

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Escola de Veterinária

Programa de Pós-Graduação em Zootecnia

Victor Fernandes de Araújo

Níveis de fósforo e relações de cálcio e fósforo na ração pré-inicial para frangos de corte

Belo Horizonte

2025

Victor Fernandes de Araújo

Níveis de fósforo e relações de cálcio e fósforo na ração pré-inicial para frangos de corte

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Orientador: Leonardo José Camargos Lara

Belo Horizonte

2025

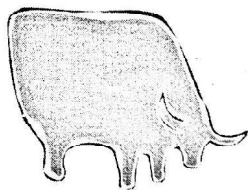
A663n Araújo, Victor Fernandes de ,1998-
Níveis de fósforo e relações de cálcio e fósforo na ração pré-inicial para frangos de corte/ Victor Fernandes de Araújo.- 2024.
54 f: il.

Orientador: Leonardo José Camargos Lara
Dissertação (Mestrado) apresentada à Faculdade de Medicina Veterinária da UFMG, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.
Bibliografia f. 58 a 67.

1. Frango de corte - Teses - 2. Digestibilidade - Teses - 3.Zootecnia - Teses
- I. Lara, Leonardo José Camargos - II. Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária – III. Título.

CDD – 636.513

Bibliotecária responsável Cristiane Patrícia Gomes CRB 2569
Biblioteca da Escola de Veterinária, UFMG.



Escola de Veterinária
UFMG

ESCOLA DE VETERINÁRIA DA UFMG
COLEGIADO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
Av. Antônio Carlos 6627 - CP 567 - CEP 30123-970 - Belo Horizonte- MG
TELEFONE (31)-3409-2173

www.vet.ufmg.br/academicos/pos-graduacao
E-mail: cpgzootec@vet.ufmg.br

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE VICTOR FERNANDES DE ARAUJO

Às 08:30 horas do dia 28 de fevereiro de 2025, reuniu-se, a Comissão Examinadora de dissertação, aprovada em reunião ordinária no dia 04/02/2025, para julgar, em exame final, a defesa da dissertação intitulada:

Níveis de fósforo e relação de cálcio e fósforo na ração pré-inicial para frangos de corte.

_____, como requisito final para a obtenção do Grau de **Mestre em Zootecnia, área de concentração Produção de não ruminantes**

Abrindo a sessão, o Presidente da Comissão, Prof. Leonardo José Camargos Lara, após dar a conhecer aos presentes o teor das Normas Regulamentares da Defesa de dissertação, passou a palavra ao (a) candidato (a), para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos examinadores, com a respectiva defesa do candidato (a). Logo após, a Comissão se reuniu, sem a presença do candidato e do público, para julgamento da dissertação, tendo sido atribuídas as seguintes indicações:

	Aprovada	Reprovada
Prof.(a)/Dr.(a) <u>Mariana Moraes Goldenha</u>	☒	☐
Prof.(a)/Dr.(a) <u>Marcos Henrique Soares</u>	☒	☐
Prof.(a)/Dr.(a) <u>Leonardo José Camargos Lara</u>	☒	☐
Prof.(a)/Dr.(a) _____	☐	☐
Prof.(a)/Dr.(a) _____	☐	☐

Pelas indicações, o (a) candidato (a) foi considerado (a): ☒ Aprovado (a)
☐ Reprovado (a)

Para concluir o Mestrado, o(a) candidato(a) deverá entregar 03 volumes encadernados da versão final da dissertação acatando, se houver, as modificações sugeridas pela banca, e a comprovação de submissão de pelo menos um artigo científico em periódico recomendado pelo Colegiado dos Cursos. Para tanto terá o prazo máximo de 60 dias a contar da data defesa.

O resultado final, foi comunicado publicamente ao (a) candidato (a) pelo Presidente da Comissão. Nada mais havendo a tratar, o Presidente encerrou a reunião e lavrou a presente ata, que será assinada por todos os membros participantes da Comissão Examinadora e encaminhada juntamente com um exemplar da dissertação apresentada para defesa.

Belo Horizonte, 28 de fevereiro de 2025.

Assinatura dos membros da banca:

Mariana Moraes Goldenha _____

Lj CL _____

Marcos H. Soares _____

|

À minha família.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e a minha família. A minha mãe Maria Aparecida, que me apoiou e me ajudou em tudo que eu precisava e que estava ao seu alcance, ao meu pai Tarciso Geraldo que apesar de ser um homem de poucas palavras nunca mediu esforços para ajudar seu filho, sem eles não estaria onde estou.

Gostaria de agradecer as minhas irmãs Daniella e Marcella por todo o carinho e apoio durante esses anos, ao meu falecido Tio Mazinho por quem sempre tive muito carinho e respeito, ele que me apoiou e me estimulou a buscar os estudos, sei que apesar de não ter visto minhas conquistas estará feliz com tudo que estou realizando, à minha avó Tereza que sempre demonstrou muito carinho e cuidado em todos os momentos da minha vida.

Agradeço ao meu primo Itallo Conrado pelo incentivo a ingressar na área da avicultura e me dar suporte durante toda minha vida até o presente momento, sem ele provavelmente não estaria aqui.

Agradeço ao meu orientador Leonardo José Camargos Lara pela dedicação e paciência durante os meus anos de mestrado, suas características pessoais me inspiram a ser um profissional mais íntegro e a sempre buscar conhecimento.

Agradeço ao grupo de estudo Geav e os alunos de iniciação científica por todo o apoio, sem o grupo nada disso seria possível.

Agradeço aos profissionais da escola de veterinária da UFMG por todo o carinho e cuidado, pois sem eles seria impossível o andamento do meu experimento, às técnicas de laboratório de nutrição animal, à Universidade Federal de Lavras (UFLA) por me disponibilizar a utilizar o laboratório para análises de resistência óssea.

Agradeço aos meus amigos, tanto da minha cidade natal, como os que fiz em Belo Horizonte, pois acima de tudo precisamos de pessoas ao nosso lado para podermos dividir as conquistas e derrotas. Agradeço ao meu colega Henrique Lobato que esteve comigo nos piores momentos do meu experimento.

Agradeço a todos que indiretamente foram fundamentais para meu aprimoramento pessoal e profissional.

Agradeço as pessoas que passaram na minha vida e hoje não estão mais da mesma forma em que cheguei aqui.

Não importa o que fizeram com você. O que importa é o que você faz com aquilo que fizeram com você.

Jean Paul Sartre

Resumo

Objetivou-se avaliar o desempenho, digestibilidade e variáveis ósseas de frangos de corte alimentados com níveis crescentes de fósforo disponível (Pd) em duas diferentes relações de cálcio: fósforo constantes somente na ração pré-inicial. Foram realizados dois experimentos simultâneos onde no total foram criados 800 frangos de corte machos Cobb® 500 distribuídos em delineamento inteiramente casualizado. As aves do experimento I foram distribuídas em 4 tratamentos, nos quais as dietas tinham níveis crescentes de Pd e relação Ca:P de 1,65 fixa, sendo: T1 – (0,50% Ca e 0,30% Pd); T2 – (0,66% Ca e 0,40% Pd); T3 – (0,83% Ca e 0,50% Pd); T4 – (0,97% Ca e 0,60% Pd). O experimento II também foi dividido em 4 tratamentos que possuíam níveis crescentes de Pd e relação Ca:P de 2,09 fixa, sendo: T1- (0,63% Ca, 0,30% Pd), T2- (0,83% Ca, 0,40% Pd), T3 – (1,05% Ca, 0,50% Pd), T4 – (1,25% Ca, 0,60% Pd). As análises de desempenho foram obtidas por meio do consumo de ração, peso médio e conversão alimentar; a digestibilidade aparente foi analisada através das excretadas dos animais aos 7 dias de criação; para as variáveis ósseas foram mensurados os pesos e comprimentos das tíbias aos 7, 14 e 35 dias e a resistência óssea foi realizada utilizando o fêmur das aves aos 14 e 35 dias. Aos 7 dias, no experimento I, os frangos do tratamento T3 apresentaram maior consumo de ração ($P < 0,05$) quando comparados com o tratamento T4. As aves dos tratamentos T1 e T2 apresentaram consumos de rações intermediários ($P > 0,05$). Os frangos do tratamento T3 apresentaram maior peso médio em relação aos frangos do T1 ($P < 0,05$). Frangos dos tratamentos T2 e T4 apresentaram pesos médios intermediários ($P > 0,05$). Os frangos dos tratamentos T2, T3 e T4 apresentaram melhor conversão alimentar quando comparados ao tratamento T1 ($P < 0,05$). No experimento II não foi observado efeito dos tratamentos sobre as variáveis de desempenho ($P > 0,05$) em nenhuma das idades analisadas. Não foram observados efeitos dos tratamentos sobre o desempenho das aves aos 35 dias de idade em ambos os experimentos ($P > 0,05$). A digestibilidade aparente aos 7 dias foi afetada em ambos os experimentos, onde os níveis mais altos de Pd (0,60%) tiveram menores coeficientes de digestibilidade de fósforo que níveis menores (0,30%). A digestibilidade aparente do cálcio reduziu à medida que seus níveis eram aumentados. Ainda, os tratamentos não influenciaram as variáveis ósseas das aves aos 7, 14 e 35 dias ($P > 0,05$). Conclui-se que, ao priorizar o peso médio aos 7 dias, recomenda-se utilizar 0,50% de Pd em uma relação Ca:P de 1,65. No entanto, ao adotar uma relação Ca:P de 2,09, qualquer dos níveis de fósforo pode ser utilizado.

Palavras chaves: cálcio; desempenho; digestibilidade; fósforo, minerais; resistência óssea.

