 e os das variáveis ósseas, nas Tabelas 4 e 5. Os maiores valores de ganho de peso ($P < 0,05$) foram os das aves alimentadas com rações suplementadas com 0,30 e 0,40% de fósforo do fosfato bicálcico. Os menores ganho e consumo de ração ($P < 0,05$) e a pior conversão alimentar ($P < 0,05$) foram obtidos com as aves que consumiram a ração basal, o que pode ser justificado pela deficiência dietética em fósforo disponível (0,15%). Para as características ósseas, apenas o P na tíbia em porcentagem foi maximizado com o nível 0,20% de P suplementar, enquanto as outras características só o foram com 0,30% de suplementação de P.

Os valores de exigência nutricional de P dis. das variáveis avaliadas, estimados pelo modelo descontínuo LRP, são apresentados na Tabela 5.

O valor de 0,311% (0,104% P dis./Mcal de EM), embora tenha sido suficiente para maximizar o ganho de peso das aves, não foi suficiente para otimizar a conversão alimentar. A exigência de P dis. estimada para ótima conversão alimentar foi de 0,378% (0,126% P dis./Mcal de EM) e a exigência média de P dis. para as variáveis de desempenho, 0,345% (0,115% P dis./Mcal de EM).

Considerando as variáveis ósseas, os valores de exigência nutricional de P dis. variaram de 0,392 (0,131% P dis./Mcal de EM), para o fósforo na tíbia em porcentagem, a 0,426% (0,142% P dis./Mcal de EM), para cinza na tíbia em gramas. A exigência média de P dis. para as variáveis ósseas foi de 0,409% (0,137% P dis./Mcal de EM). Os valores de exigência de P dis. foram maiores para as variáveis

ósseas em relação às de desempenho, que estão de acordo com diversos trabalhos de pesquisa (GOMES et al., 1993 e 1994; LIMA, 1995b).

Com base em todas as variáveis estudadas, a exigência de P dis. para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade foi de 0,426% (0,142% P dis./Mcal de EM). Recomenda-se o maior nível de exigência de P dis. (0,426%), obtido com a variável cinza na tíbia em gramas, uma vez que atende todas as demais variáveis estudadas. Este resultado é semelhante aos citados por ROSTAGNO et al. (1996) e pela RHODIMET (1993), que recomendam 0,150 e 0,140% P dis./Mcal de EM para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade, respectivamente, e pelo NRC (1994), que recomenda 0,141% P dis./Mcal de EM para frangos de 0 a 3 semanas, porém é inferior ao citados por ROSTAGNO et al. (1983), que recomendam 0,167% P dis./Mcal de EM para frangos de 1 a 28 dias de idade.

É importante salientar que, na prática, a escolha da exigência nutricional adequada vai depender da interpretação dos resultados pelo nutricionista, ou seja, verificar as condições com que foi definida a exigência, como condições experimentais e critérios utilizados.

Efeito da granulometria na biodisponibilidade de fósforo da farinha de carne e ossos

Os resultados de desempenho das aves encontram-se na Tabela 3. Dentro do mesmo nível da fonte de origem orgânica com diferentes granulometrias, não houve diferença significativa para ganho de peso, apesar de a FCO fina apresentar maior valor em relação à FCO média e à FCO grossa. Considerando o nível 0,10% de P suplementar, observaram-se valores inferiores ($P < 0,05$) de consumo de ração das farinhas em relação ao fosfato bicálcico e, considerando a mesma fonte e a mesma granulometria, o menor consumo foi obtido com aves que consumiram a ração com menor suplementação de P.

A pior conversão alimentar ($P < 0,05$) foi obtida com as aves que consumiram a ração basal, seguida do tratamento com 0,10% de P suplementar do fosfato bicálcico. Os demais tratamentos não diferiram ($P > 0,05$).