Abstract

The objective was to evaluate the performance, digestibility, and bone variables of broiler chickens fed increasing levels of available phosphorus (Pd) in two different constant calcium-to-phosphorus ratios in the pre-starter diet. Two simultaneous experiments were conducted, with a total of 800 male Cobb® 500 broilers distributed in a completely randomized design. In Experiment I, birds were assigned to four treatments, in which the diets had increasing levels of phosphorus and a fixed Ca:P ratio of 1.65, as follows: T1 – (0.50% Ca and 0.30% Pd); T2 – (0.66% Ca and 0.40% Pd); T3 – (0.83% Ca and 0.50% Pd); T4 – (0.97% Ca and 0.60% Pd). Experiment II was also divided into four treatments with increasing levels of phosphorus and a fixed Ca:P ratio of 2.09, as follows: T1 – (0.63% Ca, 0.30% Pd); T2 – (0.83% Ca, 0.40% Pd); T3 – (1.05% Ca, 0.50% Pd); T4 – (1.25% Ca, 0.60% Pd). Performance analyses were obtained through feed intake, average weight, and feed conversion ratio. Apparent digestibility was analyzed through excreta samples collected at 7 days of age. For bone variables, tibia weights and lengths were measured at 7, 14, and 35 days, and bone strength was evaluated using the femur at 14 and 35 days. At 7 days, in Experiment I, broilers in treatment T3 showed higher feed intake ($P < 0.05$) compared to treatment T4. Birds in treatments T1 and T2 had intermediate feed intake ($P > 0.05$). Broilers in treatment T3 had a higher average weight compared to those in T1 ($P < 0.05$), while birds in treatments T2 and T4 had intermediate average weights ($P > 0.05$). Birds in treatments T2, T3, and T4 showed better feed conversion compared to treatment T1 ($P < 0.05$). In Experiment II, no significant effects of treatments were observed on performance variables ($P > 0.05$) at any of the evaluated ages. No treatment effects were observed on bird performance at 35 days in either experiment ($P > 0.05$). Apparent digestibility at 7 days was affected in both experiments, where higher Pd levels (0.60%) had lower phosphorus digestibility coefficients compared to lower levels (0.30%). Apparent calcium digestibility also showed lower coefficients as calcium levels increased. Moreover, treatments did not influence bone variables at 7, 14, and 35 days ($P > 0.05$). It is concluded that, to prioritize average weight at 7 days, 0.50% Pd in a Ca:P ratio of 1.65 is recommended. However, when using a Ca:P ratio of 2.09, any phosphorus level can be used.

Keywords: calcium; performance; digestibility; phosphorus; minerals; bone strength.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Aferições de temperatura e umidade da sala climatizada pelo Datalogger Elitech®..	
.....	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Formulação da ração do experimento 1.....	31
Tabela 2- Formulação da ração do experimento 2.....	32
Tabela 3- Formulação da ração inicial e crescimento.....	33
Tabela 4- Efeito dos níveis de cálcio e fósforo sobre o desempenho das aves aos 7 dias de idade	36
Tabela 5- Efeito dos níveis de cálcio e fósforo no desempenho das aves aos 14 dias de idade... ..	36
Tabela 6 - Efeito dos níveis de cálcio e fósforo sobre o desempenho das aves aos 21 dias de idade	37
Tabela 7 - Efeito dos níveis de cálcio e fósforo sobre o desempenho das aves aos 28 dias de idade	37
Tabela 8 - Efeito dos níveis de cálcio e fósforo sobre o desempenho e parâmetros produtivos das aves aos 35 dias de idade	38
Tabela 9 - Efeito dos níveis de cálcio e fósforo na digestibilidade aparente de Pd e Ca das aves aos 7 dias de idade	39
Tabela 10 - Efeito dos níveis de cálcio e fósforo no peso e comprimento das tíbias das aves aos 7 dias de idade	39
Tabela 11- Efeito dos níveis de cálcio e fósforo no peso e comprimento das tíbias e resistência do fêmur das aves aos 14 dias de idade.....	40
Tabela 12 - Efeito dos níveis de cálcio e fósforo no peso e comprimento das tíbias e resistência do fêmur das aves aos 35 dias de idade.....	40
Tabela 13 - Efeito dos níveis de cálcio e fósforo sobre o desempenho das aves aos 7 dias de idade	41
Tabela 14 - Efeito dos níveis de cálcio e fósforo sobre o desempenho das aves aos 14 dias de idade	41
Tabela 15 - Efeito dos níveis de cálcio e fósforo sobre o desempenho das aves aos 21 dias de idade	42
Tabela 16 - Efeito dos níveis de cálcio e fósforo sobre o desempenho das aves aos 28 dias de idade	42
Tabela 17 - Efeito dos níveis de cálcio e fósforo sobre o desempenho e parâmetros produtivos das aves aos 35 dias de idade	43
Tabela 18 - Efeito dos níveis de cálcio e fósforo na digestibilidade de Pd e Ca das aves aos 7 dias de idade	44

Tabela 19 - Efeito dos níveis de cálcio e fósforo no peso e comprimento das tíbias das aves aos 7 dias de idade	44
Tabela 20 - Efeito dos níveis de cálcio e fósforo no peso e comprimento das tíbias e resistência do fêmur das aves aos 14 dias de idade.....	45
Tabela 21- Efeito dos níveis de cálcio e fósforo no peso e comprimento das tíbias e resistência do fêmur das aves aos 35 dias de idade.....	45

Sumário

1	Introdução	13
2	Revisão de literatura.....	14
3	Importância do fósforo na nutrição de frangos de corte.....	14
4	Digestão, absorção e excreção de fósforo	15
5	Deficiência e toxicidade do fósforo	15
6	Principais fontes de fósforo	16
6.1	Fontes inorgânicas.....	17
6.2	Fósforo de origem vegetal	18
7	Fósforo de origem animal.....	18
8	Fósforo e fitase.....	19
9	Níveis de fósforo.....	20
10	Referências	22
1	Introdução	28
2	Material e métodos.....	29
3	Animais e desenho experimental	29
4	Dietas.....	30
5	Desempenho e demais avaliações	34
6	Parâmetros zootécnicos	34
7	Resistência óssea.....	34
8	Digestibilidade aparente de cálcio e fósforo.....	35
9	Análise estatística.....	35
10	Experimento 1.....	35
11	Resultados.....	35
11.1	Desempenho.....	35

11.2	Digestibilidade	38
11.3	Variáveis ósseas	39
12	Experimento 2.....	41
13	Resultados.....	41
13.1	Desempenho.....	41
13.2	Digestibilidade	43
13.3	Variáveis ósseas	44
14	Discussão	45
15	Conclusão	50
16	Referências	51

1 Introdução

Nos últimos anos observou-se intensa seleção genética de frangos para rápido crescimento e alta produtividade. Com essa intensa seleção, alguns entraves vieram ganhando destaque, como: problemas ósseos, miopatias, aves mais sensíveis a variações ambientais e desafios sanitários. Alternativas para diminuir os gastos na produção são diretamente direcionados para nutrição pois estes representam mais de 66% no custo total da produção de frangos de corte (Embrapa, 2023). Dentre esses nutrientes envolvidos na alimentação de frangos de corte, destaca-se o fósforo (P), que segundo Zhang et al. (2023) é o terceiro nutriente que mais onera o valor da ração, ficando atrás da proteína e da energia.

A definição dos níveis de fósforo a serem utilizados está relacionada com a capacidade de absorção e do metabolismo de outros nutrientes, como é o caso do cálcio, onde mais de 80% da sua atividade está associada ao fósforo na formação óssea. O fósforo também possui funções como: metabolismo energético (ATP, GTP, UDPG e fosfocreatina), metabolismo de aminoácidos, carboidratos e gorduras e equilíbrio ácido-básico (Bertechini, 2004).

Segundo Sakomura et al. (2014), problemas nas pernas de frangos de corte têm forte relação com a inequação dos níveis de cálcio e fósforo. Estes mesmos autores apontam que esses minerais têm forte influência no desempenho das aves, indicando assim maiores níveis de inclusão nas dietas. O aumento do consumo de proteína animal implicou uma grande pressão sobre os estoques de fósforo que consequentemente tiveram seus preços aumentados. Essa implicação relacionada ao preço tem direcionado estudos para esse mineral, afim de adequar doses dietéticas ou aplicação de enzimas como a fitase para reduzir os gastos com a produção e melhorar seu aproveitamento.

Implicações relacionadas ao fósforo podem ser solucionadas buscando definir de forma real as necessidades dietéticas de fósforo disponível (Pd) em cada fase do desenvolvimento, bem como buscar uma ótima relação cálcio e fósforo (Ca:P) evitando o desequilíbrio entre esses minerais, buscando evitar uma má absorção do fósforo contribuindo para o melhor aproveitamento desse mineral e consequentemente reduzindo a inclusão de suas fontes inorgânicas, diminuindo custos e colaborando na redução da excreção de fósforo no ambiente (Sakomura et al., 2014).

Os níveis de inclusão de fósforo têm sido alvo de modificações, algumas casas genéticas aumentaram suas recomendações justificando a falta de controle no processo de fabricação da ração, onde os níveis obtidos nas análises laboratoriais nunca eram os recomendados, logo

sugerem o aumento dos níveis de inclusão de fósforo afim de evitar a falta desse mineral, entretanto isso onera o custo da ração e pode prejudicar o melhor aproveitamento dos minerais.

O objetivo é investigar os níveis ideais de fósforo disponível em duas relações de Ca:P durante o período pré-inicial (1 a 7 dias) de frangos de corte, além de compreender a importância desses minerais na avicultura, seu aproveitamento e excreção. Também busca-se obter informações sobre as consequências do fornecimento desequilibrado desses nutrientes.

2 Revisão de literatura

3 Importância do fósforo na nutrição de frangos de corte

Cálcio e fósforo são minerais que devem ser fornecidos na ração de forma balanceada, devendo se atentar a diferentes proporções de acordo com a idade da ave. Os níveis de inclusão de Pd na ração são regulados pelo consumo e as exigências são reguladas pela idade das aves. Aves no período pré-inicial (1 a 7 dias), consomem em média 26g/ração/dia, logo possuem exigências (g/dia) menores de Pd quando comparado com aves na fase de terminação (35 a 42 dias) que consomem 230g/ração/dia. Segundo Rostagno et al. (2024), as aves devem ingerir na fase pré-inicial e na fase de abate (0,11 Pd/g/dia e 0,51 Pd/g/dia) respectivamente. O equilíbrio desses minerais seria caracterizado como a ótima relação de Ca para P, onde assim, não acarretariam em nenhum prejuízo ao animal e muito menos prejudicaria a disponibilidade deles próprios. Desse modo, desequilíbrio desses minerais nas diferentes fases produtivas das aves pode acarretar em diversos problemas, como: diminuição no consumo de ração, menor ganho de peso, má conformação e problemas ósseos e menor ou maior excreção desse minerais podendo, no segundo caso, podendo haver contaminação do solo (Silva et al., 2006; Sakomura et al., 2014; Hervo et al., 2023).

Cálcio e fósforo são constituintes de grande importância na saúde óssea das aves, de acordo com Onyango et al. (2003), concentrações maiores de cálcio e fósforo garantem maior densidade e conteúdo mineral ósseo, consequentemente melhorando a qualidade óssea das aves. O fósforo é o mineral com a segunda maior demanda em aves (depois do cálcio), encontrado 80% no esqueleto, na forma de hidroxapatita, sendo também encontrado na forma inorgânica ou ligado a compostos orgânicos, como proteínas, lipídios e DNA ou RNA (Adedokun and Adeola, 2013). O fósforo tem forte influência sobre absorção de cálcio, competindo pelos mesmo sítio de absorção, assim o fósforo tem grande importância na formação do esqueleto, logo fazendo com que haja melhor aproveitamento desse mineral que é essencial para construção dos ossos fortes e saudáveis (Hervo et al., 2023).

Uma baixa concentração desse mineral, não somente afeta o processo de formação óssea, como também o consumo de ração, absorção de nutrientes e peso. De acordo com Silva et al. (2006), Román-García et al. (2010) e Sun et al. (2020), dietas com níveis de fósforo reduzidos resultam em queda no consumo de ração, acarretando em menor ganho de peso, assim como, desordem no equilíbrio de cálcio e fósforo, podendo acarretar em má absorção dos mesmos.

4 Digestão, absorção e excreção de fósforo

A absorção intestinal de fósforo, ocorre por todo o intestino delgado, mas o duodeno é o seu principal local de absorção, ocorrendo principalmente pela via paracelular passiva, impulsionada pela concentração luminal de fósforo. Existe também uma pequena via transcelular dependente de energia que acontece por meio do transportador de fosfato dependente de sódio (NaPi-IIb) na membrana apical da borda em escova. (Liu et al., 2016; Sun et al., 2020).

As concentrações de cálcio e fósforo são controladas por mecanismos de *feedback*, através do intestino, rim e os ossos, que têm suas funções reguladas principalmente por vários hormônios, como: hormônio da paratireoide (PTH), calcitriol (vitamina D₃ ativa), calcitonina (CT) e fator de fibroblasto do crescimento 23 (FGF), estado reprodutivo e pH do sangue. Todos estes fatores podem afetar a homeostase do fósforo. Hormônios que controlam a concentração de cálcio e fósforo também são responsáveis por influenciar a digestão e absorção do fósforo, ocasionando ou não em maior excreção desse mineral. Outro fator que merece atenção quando se busca uma ótima absorção de fósforo é a sua relação com o cálcio (Veum, 2010; Sun et al., 2020) . Assim seu equilíbrio no plasma sanguíneo é regulado pela absorção e reabsorção de fósforo no intestino, excreção renal e pela troca de fosfato ou fósforo entre os reservatórios de armazenamento extracelular e ósseo (Marks et al., 2010; Adedokun and Adeola, 2013; Sun et al., 2020).

5 Deficiência e toxicidade do fósforo

Os níveis de fósforo celular e extracelular são mantidos rigorosamente dentro de uma faixa estreita, pois flutuações significativas na concentração de fósforo podem afetar negativamente muitos dos processos bioquímicos (Marks et al., 2010), assim como redução no crescimento (Román-García et al., 2010), piora na mineralização óssea (Imari et al., 2020; Hervo et al., 2023;), entre outros. Dessa forma, dependendo de suas proporções, diferentes

respostas fisiológicas podem ser desencadeadas. Portanto, pode-se concluir que a absorção do fósforo pode ser influenciada pela concentração dele e de outros minerais da dieta (Sun et al., 2020).

Quando se pensa em diminuir custos na ração, logo se pensa em reduzir ou substituir ingredientes, o fósforo é um ingrediente que tem grande impacto no valor da ração, assim, pesquisas vêm sendo feitas afim de tentar encontrar níveis seguros desse mineral, visando não somente a redução de custos, mas também menor contaminação do solo. Entretanto, na busca de achar níveis ótimos, tentando diminuir os níveis de inclusão, surge uma preocupação com a deficiência desse mineral. Segundo Zhang et al. (2023), dietas deficientes de fósforo disponível (0,23%) impactaram negativamente na mineralização óssea de frangos de corte, influenciando na densidade mineral óssea da tíbia, na resistência à ruptura óssea e no teor de cinzas, bem como diminuindo os parâmetros de utilização metabólica de Ca e P.

O excesso de fósforo fornecido não impacta somente nos custos da ração, como também pode afetar o desempenho das aves. Runho et al. (2001a) encontraram que as altas concentrações de fósforo, acima de 0,55% de Pd, podem fazer com que outros nutrientes não sejam aproveitados, logo acarretando em queda de desempenho dos frangos. Outro fator que contribui para um pior aproveitamento do fósforo é uma relação Ca:P desbalanceada, onde um alto teor de cálcio quando comparado ao fósforo ocasiona em queda na digestibilidade de fósforo (Oliveira et al., 2018), os mesmo autores afirmam que maiores coeficientes de digestibilidade de fósforo foram observados em relações menores de Ca:P.

6 Principais fontes de fósforo

As rações de animais não-ruminantes têm em sua maior concentração farinhas e farelos que advêm de ingredientes de origem vegetal que possuem baixas concentrações de fósforo disponível. Usualmente 2/3 do fósforo destes ingredientes se encontram complexados em forma de ácido fítico. Devido a esse fator, rações para animais com altas exigências de fósforo carecem de suplementação de fósforo inorgânico, utilização de enzimas como a fitase ou então a utilização de farinha de carne e ossos que tem uma biodisponibilidade de fósforo elevada (Li et al., 2016a).

Segundo Cordell et al. (2009) e Neset and Cordell (2012), as reservas globais de fósforo podem se esgotar em 100 anos, o que gera preocupação em relação ao suprimento desse mineral no futuro. A falta de padronização no controle de qualidade de matérias-primas pode resultar em excesso ou deficiência de nutrientes nas rações, em função disto, os nutricionistas formulam

rações com margens de segurança para garantir que não ocorram deficiências, como é o caso do fósforo, assim aumentando o custo de produção das rações e a excreção de fósforo (Li et al., 2016). Prática que deve ser evitada cada vez mais.

O fósforo utilizado na ração animal, pode ser adquirido a partir de diferentes fontes: inorgânicas (rochas) e fontes orgânicas (vegetal e animal), tendo biodisponibilidades diferentes entre elas.

6.1 Fontes Inorgânicas

As rochas fosfáticas utilizadas para a extração do fósforo são recursos naturais, sendo então limitados e não renováveis. Em função disto estão se tornando cada vez mais caros e escassos (Shastak et al., 2012).

O fósforo inorgânico utilizado na produção de ração para aves é proveniente de fosfatos de rocha, sendo o fosfato bicálcico o mais utilizado, este que em sua fabricação passa por reações químicas, onde ocorre a acidificação da rocha fosfórica, geralmente com ácido sulfúrico, se transformando em ácido fosfórico, que então é neutralizado após sua purificação com carbonato de cálcio, chegando a uma fonte que é considerada segura apresentando maior digestibilidade se comparada com os de origem vegetal e animal (Gary et al., 2014; van Harn et al., 2017).

Existem outras fontes de fósforo inorgânico como: fosfato monocálcico, fosfato monodicalcico, fosfato de rocha desfluorado e fosfato monossódico, os quais possuem diferentes biodisponibilidades o que torna um ponto importante no momento da sua utilização. Depois do fosfato bicálcico, o mais utilizado é o fosfato de rocha desfluorado, entretanto este apresenta menor biodisponibilidade. De acordo com Garcia et al. (2006), o fosfato de rocha desfluorado apresenta biodisponibilidade 10% menor que o fosfato bicálcico, entretanto, os autores afirmam que apesar de ter biodisponibilidade menor, esse fator não afetou o desempenho de pintos na fase pré-inicial e inicial, podendo se constatar que o fosfato desfluorado pode ser utilizado nas primeiras semanas de vida dos pintos.

As diferentes fontes de fósforo inorgânico são estudadas afim de encontrar alguma que agregue menor custo na ração e uma boa digestibilidade de P, assim Bikker et al. (2016) compararam algumas das fontes mais conhecidas, sendo eles, o fosfato monocálcico, fosfato monodicalcico, fosfato bicálcico e fosfato desfluorado. De acordo com os autores o fosfato desfluorado apresentou os piores resultados de desempenho e digestibilidade de Ca e P

enquanto o fosfato monocálcico apresentou os melhores resultados, tanto para desempenho como para digestibilidade.

6.2 Fósforo de origem Vegetal

Grande parte dos ingredientes da ração são de origem vegetal, como grãos e outros subprodutos. Nesses ingredientes o fósforo que é utilizado pelos animais se encontra em forma de fitato ou ácido fítico, o qual sua biodisponibilidade pode variar de acordo com a fonte usada, sendo pouco absorvido pelo sistema digestivo da ave sem a presença da fitase (Rama Rao et al., 1999; Delezie et al., 2015).

Segundo Bertechini (2004), as fontes de fósforo de origem vegetal apresentam diferentes níveis e possuem disponibilidade dependente do teor de ácido fítico presente. Assim, contendo em sua grande parte, uma fonte de fósforo pouco absorvível no intestino da ave. Os ingredientes de maior volume nas rações de frango de corte são milho e farelo de soja, segundo Rostagno et al. (2024), esses ingredientes apresentam os seguintes valores de fósforo, o milho grão possui valor de 0,23% de fósforo total, 0,18% de fósforo fítico e 0,05% de fósforo disponível, já o farelo de soja, apresenta em sua constituição 0,58% de fósforo total, 0,36% de fósforo fítico e 0,22% de fósforo disponível.