Diversos pesquisadores encontraram efeito benéfico da redução no tamanho das partículas dos ingredientes sobre o desempenho de pintos de corte, como DOUGLAS et al. (1990), trabalhando com milho e sorgo, LOTT et al. (1992) e NIR et al. (1994b), com milho. Também GUINOTTE et al. (1991), utilizando fonte inorgânica como suplemento de cálcio, observaram relação positiva entre características de desempenho das aves e aumento do grau

Tabela 3 - Efeito da fonte e do nível de suplementação de P sobre o desempenho de pintos de corte, de 1 a 21 dias de idade¹
Table 3 - Effect of source and level P supplementation on performance of broiler chicks, from 1 to 21 days old¹

Dieta <i>Diet</i>	P (%)		Ganho de peso (g/ave) <i>Weight gain (g/bird)</i>	Consumo ração (g/ave) <i>Feed intake (g/bird)</i>	Conversão alimentar <i>Feed:gain ratio</i>
	Supl. <i>Suppl.</i>	Total			
			Exigência <i>Requirement</i>		
Ração basal (B) <i>Basal diet</i>	-	0,365 (0,15) ²	352,69 ^E	764,63 ^D	2,19 ^A
B + Fosfato bicálcico <i>B + Dicalcium phosphate</i>	0,10	0,465 (0,25)	549,69 ^D	1039,69 ^{AB}	1,89 ^B
	0,20	0,565 (0,35)	638,13 ^C	1092,78 ^{AB}	1,71 ^C
	0,30	0,665 (0,45)	689,58 ^A	1119,20 ^A	1,62 ^C
	0,40	0,765 (0,55)	681,82 ^{AB}	1109,20 ^A	1,63 ^C
CV (%)			4,40	5,64	5,99
			Disponibilidade <i>Availability</i>		
Ração basal (B) <i>Basal diet</i>	-	0,365 (0,15) ²	352,69 ^E	764,63 ^D	2,19 ^A
B + Fosfato bicálcico <i>B + Dicalcium phosphate</i>	0,10	0,465 (0,25)	549,69 ^D	1039,69 ^{AB}	1,89 ^B
	0,20	0,565 (0,35)	638,13 ^C	1092,78 ^{AB}	1,71 ^C
B + FCO grossa <i>B + MBM coarse</i>	0,10	0,465	546,08 ^D	914,20 ^C	1,68 ^C
	0,20	0,565	628,55 ^C	1002,16 ^B	1,60 ^C
Média <i>Medium</i>	0,10	0,465	544,20 ^D	915,20 ^C	1,68 ^C
	0,20	0,565	631,30 ^C	1016,60 ^{AB}	1,61 ^C
Fina <i>Fine</i>	0,10	0,465	519,52 ^D	904,60 ^C	1,74 ^C
	0,20	0,565	649,94 ^{BC}	1054,00 ^{AB}	1,62 ^C
CV (%)			4,40	5,64	5,99

¹ Médias, na coluna, seguidas de letras diferentes são diferentes (P<0,05) pelo teste Newman-Keuls.

² Fósforo disponível.

¹ Means, within a column, followed by different letters are different (P<.05) by Newman-Keuls test.

² Available phosphorus.

de moagem da fonte de cálcio, justificando o efeito positivo das partículas finas na retenção de cálcio pelo aumento na solubilidade do cálcio induzido pelas partículas menores.

No entanto, NIR et al. (1994a) observaram melhores resultados no desempenho de pintos com o aumento no tamanho das partículas do milho, trigo e sorgo. Por outro lado, REECE et al. (1986) e ZANOTTO et al. (1994), trabalhando com pintos de corte e diferentes graus de moagem do milho, não verificaram efeito significativo da granulometria.

Os dados obtidos dos teores de cinza e P na tíbia, em % e g, encontram-se na Tabela 4. Considerando as diferentes granulometrias da FCO e o nível 0,20% de P suplementar, foram obtidos maiores valores (P<0,05) de cinza (% e g) e P na tíbia (g) com a FCO fina, comparados aos valores obtidos com FCO média e grossa. Estes resultados estão de acordo com os

registrados na literatura, em que os dados de desempenho e características ósseas das aves (DOUGLAS et al., 1990; DE GROOTE et al., 1991; e LOTT et al., 1992) e dos suínos (LIMA et al., 1990; ZANOTTO et al., 1995b) são melhorados com a redução do tamanho de partículas dos alimentos testados. Contudo, BURNELL et al. (1990), trabalhando com fonte inorgânica de P, não observaram efeito do tamanho de partículas no desempenho de frangos de corte.

A melhoria dos resultados com a redução da granulometria pode ser atribuída, em parte, à maior eficiência na digestão dos alimentos, uma vez que a redução no tamanho de partículas aumenta a superfície de contato destas às ações das secreções digestivas, além de a eficiência ser influenciada pela taxa de passagem do alimento por intermédio trato gastrointestinal das aves (ZANOTTO et al., 1995a).

A disponibilidade relativa de P da FCO e as equa-

Tabela 4 - Efeito da fonte e do nível de suplementação de P sobre as características ósseas de pintos de corte, de 1 a 21 dias de idade¹Table 4 - Effect of source and level P supplementation on bony characteristics of broiler chicks, 1 to 21 days old¹

Dieta <i>Diet</i>	P (%)		Resist. à quebra (Kgf/mm) <i>Fracture resistance (kgf/mm)</i>	Cinza na tíbia <i>Ash of tibia</i>		
	Supl. <i>Suppl.</i>	Total		(%)	(g)	
Exigência (<i>Requeriment</i>)						
Ração basal (B) <i>Basal diet</i>	-	0,365 (0,15) ²	2,28 ^D	26,81 ^E	1,44 ^E	
B + Fosfato bicálcico <i>B + Dicalcium phosphate</i>	0,10	0,465 (0,25)	5,87 ^C	32,79 ^D	2,40 ^D	
	0,20	0,565 (0,35)	9,93 ^B	38,83 ^{BC}	3,37 ^C	
	0,30	0,665 (0,45)	14,34 ^A	41,58 ^A	4,18 ^A	
	0,40	0,765 (0,55)	12,09 ^B	41,21 ^A	4,00 ^A	
CV (%)			19,73	3,07	5,10	
Disponibilidade (<i>Availability</i>)						
Dieta <i>Diet</i>	P (%)		Cinza da tíbia <i>Ash of tibia</i>		P da tíbia <i>P of tibia</i>	
	Supl. <i>Suppl.</i>	Total	(%)	(g)	(%)	(g)
Ração basal (B) <i>Basal diet</i>	-	0,365 (0,15) ²	26,81 ^E	1,44 ^E	3,86 ^F	0,21 ^E
B + Fosfato bicálcico <i>B + Dicalcium phosphate</i>	0,10	0,465 (0,25)	32,79 ^D	2,40 ^D	5,22 ^{DE}	0,38 ^D
	0,20	0,565 (0,35)	38,83 ^{BC}	3,37 ^C	6,05 ^{ABC}	0,53 ^C
B + FCO grossa <i>B + MBM coarse</i>	0,10	0,465	31,93 ^D	2,33 ^D	4,69 ^E	0,34 ^D
	0,20	0,565	37,54 ^C	3,21 ^C	5,86 ^{BC}	0,50 ^C
Média <i>Medium</i>	0,10	0,465	30,91 ^D	2,23 ^D	4,86 ^E	0,35 ^D
	0,20	0,565	37,82 ^C	3,22 ^C	5,71 ^{CD}	0,49 ^C
Fina <i>Fine</i>	0,10	0,465	32,26 ^D	2,34 ^D	5,11 ^{DE}	0,37 ^D
	0,20	0,565	39,98 ^{AB}	3,65 ^B	6,38 ^{ABC}	0,58 ^B
CV (%)			3,07	5,10	7,36	8,41

¹ Médias, na coluna, seguidas de letras diferentes são diferentes (P<0,05) pelo teste Newman-Keuls.² Fósforo disponível.¹ Means, within a column, followed by different letters are different (P<.05) by Newman-Keuls test.² Available phosphorus.