7 Fósforo de origem animal

No mercado existem farinhas de origem animal utilizadas como suplemento mineral e proteico. A inclusão dessas farinhas substitui ingredientes mais caros, como o caso do fosfato bicálcico, reduzindo custos com a ração. A mais comum a ser encontrada no mercado é a farinha de carne e ossos, que além de ter ótimos teores de proteína, pode ser uma excelente fonte de cálcio e fósforo e outros minerais, dependendo do conteúdo ósseo em sua formulação (Li et al., 2016a). A farinha de carne e ossos bovino 48% PB, é comumente utilizada, além de ter uma ótima biodisponibilidade destaca-se também pelos seus valores de cálcio e fósforo, segundo Rostagno et al. (2024) a farinha de carne e ossos bovinos 48% PB possui 5,90% de fósforo total, 5,31% de fósforo disponível e 12,0% de cálcio total.

Contudo, um maior cuidado é necessário, pois esses produtos apresentam dificuldade de padronização devido ao processo produtivo e à origem dos resíduos que compõem as farinhas, sendo imprescindível análises sensoriais e laboratoriais. Análises sensoriais devem se concentrar principalmente na cor, odor, aspecto do tamanho das partículas, umidade e gordura ao tato, empedramento, presença de matérias estranhas e embalagem de recebimento, já as

análises laboratoriais, podemos destacar proteína, extrato etéreo, acidez, peróxidos, rancidez, putrefação, bacteriológico para *salmonella spp* e cálcio e fósforo (Bellaver, 2005). Segundo Rostagno et al. (2024), a farinha de carne e ossos bovinos possui teor de fósforo disponível entre 4,00 e 6,67%, sendo estes valores inversamente proporcionais ao teor de proteína.

8 Fósforo e fitase

Em função da alta deposição muscular no frango de corte existe grande preocupação com a formação esquelética dessas aves, exigindo cada vez mais ossos e articulações bem formadas (Sakomura et al., 2014). Segundo Majeed et al. (2020), frangos de corte de crescimento rápido e alto desenvolvimento são capazes de aproveitar os nutrientes de forma mais eficiente. Com isso é necessária atenção na hora de fornecer minerais nas rações de frangos de corte, principalmente no início do desenvolvimento ósseo. Altas concentrações de cálcio podem causar redução na absorção do fósforo, onde ocorre a ligação das moléculas do cálcio com o ácido fítico formando complexos indisponíveis, logo trazendo perdas no desenvolvimento ósseo.

Outra solução para o melhor aproveitamento do fósforo é a utilização da fitase. A fitase tem atuação nos grupos fosfato associados ao anel de inositol da estrutura do ácido fítico liberando o fósforo, espera-se que o uso da fitase resulte em melhor desempenho do animal se o fósforo for o nutriente limitante para o crescimento (Olukosi et al., 2007). Desse modo a fitase é uma enzima que aumenta a velocidade de liberação de fósforo do ácido fítico, evitando a formação de complexos indisponíveis no trato gastrointestinal, fazendo assim com que haja melhor absorção, reduzindo a necessidade de maior suplementação de fósforo, logo reduzindo custos (Martinez Rojas et al., 2018).

Diante dos efeitos da fitase na utilização do fósforo, estudos são realizados afim de buscar o melhor aproveitamento desse mineral, evitando problemas ósseos (Sakomura et al., 2014), diminuindo a excreção desse mineral, que se fornecidos em níveis superiores ao limite fisiológico máximo para a utilização e retenção serão eliminados via excretas (Leske and Coon, 2002; Michigami et al., 2018) e que consequentemente ocasionará em aumento de gastos (Zhang et al., 2023).

Segundo Olukosi et al. (2007), a fitase é mais eficaz durante as primeiras semanas de vida da ave (2-3 semanas) e vai perdendo eficácia com o avançar da idade das aves, resultados estes que vão de acordo com Majeed et al. (2020), em relação ao desempenho das aves nas primeiras semanas, esses autores afirmam que a utilização de fitase resultou em melhor ganho

de peso e consumo de ração em frangos de 0 a 14 dias, mas esses resultados foram observados apenas em dietas nas quais a fitase dispunha de substrato para atuar. Por outro lado, em dietas suplementadas com fitase, mas com níveis de cálcio e fósforo já suficientes para atender às exigências dos animais, não foram identificados efeitos significativos.

9 Níveis de fósforo

Na literatura atual é possível encontrar recomendações nutricionais de acordo com cada fase de desenvolvimento do frango de corte. O Nutrient Requirements of Poultry (NRC, 1994) sugere 0,45% de fósforo disponível entre 0 a 3 semanas. A Tabela Brasileira de Aves e Suínos, além de fornecer a composição dos alimentos, também nos auxilia com as exigências nutricionais, na edição de 2005 as recomendações de fósforo disponível na fase pré-inicial era de 0,46%, em 2017 as recomendações continuaram as mesmas, já no ano de 2024 os autores indicaram um aumento de fósforo disponível na primeira semana de frangos de corte, o recomendado agora é de 0,55% (Rostagno et al., 2005, 2017, 2024).

As linhagens, como é o caso da Ross[®] (Aviagem, 2022), indicam a utilização de 0,50% de fósforo disponível para fase inicial, para frangos com meta de peso de 3,50 Kg, já a Cobb (Cobb, 2022) indica um teor de 0,58% de fósforo disponível para fase pré-inicial. Além dos manuais das casas genéticas e demais literaturas, os níveis podem ser estabelecidos através de estudos. Ao que se diz respeito aos níveis de fósforo para frangos de corte na fase inicial, Imari et al. (2020) mostraram que dietas com redução de fósforo de 30%, onde as rações continham (0,33% de Pd) em relação ao níveis recomendados pela Aviagem (2014), que sugeriam (0,48% de Pd) resultaram em aves com menor consumo e ganho de peso, entretanto aumentou a retenção de cálcio na fase inicial, onde o crescimento retardado nessa fase foi compensado na fase pós-inicial (11 a 42 dias). Segundo estes mesmos autores a retenção de cálcio e fósforo nos 42 dias foi maior em aves alimentadas com restrição de 30% de fósforo. Entretanto essa considerável restrição de fósforo (30%) diminui as cinzas, cálcio e fósforo da tíbia em comparações aos outros tratamentos. Com isso, pode se confirmar que a restrição de fósforo na fase inicial das aves aumentou a retenção dos nutrientes, prejudicou a mineralização e a força óssea, sem afetar o desempenho das aves aos 42 dias.

Segundo Waldroup et al. (2000), as exigências de fósforo disponível para a fase inicial variam entre 0,37 a 0,39%, resultados estes que vão de acordo com Hamdi et al. (2015), onde os autores observaram melhora no consumo de ração com aumento do fósforo disponível em dietas ricas em cálcio (0,9%), comparadas com dietas com baixo teor de cálcio (0,5 e 0,7%) em

aves de 1 a 14 dias. Estes mesmos autores afirmam que o nível de fósforo disponível (0,38%) melhorou o desempenho das aves aos 14 dias em comparação com aves alimentadas com dietas de 0,25% de fósforo, houve também melhora na mineralização óssea em dietas com 0,38% de fósforo disponível nos tratamentos com 0,7 e 0,9% de cálcio.

De acordo com Silva et al. (2006), aves alimentadas com rações com menores níveis de fósforo (0,25% de Pd + Fitase), apresentaram menor consumo e consequentemente menor ganho de peso, quando comparado com as aves que consumiram rações com maiores concentrações de fósforo (0,34% de Pd + Fitase e 0,45% de Pd sem fitase), este resultado pode estar relacionado a liberação de fósforo pela fitase nas rações, onde nas que continham 0,25% de fósforo disponível não foram suficientes para atender às exigências de fósforo para esta fase. Estes mesmos autores afirmam que na fase inicial de frangos de corte é possível trabalhar com rações com fósforo disponível de 0,34% desde que sejam suplementadas com fitase e aminoácidos, é possível observar que ótimos resultados foram encontrados com valores bem abaixo dos recomendados atualmente.

Referências

- ADEDOKUN, S. A.; ADEOLA, O. Digestibilidade de cálcio e fósforo: Limites metabólicos 1. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 22, n. 3, p. 600–608, 1 out. 2013.
- AVIAGEM. Manual de Manejo de Frangos de Corte Ross. p. 130, 2014.
- AVIAGEM. Especificações Nutricionais, Frangos de Corte. p. 8, 2022.
- BELLAVER, C. Limitações e vantagens do uso de farinhas de origem animal na alimentação de suínos e de aves. 2005.
- BERTECHINI, A. G. **Nutrição de Monogástricos**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2004.
- BIKKER, P. et al. Precaecal phosphorus digestibility of inorganic phosphate sources in male broilers. **British Poultry Science**, v. 57, n. 6, p. 810–817, 1 nov. 2016.
- COBB. Cobb500 Broiler Performance & Nutrition Supplement (2022). p. 16, 2022.
- CORDELL, D.; DRANGERT, J.-O.; WHITE, S. The story of phosphorus: Global food security and food for thought. **Global Environmental Change**, Traditional Peoples and Climate Change. v. 19, n. 2, p. 292–305, 1 maio 2009.
- DELEZIE, E. et al. Impacts of calcium and phosphorus concentration, their ratio, and phytase supplementation level on growth performance, foot pad lesions, and hock burn of broiler chickens. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 24, n. 2, p. 115–126, 1 jun. 2015.
- EMBRAPA. Metodologias para avaliação de alimentos para ruminantes domésticos. 2010.
- EMBRAPA. **Custos de Produção de Frangos de Corte - Central de Inteligência de Aves e Suínos (CIAS) - Portal Embrapa**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/custos/icpfrango>>. Acesso em: 8 out. 2023.
- GARCIA, A. R.; BATALLA, A. B.; DALE, N. M. Biological Availability of Phosphorus Sources in Prestarter and Starter Diets for Broiler Chicks. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 15, n. 4, p. 518–524, 1 dez. 2006.
- GARY L, M.; PAUL J, F.; DONALD A. TARR. **Química Inorgânica**. 5 edição ed. São Paulo: Pearson Education, 2014.
- HAMDI, M. et al. Effect of different levels of calcium and phosphorus and their interaction on the performance of young broilers. **Poultry Science**, v. 94, n. 9, p. 2144–2151, 1 set. 2015.
- HERVO, F. et al. Effect of phytase and limestone particle size on mineral digestibility, performance, eggshell quality, and bone mineralization in laying hens. **Poultry Science**, v. 102, n. 5, p. 102613, 1 maio 2023.
- IMARI, Z. K.; HASSANABADI, A.; NASSIRI MOGHADDAM, H. Response of broiler chickens to calcium and phosphorus restriction: Effects on growth performance, carcass traits, tibia characteristics and total tract retention of nutrients. **Italian Journal of Animal Science**, v. 19, n. 1, p. 929–939, 14 dez. 2020.

KLIMA, R. L.; DYAR, M. D.; PIETERS, C. M. Near-infrared spectra of clinopyroxenes: Effects of calcium content and crystal structure. **Meteoritics & Planetary Science**, v. 46, n. 3, p. 379–395, 2011.

LESKE, K.; COON, C. The development of feedstuff retainable phosphorus values for broilers. **Poultry Science**, v. 81, n. 11, p. 1681–1693, 1 nov. 2002.

LI, X. et al. Phosphorus Bioavailability: A Key Aspect for Conserving this Critical Animal Feed Resource with Reference to Broiler Nutrition. **Agriculture**, v. 6, n. 2, p. 25, jun. 2016a.

LI, X. et al. Effect of dietary phosphorus levels on meat quality and lipid metabolism in broiler chickens. **Food Chemistry**, v. 205, p. 289–296, 15 ago. 2016b.

LIU, J. B.; CHEN, D. W.; ADEOLA, O. Phosphorus digestibility response of broiler chickens to dietary calcium-to-phosphorus ratios. **Poultry Science**, v. 92, n. 6, p. 1572–1578, 1 jun. 2013.

LIU, S. B. et al. Kinetics of phosphorus absorption in ligated small intestinal segments of broilers¹. **Journal of Animal Science**, v. 94, n. 8, p. 3312–3320, 1 ago. 2016.

MAJEED, S. et al. Limestone particle size, calcium and phosphorus levels, and phytase effects on live performance and nutrients digestibility of broilers. **Poultry Science**, v. 99, n. 3, p. 1502–1514, 1 mar. 2020.

MARKS, J.; DEBNAM, E. S.; UNWIN, R. J. Phosphate homeostasis and the renal-gastrointestinal axis. **American Journal of Physiology-Renal Physiology**, v. 299, n. 2, p. F285–F296, ago. 2010.

MARTINEZ ROJAS, I. Y. et al. Assessment of a phytase included with lactic acid on productive parameters and on deposition of phosphorus, calcium, and zinc in laying hens fed with sorghum–soybean-meal-based diets. **Journal of Applied Animal Research**, v. 46, n. 1, p. 314–321, 1 jan. 2018.

MICHIGAMI, T. et al. Phosphate as a Signaling Molecule and Its Sensing Mechanism. **Physiological Reviews**, v. 98, n. 4, p. 2317–2348, out. 2018.

NESET, T.-S. S.; CORDELL, D. Global phosphorus scarcity: identifying synergies for a sustainable future. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 92, n. 1, p. 2–6, 2012.

NRC. **Nutrient Requirements of Poultry: Ninth Revised Edition, 1994**. Washington, D.C.: National Academies Press, 1994.

OLIVEIRA, D. H. DE et al. Ileal digestibility of calcium and phosphorus in broilers fed diets with different phytases and Ca:available P ratios. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, p. 1222–1229, nov. 2018.

OLUKOSI, O. A.; COWIESON, A. J.; ADEOLA, O. Age-Related Influence of a Cocktail of Xylanase, Amylase, and Protease or Phytase Individually or in Combination in Broilers¹. **Poultry Science**, v. 86, n. 1, p. 77–86, 1 jan. 2007.

ONYANGO, E. et al. Bone densitometry as an indicator of percentage tibia ash in broiler chicks fed varying dietary calcium and phosphorus levels. **Poultry Science**, v. 82, n. 11, p. 1787–1791, 1 nov. 2003.

RAMA RAO, S. V.; RAVINDRA REDDY, V.; RAMASUBBA REDDY, V. Enhancement of phytate phosphorus availability in the diets of commercial broilers and layers. **Animal Feed Science and Technology**, v. 79, n. 3, p. 211–222, 1 jun. 1999.

ROMÁN-GARCÍA, P. et al. High phosphorus diet induces vascular calcification, a related decrease in bone mass and changes in the aortic gene expression. **Bone**, v. 46, n. 1, p. 121–128, 1 jan. 2010.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas Brasileiras para aves e suínos**. 2a edição ed. Viçosa- MG: [s.n.].

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas Brasileiras para aves e suínos**. 4ª edição ed. Viçosa- MG: [s.n.].

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas Brasileiras para aves e suínos**. 5ª edição ed. Viçosa- MG: [s.n.].

ROUSSEAU, X. et al. Adaptive response of broilers to dietary phosphorus and calcium restrictions. **Poultry Science**, v. 95, n. 12, p. 2849–2860, 1 dez. 2016.

RUNHO, R. C. et al. Exigência de fósforo disponível para frangos de corte machos e fêmeas de 1 a 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, p. 187–196, fev. 2001a.

RUNHO, R. C. et al. Exigência de fósforo disponível para frangos de corte machos e fêmeas de 1 a 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, p. 187–196, fev. 2001b.

SAKOMURA, N. K. et al. **Nutrição de Não Ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2014.

SHASTAK, Y. et al. Comparação das medidas de retenção e digestibilidade pré-cecal na avaliação de fontes de fósforo mineral em frangos de corte 1 , 2. **Poultry Science**, v. 91, n. 9, p. 2201–2209, 1 set. 2012.

SILVA, Y. L. DA et al. Redução de proteína e fósforo em rações com fitase para frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade: desempenho e teores de minerais na cama. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, p. 840–848, jun. 2006.

SUN, M. et al. Disorders of Calcium and Phosphorus Metabolism and the Proteomics/Metabolomics-Based Research. **Frontiers in Cell and Developmental Biology**, v. 8, 10 set. 2020.

VAN HARN, J. et al. Determination of pre-cecal phosphorus digestibility of inorganic phosphates and bone meal products in broilers. **Poultry Science**, v. 96, n. 5, p. 1334–1340, 1 maio 2017.

VEUM, T. L. Phosphorus and calcium nutrition and metabolism. **Phosphorus and calcium utilization and requirements in farm animals**, CABI Books. p. 94–111, jan. 2010.

WALDROUP, P. W. et al. Nonphytate phosphorus requirement and phosphorus excretion of broiler chicks fed diets composed of normal or high available phosphate corn with and without microbial phytase1. **Poultry Science**, v. 79, n. 10, p. 1451–1459, 1 out. 2000.

YAN, F. et al. Evaluation of the broiler's ability to adapt to an early moderate deficiency of phosphorus and calcium. **Poultry Science**, v. 84, n. 8, p. 1232–1241, 1 ago. 2005.

ZHANG, Q. Q. et al. Dietary calcium and non-phytate phosphorus levels affect the performance, serum biochemical indices, and lipid metabolism in growing pullets. **Poultry Science**, v. 102, n. 2, p. 102354, 1 fev. 2023.

Efeito dos níveis de fósforo e relações cálcio e fósforo na ração pré-inicial para frangos de corte

Resumo

Objetivou-se avaliar o desempenho, digestibilidade e variáveis ósseas de frangos de corte alimentados com níveis crescentes de fósforo disponível (Pd) em duas diferentes relações de cálcio: fósforo constantes somente na ração pré-inicial. Foram realizados dois experimentos simultâneos onde no total foram criados 800 frangos de corte machos Cobb® 500 distribuídos em delineamento inteiramente casualizado. As aves do experimento I foram distribuídas em 4 tratamentos, nos quais as dietas tinham níveis crescentes de Pd e relação Ca:P de 1,65 fixa, sendo: T1 – (0,50% Ca e 0,30% Pd); T2 – (0,66% Ca e 0,40% Pd); T3 – (0,83% Ca e 0,50% Pd); T4 – (0,97% Ca e 0,60% Pd). O experimento II também foi dividido em 4 tratamentos que possuíam níveis crescentes de Pd e relação Ca:P de 2,09 fixa, sendo: T1- (0,63% Ca, 0,30% Pd), T2- (0,83% Ca, 0,40% Pd), T3 – (1,05% Ca, 0,50% Pd), T4 – (1,25% Ca, 0,60% Pd). As análises de desempenho foram obtidas por meio do consumo de ração, peso médio e conversão alimentar, a digestibilidade aparente foi analisada através das excretadas dos animais aos 7 dias de criação, para as variáveis ósseas, foram mensurados os pesos e comprimentos das tíbias aos 7, 14 e 35 dias e a resistência óssea foi realizada utilizando o fêmur das aves aos 14 e 35 dias. Aos 7 dias, no experimento I, os frangos do tratamento T3 apresentaram maior consumo de ração ($P < 0,05$) quando comparados com o tratamento T4. As aves dos tratamentos T1 e T2 apresentaram consumos de rações intermediários ($P > 0,05$). Os frangos do tratamento T3 apresentaram maior peso médio em relação aos frangos do T1 ($P < 0,05$). Frangos dos tratamentos T2 e T4 apresentaram pesos médios intermediários ($P > 0,05$). Os frangos dos tratamentos T2, T3 e T4 apresentaram melhor conversão alimentar quando comparados ao tratamento T1 ($P < 0,05$). No experimento II não foi observado efeito dos tratamentos sobre as variáveis de desempenho ($P > 0,05$) em nenhuma das idades analisadas. Não foram observados efeitos dos tratamentos sobre o desempenho das aves aos 35 dias de idade em ambos os experimentos ($P > 0,05$). A digestibilidade aparente aos 7 dias foi afetada em ambos os experimentos, onde os níveis mais altos de Pd (0,60%) tiveram menores coeficientes de digestibilidade de fósforo que níveis menores (0,30%). A digestibilidade aparente do cálcio também teve coeficientes menores de digestibilidade à medida que seus níveis eram aumentados. Ainda, os tratamentos não influenciaram as variáveis ósseas das aves aos 7, 14 e 35 dias ($P > 0,05$). Conclui-se que, ao priorizar o peso médio aos 7 dias, recomenda-se utilizar

0,50% de Pd em uma relação Ca:P de 1,65. No entanto, ao adotar uma relação Ca:P de 2,09, qualquer um dos níveis de fósforo pode ser utilizado.