ções de regressão linear múltipla e respectivos coeficientes de determinação (r^2) apresentam-se na Tabela 6.

Para ganho de peso, a FCO grossa apresentou maior disponibilidade relativa de fósforo comparada à FCO média e fina. Entretanto, GOMES (1995) recomenda considerar o ganho de peso associado a uma ou mais características ósseas na determinação da disponibilidade de P, uma vez que o ganho de peso não é medida precisa da utilização de P.

Nas variáveis ósseas, a disponibilidade de P foi

maior na FCO fina, comparada à disponibilidade das FCO média e grossa. Estas observações estão de acordo com as pesquisas realizadas com pintos (DOUGLAS et al., 1990; GUINOTTE et al., 1991; LOTT et al., 1992; e Mcnaughton, 1992, citado por CROMWELL e COFFEY, 1993) e suínos (LIMA et al., 1990; ZANOTTO et al., 1995b). Dependendo da variável óssea, a disponibilidade de P da FCO fina variou de 111,56 a 126,99%, a qual está acima do fosfato bicálcico utilizado como padrão 100%, que

está de acordo com LIMA (1995a). DE GROOTE et al. (1991) e CROMWELL e COFFEY (1993), entretanto, obtiveram valores menores para as fontes de P de origem orgânica que o fosfato bicálcico.

Considerando todas as variáveis, o menor valor de disponibilidade de P foi 91,74%, obtido com o P na tibia (%) na FCO média, e o maior valor, 134,70%, obtido com o ganho de peso na FCO grossa. Exceto para resistência à quebra, a FCO média apresentou valores menores de disponibilidade de P em relação à FCO grossa em todas as variáveis.

Os valores de disponibilidade de fósforo obtidos para a FCO com granulometrias grossa, média e fina foram, em média, 106,50; 103,56; e 121,94%, respec-

tivamente. De fato, constatou-se grande variação na disponibilidade de P da farinha de carne e ossos, em razão dos diferentes tamanhos de partículas, estando de acordo com Mcnaughton (1992), citado por CROMWELL e COFFEY (1993), que obteve valores de 65 e 85% de disponibilidade de P para a farinha de carne e ossos com granulometrias grossa e fina, respectivamente. De maneira semelhante, DE GROOTE et al. (1991) observaram que a disponibilidade de P da farinha de carne e ossos rica em gordura (12,46%) foi de 81% para a granulometria mais grossa e 92% para a mais fina, enquanto para a farinha de carne e ossos com menor teor de gordura (6,16%), 82 e 104% para as granulometrias mais

Tabela 5 - Fonte, nível de suplementação de P e exigência de P disponível de pintos de corte de 1 a 21 dias de idade
Table 5 - Source, level of the P supplementation and available P requirement of broiler chicks from 1 to 21 days of age