Palavras chaves: cálcio, desempenho, digestibilidade, fósforo, minerais, resistência óssea.

1 Introdução

A nutrição representa mais de 66% do custo total da produção de frangos de corte (Embrapa, 2023), sendo o fósforo (P) um dos nutrientes mais onerosos, atrás apenas da proteína e da energia (Zhang et al., 2023). O mineral fósforo é essencial para a formação óssea e deve ser balanceado com o cálcio, pois mais de 80% da atividade desse mineral está associada ao cálcio na formação óssea (Bertechini, 2004). O desequilíbrio entre esses nutrientes pode prejudicar o desempenho das aves, causar problemas ósseos e aumentar a excreção mineral no ambiente (Silva et al., 2006; Sakomura et al., 2014; Hervo et al., 2023).

As rações de animais não-ruminantes têm em sua maior concentração, farinhas e farelos de origem vegetal, entretanto, esses alimentos de origem vegetal possuem baixas concentrações de fósforo disponível, onde 2/3 desse fósforo se encontra complexado em forma de ácido fítico, sendo necessário suplementá-lo com fontes inorgânicas, fitase ou farinha de carne e ossos (Bikker et al., 2016). Segundo (Cordell et al., 2009; Neset and Cordell, 2012) as reservas de fósforo inorgânico podem se esgotar em 100 anos, tornando-se fundamental otimizar sua inclusão nas dietas.

A falta de padronização na qualidade das matérias-primas leva a variações nos níveis nutricionais das dietas dos frangos, o que faz com que nutricionistas adicionem margens de segurança, elevando custos e excreção de fósforo (Li et al., 2016). Para minimizar impactos econômicos e ambientais, é essencial definir com precisão as necessidades dietéticas de fósforo disponível (Pd) e estabelecer uma relação cálcio: fósforo (Ca:P) equilibrada, reduzindo a inclusão de fontes inorgânicas e os custos produtivos (Sakomura et al., 2014).

Embora a espectroscopia no infravermelho próximo (NIR) seja amplamente utilizada para a análise de componentes orgânicos em matérias-primas, sua aplicação na quantificação de minerais, como o cálcio, apresenta limitações significativas. Isso se deve ao fato de que os minerais não possuem ligações covalentes que absorvem fortemente no espectro do infravermelho próximo, tornando a detecção direta desses elementos menos eficaz por meio dessa técnica (Klima et al., 2011). Os mesmos autores apontam que, a precisão das análises NIR depende de calibrações robustas e modelos quimiométricos bem ajustados. Se o modelo não for bem treinado com amostras representativas, a exatidão dos resultados pode ser comprometida. A composição da matriz da amostra também pode afetar a absorção da luz no NIR, dificultando a quantificação exata do cálcio.

Algumas casas genéticas têm aumentado os níveis recomendados de fósforo para compensar variações no processo de fabricação da ração, mas essa estratégia encarece a

produção e pode comprometer a eficiência nutricional. As linhagens, como é o caso da Ross[®] (Aviagem, 2022), indicam a utilização de 0,50% de fósforo disponível para fase inicial, já a Cobb (Cobb, 2022) indica um teor de 0,58% de fósforo disponível para fase pré-inicial. Assim, a formulação de forma precisa das dietas é essencial para equilibrar desempenho, economia e sustentabilidade.

Objetiva-se determinar os melhores níveis de fósforo disponível em duas relações de Ca:P no período pré-inicial (1 a 7 dias) de frangos de corte, bem como avaliar os efeitos posteriores destes níveis sobre o desempenho, digestibilidade e qualidade óssea de 1 a 35 dias de criação dos frangos.

2 Material e métodos

O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Experimentação Animal da Universidade Federal de Minas Gerais (CEUA/UFMG), sob protocolo de número 165/2024.

3 Animais e desenho experimental

O experimento de desempenho zootécnico dos frangos de corte foi realizado no Laboratório de Metabolismo Animal (LAMA) da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais (EV/UFMG). As aves foram mantidas do dia 1 até o 35º dia de criação nas dependências do laboratório.

Foram conduzidos 2 experimentos, cada um utilizando 400 pintos machos de um dia da linhagem Cobb500[®], oriundos de matrizes de 46 semanas de idade, provenientes do incubatório comercial Avivar Alimentos S/A, situado na cidade de São Sebastião do Oeste-MG. Os pintos de ambos experimentos foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, divididos em 4 tratamentos com 5 repetições de 20 aves por repetição (100 aves/tratamento) cada, onde as repetições foram as unidades experimentais. Os pintos foram alojados em gaiolas metálicas com as seguintes medidas: 96 (comprimento) x 97 (largura) x 40 cm (altura) cada.

O experimento I foi dividido em 4 tratamentos, onde as dietas tinham níveis crescentes de P e relação Ca:P de 1,65 fixa, sendo: T1 – (0,50% Ca e 0,30% Pd); T2 – (0,66% Ca e 0,40% Pd); T3 – (0,83% Ca e 0,50% Pd); T4 – (0,99% Ca e 0,60% Pd).

O experimento II também foi dividido em 4 tratamentos que possuíam níveis crescentes de P e relação Ca:P de 2,09 fixa, sendo: T1- (0,63% Ca e 0,30% Pd), T2- (0,84% Ca e 0,40% Pd), T3 – (1,05% Ca e 0,50% Pd), T4 – (1,25% Ca e 0,60% Pd).

Água e ração foram fornecidas à vontade, até os 12 dias a água foi oferecida em bebedouros automáticos tipo rosca de plástico, posteriormente foram inseridos os bebedouros tipo copo pressão para cada gaiola. Do alojamento aos 12 dias de idade foi utilizado um comedouro tubular tipo infantil para cada gaiola e, posteriormente, um comedouro do tipo calha.

Os pintos foram vacinados no incubatório contra as doenças de Marek, Newcastle e Gumboro. O programa de luz utilizado foi o mesmo de um a 35 dias (16 horas de luz por 8 horas de escuro). A temperatura e umidade da sala climatizada foram programadas para atender as recomendações de Cobb, (2022) e foram realizadas leituras de temperatura e umidade, máximas e mínimas, foram registradas diariamente utilizando-se um termômetro digital Datalogger Elitech®.

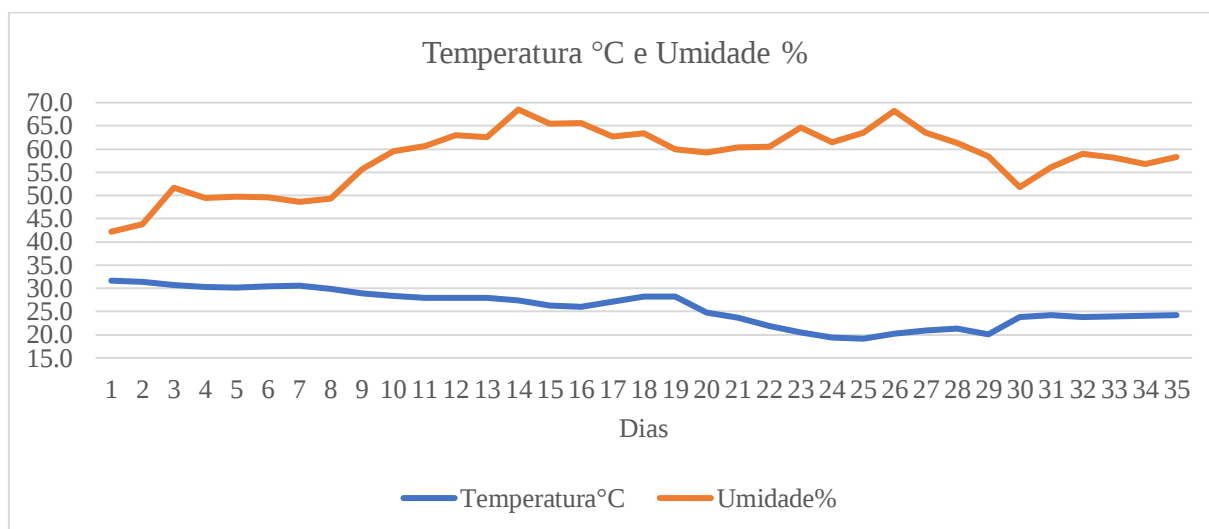


Figura 1 - Aferições de temperatura e umidade da sala climatizada pelo Datalogger Elitech®

Fonte: arquivo pessoal, (2025).

4 Dietas

Antes da formulação das dietas o farelo de milho e o farelo de soja foram coletados e analisados afim de se determinar os teores de cálcio e fósforo das matérias primas para posterior formulação de rações. A forma física da ração utilizada foi farelada em todas as fases de criação. Os pintos receberam três tipos de ração, pré-inicial (1 aos 7 dias), inicial (8 até os 21 dias) e crescimento (22 até os 35 dias). A única etapa em que tiveram rações diferentes foi no período pré-inicial, onde as aves receberam diferentes rações de acordo com o tratamento em que elas

se encontravam, a ração inicial e de crescimento foram iguais para todos os tratamentos. As rações foram formuladas de acordo com a linhagem (Cobb, 2022), exceto os níveis de cálcio e fósforo disponível.

Tabela 1 - Formulação da ração pré-inicial do experimento 1

Composição Alimentar					
Alimentos	T1	T2	T3	T4	
Milho grão 8,0%PB	57,65	56,65	55,77	54,54	
Farelo de soja 46% PB	37,80	39,80	38,00	38,40	
Óleo de soja	2,70	3,00	3,38	3,72	
Calcário	0,36	0,36	0,36	0,34	
Sal comum	0,40	0,40	0,40	0,41	
Dl-metionina	0,36	0,36	0,36	0,36	
Fosfato Bicálcico	0,24	0,74	1,24	1,74	
L-lisina	0,26	0,26	0,26	0,26	
L-treonina	0,10	0,10	0,10	0,10	
Vitamínico mineral ¹	0,05	0,05	0,05	0,05	
Vitamínico inicial ²	0,05	0,05	0,05	0,05	
Cloreto de colina	0,02	0,02	0,02	0,02	
Fitase 500FTU/25g	0,0026	0,0026	0,0026	0,0026	
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	
Atendimento das exigências nutricionais em matéria natural					
Energia	Metabolizável	2951,39	2948,69	2952,83	2950,14
(Kcal/kg)					
Cálcio (%)		0,50	0,66	0,83	0,99
Cálcio analisado (%)		0,51	0,64	0,79	1,01
Fósforo disponível (%)		0,30	0,40	0,50	0,60
Fósforo total (%)		0,43	0,53	0,62	0,72
Fósforo analisado (%)		0,50	0,63	0,75	0,90
Lisina dig aves (%)		1,25	1,25	1,25	1,26
Met + cist dig aves (%)		0,94	0,94	0,94	0,94
Metionina dig aves (%)		0,68	0,68	0,68	0,68
Proteína bruta (%)		21,47	21,49	21,43	21,52
Sódio (%)		0,20	0,20	0,20	0,20

Treonina dig aves (%)	0,86	0,86	0,86	0,86
-----------------------	------	------	------	------

¹ Conteúdo/Kg: Cu -16,00g, Fe - 100,00g, I - 2.400,00g, Mn - 140,00g, Se - 400,00g, Zn – 100,00g.

² Conteúdo/ Kg: Ácido Fólico – 2.000,00 mg, ácido pantotênico – 30,00 g, Niacina – 80,00 g, Vit A – 16.000.000.00 UI, Vit B1 – 4.800,00 mg, Vit B12 – 28.000,00 mcg, Vit B2 – 12,00 g, Vit B6 8.000,00 mg, Vit D3 – 4.800.000,00 UI, Vit E 24.000,00 UI, Vit K3 4.000,00 mg.

Tabela 2- Formulação da ração pré-inicial do experimento 2

Composição Alimentar					
Alimentos (KG)	T1	T2	T3	T4	
Milho grão 8,0% PB	56,79	55,62	54,36	53,14	
Farelo de soja 46% PB	38,00	38,20	38,40	38,60	
Óleo de soja	3,00	3,36	3,80	4,20	
Calcário	0,73	0,84	0,96	1,08	
Sal comum	0,40	0,40	0,40	0,40	
DL-metionina	0,36	0,36	0,36	0,36	
Fosfato Bicálcico	0,24	0,74	1,24	1,74	
L-lisina	0,26	0,26	0,26	0,26	
L-treonina	0,10	0,10	0,10	0,10	
Suplemento mineral ¹	0,05	0,05	0,05	0,05	
Vitamínico inicial ²	0,05	0,05	0,05	0,05	
Cloreto de colina	0,02	0,02	0,02	0,02	
Fitase 500 FTU/25g	0,0026	0,0026	0,0026	0,0026	
Total (%)	100,00	100,00	100,00	100,00	
Atendimento das exigências nutricionais em matéria natural					
Energia	Metabolizável	2953,03	2949,94	2950,90	2949,68
(Kcal/kg)					
Cálcio (%)		0,63	0,84	1,05	1,25
Cálcio analisado (%)		0,68	0,82	1,01	1,15
Fósforo disponível (%)		0,30	0,40	0,50	0,60
Fósforo total (%)		0,43	0,53	0,62	0,72
Fósforo analisado (%)		0,47	0,63	0,69	0,78
Lisina dig aves (%)		1,25	1,26	1,26	1,26
Met + cist dig aves (%)		0,94	0,94	0,96	0,94
Metionina dig aves (%)		0,68	0,68	0,68	0,68

Proteína bruta (%)	21,50	21,51	21,50	21,50
Sódio (%)	0,20	0,20	0,20	0,20
Treonina dig aves (%)	0,86	0,86	0,86	0,86

¹ Conteúdo/Kg: Cu -16,00g, Fe - 100,00g, I - 2.400,00g, Mn - 140,00g, Se - 400,00g, Zn – 100,00g.

² Conteúdo/ Kg: Ácido Fólico – 2.000,00 mg, ácido pantotênico – 30,00 g, Niacina – 80,00 g, Vit A – 16.000.000,00 UI, Vit B1 – 4.800,00 mg, Vit B12 – 28.000,00 mcg, Vit B2 – 12,00 g, Vit B6 8.000,00 mg, Vit D3 – 4.800.000,00 UI, Vit E 24.000,00 UI, Vit K3 4.000,00 mg.

Tabela 3- Formulação da ração inicial e crescimento de ambos os experimentos

Alimentos (KG)	Quantidade- inicial	Quantidade- crescimento
Milho grão 8,0% PB	562,97	688,00
Farelo de soja 46% PB	360,00	248,00
Farelo de carne o osso 48% PB	-	24,00
Óleo de soja	48,00	22,00
Calcário	7,50	4,62
Sal comum	4,00	2,80
Dl-metionina	3,20	2,90
Fosfato Bicálcico	7,60	-
L-lisina	2,00	2,65
L-treonina	0,50	0,90
Vitamínico inicial ¹ /crescimento ²	4,00	4,00
Cloreto de colina	0,20	0,10
Fitase 500 FTU/25g	0,025	0,025
Total	1000,00	1000,00
Energia Metabolizável	3053,11	3123,22
Nutriente	Unidades	Unidades
Cálcio (%)	0,80	0,72
Fósforo disponível (%)	0,40	0,40
Lisina dig aves (%)	1,16	1,06
Met + cist dig aves (%)	0,88	0,82
Metionina dig aves (%)	0,63	0,57
Proteína bruta (%)	20,46	19,00
Sódio (%)	0,19	0,16
Treonina dig aves (%)	0,77	0,70

Triptofano dig aves (%)	0,26	0,21
-------------------------	------	------

¹ Conteúdo/ Kg: Cu – 1.250,000 mg, Fe – 12,500 g, I – 250,000 mg, Mn – 19,250 g, Se – 82,520 mg, Zn – 18,000 g, Vit A – 2.500.000,000 UI, Vit D3 500.000,000 UI, Vit E – 3.750,000 UI, Vit K3 – 625,000, Vit B1 – 371,670 mg, Vit B2 – 1.280,000, Vit B6 – 410,000 mg, Vit B12 – 3.000,000 mcg, ácido fólico – 142,500 mg, ácido pantotênico 2.610,000 mg, biotina – 13,000 mg, fosfatidilcolina 566,200 mg, Niacina 8.750,000 mg, 6-fitase – 125.000,000 U, enramicina 2.500,000 mg, nicarbazina 27,500 g.

² Conteúdo/ Kg: Conteúdo/ Kg: Cu – 1.250,000 mg, Fe – 12,500 g, I – 250,000 mg, Mn – 17,000 g, Se – 75,020 mg, Zn – 16,250 g, Vit A – 2.000.000,000 UI, Vit D3 450.000,000 UI, Vit E – 3.000,000 UI, Vit K3 – 500,000, Vit B1 – 275,070 mg, Vit B2 – 1.000,000 mg, Vit B6 – 287,820 mg, Vit B12 – 2.500,000 mcg, ácido fólico – 95,000 mg, ácido pantotênico 2.295,000 mg, biotina – 10,000 mg, fosfatidilcolina 486,400 mg, Niacina 7.000,000 mg, 6-fitase – 125.000,000 U, enramicina 2.500,000 mg, salinomicina – 18,000 g.

5 Desempenho e demais avaliações

6 Parâmetros zootécnicos

As aves foram pesadas com 1, 7, 14, 21, 28 e 35 dias de idade, para determinar o peso médio semanalmente. A pesagem foi feita em caixas com cada repetição. O consumo de ração foi obtido a partir da quantidade de ração oferecida na semana subtraindo-se a sobra no final de cada semana e ao final de cada fase de criação. Para o cálculo do consumo de ração, foram consideradas as aves mortas na semana. O cálculo de conversão alimentar dos frangos foi feito com base no consumo médio de ração e o ganho médio de peso das aves ao final do experimento. As aves mortas tiveram os dias de consumo anotados para correção do consumo. O número de aves mortas foi registrado diariamente e foi feito o cálculo da porcentagem de refugos e da mortalidade. A partir dessa taxa, calculada a porcentagem de viabilidade.

$$\text{Viabilidade: } \frac{\text{total de aves vivas} - \text{total de aves mortas}}{\text{total de aves vivas}}$$

7 Resistência óssea

Aos 14 e 35 dias de idade, 9 aves foram abatidas por cada tratamento por deslocamento cervical e retirados o fêmur esquerdo. O peso (g) e o comprimento (cm) dos fêmures foram coletadas e direcionadas a análise de resistência, o fêmur esquerdo foi submetido a ensaio mecânico, utilizando máquina de ensaio AROTEC, modelo WDW-20E, com carga aplicada à velocidade de 5 mm/min. e célula de carga de 2 toneladas em ensaio de flexão de três pontos, sendo a região central do osso (diáfise) selecionada para aplicação da carga.