Dieta <i>Diet</i>	P (%)		Peso da tibia <i>Weight of tibia</i> (g)	P da tibia <i>P of tibia</i>	
	Supl. <i>Suppl.</i>	Total		(%)	(g)
Ração basal (B) <i>Basal diet</i>	-	0,365 (0,15) ²	5,37 ^E	3,86 ^F	0,21 ^E
B + Fosfato bicálcico <i>B + Dicalcium phosphate</i>	0,10	0,465 (0,25)	7,32 ^D	5,22 ^{DE}	0,38 ^D
	0,20	0,565 (0,35)	8,69 ^{BC}	6,05 ^{ABC}	0,53 ^C
	0,30	0,665 (0,45)	10,05 ^A	6,49 ^{AB}	0,65 ^A
	0,40	0,765 (0,55)	9,71 ^A	6,70 ^A	0,65 ^A
CV (%)			4,61	7,36	8,41
Variáveis <i>Variable</i>	Regressão <i>Regression</i>	Platô <i>Plateau</i>	Exigência (<i>Requirement</i>)		R ²
			%	% /Mcal EM	
Desempenho (<i>Performance</i>)					
Ganho de peso (g/ave) <i>Weight gain (g/bird)</i>	$\hat{Y} = 57,198 + 1,969,957X$	669,843	0,311	0,104	0,87
Conversão alimentar <i>Feed:gain ratio</i>	$\hat{Y} = 2,523 - 2,370X$	1,627	0,378	0,126	0,75
Média (<i>Mean</i>)			0,345	0,115	
Ósseas (<i>Bony</i>)					
Resistência à quebra (kgf/mm) <i>Fracture resistance (kgf/mm)</i>	$\hat{Y} = -3,969 + 40,234X$	12,088	0,399	0,133	0,90
Peso da tibia (g) <i>Weight of tibia</i>	$\hat{Y} = 3,239 + 15,395X$	9,712	0,421	0,140	0,92
Cinza na tibia (%) <i>Ash of tibia</i>	$\hat{Y} = 17,788 + 60,100X$	41,393	0,393	0,131	0,96
Cinza na tibia (g) <i>Ash of tibia</i>	$\hat{Y} = 0,094 + 9,183X$	4,002	0,426	0,142	0,98
P na tibia (%) <i>P of tibia</i>	$\hat{Y} = 2,304 + 10,950X$	6,593	0,392	0,131	0,82
P na tibia (g) <i>P of tibia</i>	$\hat{Y} = -0,027 + 1,597X$	0,651	0,425	0,142	0,90
Média (<i>Mean</i>)			0,409	0,137	

¹ Médias, na coluna, seguidas de letras diferentes são diferentes (P<0,05) pelo teste Newman-Keuls.

² Fósforo disponível.

¹ Means, within a column, followed by different letters are different (P<.05) by Newman-Keuls test.

² Available phosphorus.

Tabela 6 - Disponibilidade relativa de P, considerando as diferentes variáveis (%)¹
 Table 6 - Relative P availability, considering the different variables¹

Variável Variable	Fosfato bicálcico Dicalcium phosphate	Fonte Source		
		Farinha de carne e ossos Meat and bone meal		
		Grossa Coarse	Média Medium	Fina Fine
Ganho de peso (g) ² Weight gain	100,00	134,70	130,60	125,66
Resistência à quebra (kgf/mm) ³ Fracture resistance	100,00	101,01	104,31	123,34
Peso da tíbia (g) ⁴ Weight of tibia	100,00	114,33	109,37	126,99
Cinza na tíbia (%) ⁵ Ash of tibia	100,00	97,27	94,78	111,56
Cinza na tíbia (g) ⁶ Ash of tibia	100,00	101,29	98,38	117,51
P na tíbia (%) ⁷ P of tibia	100,00	96,59	91,74	124,44
P na tíbia (g) ⁸ P of tibia	100,00	100,32	95,71	124,10
Média (Mean)	100,00	106,50	103,56	121,94

¹ Valores calculados considerando o P proveniente do fosfato bicálcico com 100% de disponibilidade.

¹ Calculated values considering the P of the dicalcium phosphate with 100% available.

² $\hat{Y} = 143,039 + 89,395x_1 + 63,160x_2 + 85,074x_3 + 82,488x_4 + 79,365x_5$ $r^2 = 0,89$

³ $\hat{Y} = 2,102 - 0,033x_1 + 3,646x_2 + 3,683x_3 + 3,804x_4 + 4,497x_5$ $r^2 = 0,81$

⁴ $\hat{Y} = 4,269 + 0,497x_1 + 1,111x_2 + 1,270x_3 + 1,215x_4 + 1,410x_5$ $r^2 = 0,89$

⁵ $\hat{Y} = 27,627 - 0,304x_1 + 5,720x_2 + 5,567x_3 + 5,422x_4 + 6,381x_5$ $r^2 = 0,93$

⁶ $\hat{Y} = 1,412 + 0,016x_1 + 0,868x_2 + 0,879x_3 + 0,854x_4 + 1,020x_5$ $r^2 = 0,95$

⁷ $\hat{Y} = 3,208 + 0,267x_1 + 0,832x_2 + 0,804x_3 + 0,764x_4 + 1,036x_5$ $r^2 = 0,77$

⁸ $\hat{Y} = 0,148 + 0,024x_1 + 0,131x_2 + 0,131x_3 + 0,125x_4 + 0,162x_5$ $r^2 = 0,90$

grossa e mais fina, respectivamente.

As variações encontradas nos resultados de disponibilidade de P dentro de cada granulometria da FCO podem ser atribuídas, em parte, às variáveis utilizadas, enquanto as diferenças encontradas entre as diferentes granulometrias da FCO, principalmente, ao tamanho de partículas, uma vez que este é um dos fatores que influenciam a eficiência da digestão dos alimentos.

Conclusões

A exigência nutricional de fósforo disponível recomendada para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade foi de 0,426% P dis. (0,142% P dis./Mcal EM), determinada pelo modelo descontínuo LRP.

Os valores de disponibilidade média de P obtidos para FCO com granulometrias grossa, média e fina foram 106,50; 103,56; e 121,94%, respectivamente, e a cada 0,10 mm de aumento no diâmetro geométrico médio das partículas houve redução de 9,0% na disponibilidade de P da FCO.

Constatou-se grande variação nos valores de disponibilidade de P da FCO, quando comparados aos

da literatura. Portanto, torna-se necessária a padronização físico-química da FCO, a fim de obter maior confiabilidade aos valores nutricionais utilizados pelos nutricionistas na formulação de rações.

Referências Bibliográficas

- BRAGA, J.M. *Avaliação da fertilidade do solo: ensaios de campo*. Viçosa, MG: UFV, 1983. 101p.
- BURNELL, T.W., CROMWELL, G.L., STAHLY, T.S. 1990. Effects of particle size on the biological availability of calcium and phosphorus in defluorinated phosphate for chicks. *Poult. Sci.*, 69:1110-1117.
- CROMWELL, G.L., COFFEY, R.D. An assesment of the bioavailability of phosphorus in feed ingredients for nonruminants. In: MARILAND NUTRITION CONFERENCE, 1993, Mariland. *Anais...* Mariland: University of Mariland, 1993. p.146-158.
- DE GROOTE, G., KETELS, P., SEYNAEVE, P. Relative bioavailability of phosphorus in meat meals as influenced by particle size. In: INTERNATIONAL POULTRY CONGRESS, 6, 1991, Istanbul. *Proceedings...* Istanbul: [s.n.], 1991. p.1-11.
- DOUGLAS, J.H., SULLIVAN, T.W., BOND, P.L. et al. 1990. Influence of grinding, rolling and pelleting on the nutritional value of grain sorghums and yellow corn for broilers. *Poult. Sci.*, 69(12):2150-2156.

- FINNEY, D.J. 1968. *Experimental design and statistical basis*. Chicago: University of Chicago, 169p.
- GOMES, P.C. 1995. Fontes não convencionais de fósforo para suínos e aves. *Circular Técnica*, 17:5-25.
- GOMES, P.C., GOMES, M.F.M., ALBINO, L.F.T. et al. 1994. Exigência de fósforo disponível para frangos de corte nas fases de crescimento e terminação. *R. Soc. Bras. Zootec.*, 23(4):615-622.
- GOMES, P.C., GOMES, M.F.M., LIMA, G.J.M.M. et al. 1993. Exigência de fósforo e sua disponibilidade nos fosfatos monoamônio e monocálcico para frangos de corte até 21 dias de idade. *R. Soc. Bras. Zootec.*, 22(5):755-763.
- GUINOTTE, F., NYS, Y., MONREDON, F. 1991. The effects of particle size and origin of calcium carbonate on performance and ossification characteristics in broiler chicks. *Poult. Sci.*, 70(9):1908-1920.
- LIMA, F.R. 1995b. Quantidade e qualidade do fósforo na nutrição mineral. *Avicultura - Ciência & Tecnologia*, 3(14):20-25.
- LIMA, G.J.M.M., GOMES, P.C., BARIONI JR., W. et al. 1990. *Tamanho da partícula afeta a digestibilidade do farelo de girassol em suínos*. Concórdia: EMBRAPA-CNPQA. 2p. (Comunicado Técnico, 90).
- LIMA, I.L. *Disponibilidade de fósforo e de flúor de alguns alimentos e exigência nutricional de fósforo para frangos de corte*. Viçosa, MG: UFV, 1995. 121p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1995.
- LOTT, B.D., DAY, E.J., DEATON, J.W. et al. 1992. The effect of temperature, dietary energy level, and corn particle size on broiler performance. *Poult. Sci.*, 71(4):618-624.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. 1994. *Nutrient requirements of poultry*. 9. ed. Washington, D.C.: National Academic Press. 155p.
- NIR, I., SHEFET, G., ARONI, Y. 1994a. Effect of particle size on performance: 1. Corn. *Poult. Sci.*, 73(1):45-49.
- NIR, I., HILLEL, R., SHEFET, G., NITSAN, Z. 1994b. Effect of grain particle size on performance. 2. Grain texture interactions. *Poult. Sci.*, 73(6):781-791.
- PENZ JR., A.M. 1992. Influências regulatórias na digestão e absorção de proteínas. In: CURSO DE FISIOLOGIA DA DIGESTÃO E ABSORÇÃO DE AVES. Santos: FACTA, p.1-12. (Apostila).
- REECE, F.N., LOTT, B.D., DEATON, J.W. 1986. Effects of environmental temperature and corn particle size on response of broilers to pelleted feed. *Poult. Sci.*, 65(4):636-641.
- RHODIMET feed formulation guide. 1993. 6. ed. s.l.: *Rhone-Poulenc Animal Nutrition*. 39p.
- (Verificar se esta citação está certa) ROSTAGNO, H.S. Valores de composição de alimentos e de exigências nutricionais utilizados na formulação de rações para aves. In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. *Avicultura*. Piracicaba: SBZ, 1990. p.11-30.
- ROSTAGNO, H.S., BARBARINO, P., BARBOZA, W.A. Exigências nutricionais das aves determinadas no Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS, Viçosa, MG, 1996. *Anais...* Viçosa: DZO, p.361-388.
- ROSTAGNO, H.S., SILVA, D.J., COSTA, P.M.A. et al. 1983. *Composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos: tabelas brasileiras*. Viçosa, MG: UFV. 61p.
- SILVA, D.J. 1990. *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. 2. ed. Viçosa, MG: UFV. 165p.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA-UFV. Central de Processamento de Dados - UFV/CPD. *SAEG - Sistema de Análise Estatística e Genética*. Viçosa, MG: UFV, 1982. 59p.
- ZANOTTO, D.L., ALBINO, L.F.T., BRUM, P.A.R. et al. Efeito do grau de moagem no valor energético do milho para frangos de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31, 1994, Maringá. *Anais...* Maringá: SBZ, 1994. p.57.
- ZANOTTO, D.L., MONTICELLI, C., MAZZUCO, H. Implicações da granulometria de ingredientes de rações sobre a produção de suínos e aves. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE NUTRIÇÃO DE SUÍNOS E AVES, 1995, Campinas. *Anais...* Campinas: CBNA, 1995a. p. 111-133.
- ZANOTTO, D.L., NICOLAIEWSKY, S., FERREIRA, A.S. et al. 1995b. Granulometria do milho na digestibilidade das dietas para suínos em crescimento e terminação. *R. Soc. Bras. Zootec.*, 24(3):428-436.

Recebido em: 06/11/98

Aceito em: 18/04/99