8 Digestibilidade aparente de cálcio e fósforo

A digestibilidade aparente de cálcio e fósforo foi avaliada na primeira semana de vida das aves, no qual os pintos tiveram acesso as rações experimentais durante o período de sete dias. As excretas foram coletadas por 4 dias após um jejum de ração de três horas. Após a coleta, o conteúdo dos 4 dias foi homogeneizado e pesado 250g para posterior análise. As excretas pesadas foram colocadas em estufa de ventilação forçada (65⁰C) durante 48 horas. Após a pré-secagem o material foi exposto à temperatura ambiente por duas horas e, em seguida, pesado e triturado para as respectivas análises. Após o material ser triturado foi pesado e levado para a estufa 105° por 4 horas, afim de obter a matéria seca. A determinação da digestibilidade de cálcio e fósforo foi obtida pela diferença entre os nutrientes ingeridos e os que não foram absorvidos obtidos através das excretas em matéria seca, calculando-se então o coeficiente de digestibilidade cuja formula será apresentada abaixo (Embrapa, 2010):

$$CD = \frac{(\text{Nutriente ingerido- MS} - \text{Nutriente excretado nas fezes-MS})}{\text{Nutriente ingerido - MS}} \times 100$$

9 Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o R Software, versão 4.3.3 (R Core Team, 2024). Os dados foram inicialmente testados quanto as pressuposições da análise de variância (ANOVA) por meio do teste de Shapiro-Wilk e dos testes de Bartlett.

Os dados foram analisados em delineamento inteiramente casualizado. As comparações entre médias foram realizadas pelo teste de Tukey, considerando diferenças significativas para $p < 0,05$.

10 Experimento 1

11 Resultados

11.1 Desempenho

Houve efeito dos tratamentos sobre consumo de ração, peso médio e conversão alimentar aos 7 dias de idade das aves (Tabela 4). Aves submetidas ao tratamento com a ração com 0,50% de Pd apresentaram maior consumo de ração quando comparadas com as aves que

consumiram 0,60% Pd ($P<0,05$). Aves dos tratamentos 0,30 e 0,40 Pd apresentaram consumos de rações intermediários. Aves submetidas ao tratamento com a ração com 0,50% de Pd apresentaram maior peso médio quando comparadas com as aves que consumiram 0,30% Pd ($P<0,05$). Aves dos tratamentos 0,40 e 0,60 Pd apresentaram pesos médios intermediários. Aves submetidas aos tratamentos com a ração com 0,40, 0,50 e 0,60 % de Pd apresentaram melhor conversão alimentar quando comparadas com as aves que consumiram 0,30% Pd.

Tabela 4- Efeito dos níveis de cálcio e fósforo na ração pré-inicial sobre o desempenho das aves aos 7 dias de idade

Tratamento	Peso inicial (g)	Consumo de ração (g)	Peso médio (g)	Conversão alimentar (g:g)
T1	42,50	136,40ab	161,12b	1,15b
T2	41,89	136,59ab	169,75ab	1,07a
T3	41,86	141,61a	173,41a	1,08a
T4	42,43	129,50b	164,50ab	1,06a
EPM	0,000	0,002	0,003	0,018
Valor de P	0,322	0,003	0,019	0,009

Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna são diferentes pelo teste Tukey ($P<0,05$); EPM: erro padrão da média; T1 – (0,50Ca - 0,30Pd); T2 – (0,66Ca – 0,40Pd); T3 – (0,83Ca-0,50Pd); T4 – (0,99-0,60Pd).

Não houve efeito dos tratamentos na fase pré-inicial sobre consumo de ração, peso médio e conversão alimentar aos 14 dias de idade das aves ($P>0,05$; Tabela 5).

Tabela 5- Efeito dos níveis de cálcio e fósforo na ração pré-inicial no desempenho das aves aos 14 dias de idade

Tratamento	Consumo de ração (g)	Peso médio (g)	Conversão alimentar (g:g)
T1	365,00	443,55	1,25
T2	376,30	452,81	1,28
T3	384,17	466,60	1,19
T4	382,59	453,87	1,24
EPM	0,005	0,007	0,030
Valor de P	0,055	0,171	0,266

Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna são diferentes pelo teste Tukey ($P<0,05$); EPM: erro padrão da média; T1 – (0,50Ca - 0,30Pd); T2 – (0,66Ca – 0,40Pd); T3 – (0,83Ca-0,50Pd); T4 – (0,99-0,60Pd).

Não houve efeito dos tratamentos na fase pré-inicial sobre consumo de ração, peso médio e conversão alimentar aos 21 dias de idade das aves (Tabela 6).

Tabela 6 - Efeito dos níveis de cálcio e fósforo na ração pré-inicial sobre o desempenho das aves aos 21 dias de idade

Tratamento	Consumo de ração (g)	Peso médio (g)	Conversão alimentar (g:g)
T1	672,02	953,10	1,28
T2	661,50	988,86	1,25
T3	663,71	980,38	1,15
T4	653,47	982,49	1,25
EPM	0,663	0,026	0,043
Valor de P	0,898	0,760	0,171

Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna são diferentes pelo teste Tukey ($P < 0,05$); EPM: erro padrão da média; T1 – (0,50Ca - 0,30Pd); T2 – (0,66Ca – 0,40Pd); T3 – (0,83Ca-0,50Pd); T4 – (0,99-0,60Pd).

Não houve efeito dos tratamentos na fase pré-inicial sobre consumo de ração e peso médio aos 28 dias de idade das aves (Tabela 7). Houve efeito dos tratamentos sobre a conversão alimentar das aves aos 28 dias de idade ($P < 0,05$) onde aves que consumiram as rações com 0,50% de Pd apresentaram melhor conversão alimentar quando comparadas com as aves submetidas aos demais tratamentos.

Tabela 7 - Efeito dos níveis de cálcio e fósforo na ração pré-inicial sobre o desempenho das aves aos 28 dias de idade

Tratamento	Consumo de ração (g)	Peso médio (g)	Conversão alimentar (g:g)
T1	976,35	1549,49	1,42b
T2	965,98	1594,74	1,38b
T3	1003,00	1610,49	1,29a
T4	974,89	1556,51	1,42b
EPM	0,033	0,038	0,014
Valor de P	0,859	0,611	<0,01

Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna são diferentes pelo teste Tukey ($P < 0,05$); EPM: erro padrão da média; T1 – (0,50Ca - 0,30Pd); T2 – (0,66Ca – 0,40Pd); T3 – (0,83Ca-0,50Pd); T4 – (0,99-0,60Pd).

Não houve efeito dos tratamentos na fase pré-inicial sobre consumo de ração, peso médio, conversão alimentar, viabilidade e índice de eficiência produtiva aos 35 dias de idade das aves (Tabela 8).

Tabela 8 - Efeito dos níveis de cálcio e fósforo na ração pré-inicial sobre o desempenho e parâmetros produtivos das aves aos 35 dias de idade

Tratamento	Consumo de ração (g)	Peso médio (g)	Conversão Alimentar (g:g)	Viabilidade	IEP
T1	1331,07	2434,14	1,53	0,890	398,34
T2	1307,11	246734	1,43	0,940	456,49
T3	1349,36	2466,01	1,41	0,870	434,70
T4	1305,63	2391,15	1,42	0,837	394,01
EPM	0,028	0,046	0,040	0,038	18,237
Valor de P	0,654	0,434	0,122	0,336	0,08

Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna são diferentes pelo teste Tukey ($P < 0,05$); EPM: erro padrão da média; IEP: índice de eficiência produtiva; T1 – (0,50Ca - 0,30Pd); T2 – (0,66Ca – 0,40Pd); T3 – (0,83Ca-0,50Pd); T4 – (0,99-0,60Pd).

11.2 Digestibilidade

Houve efeito dos tratamentos sobre a digestibilidade aparente de fósforo (Tabela 9). Aves submetidas ao tratamento com a ração com 0,60% de Pd apresentaram pior coeficiente de digestibilidade aparente quando comparadas com as aves que consumiram 0,30, 0,40 e 0,50% Pd.

Houve efeito dos tratamentos sobre a digestibilidade aparente de cálcio (Tabela 9). Aves submetidas ao tratamento com a ração com 0,60% de Pd apresentaram pior valor de digestibilidade aparente quando comparadas com as aves que consumiram 0,30, 0,40 e 0,50% Pd.

Tabela 9 - Efeito dos níveis de cálcio e fósforo na digestibilidade aparente de Pd e Ca das aves aos 7 dias de idade

Tratamento	Digestibilidade aparente de P%	Digestibilidade aparente de Ca%
T1	78,18a	77,15a
T2	75,90ab	73,68a
T3	71,66b	72,98a
T4	63,50c	65,21b
EPM	1,316	1,110
Valor de P	<0,01	<0,01

Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna são diferentes pelo teste Tukey ($P<0,05$); EPM: erro padrão da média; T1 – (0,50Ca - 0,30Pd); T2 – (0,66Ca – 0,40Pd); T3 – (0,83Ca-0,50Pd); T4 – (0,99-0,60Pd).

11.3 Variáveis ósseas

Não houve efeito dos tratamentos sobre o peso médio e comprimento da tíbia das aves aos 7 dias (Tabela 10), também não houve efeito sobre o peso e comprimento da tíbia e resistência do fêmur das aves aos 14 e 35 dias de idade (Tabela 11 e Tabela 12).

Tabela 10 - Efeito dos níveis de cálcio e fósforo no peso e comprimento das tíbias das aves aos 7 dias de idade

Tratamento	Peso tíbia (g)	Comprimento tíbia (cm)
T1	1,66	4,42
T2	1,71	4,42
T3	1,77	4,40
T4	1,69	4,36
EPM	0,051	0,049
Valor de P	0,675	0,791

Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna são diferentes pelo teste Tukey ($P<0,05$); EPM: erro padrão da média; T1 – (0,50Ca - 0,30Pd); T2 – (0,66Ca – 0,40Pd); T3 – (0,83Ca-0,50Pd); T4 – (0,99-0,60Pd).

Tabela 11- Efeito dos níveis de cálcio e fósforo no peso e comprimento das tíbias e resistência do fêmur das aves aos 14 dias de idade

Tratamento	Peso tíbia (g)	Comprimento tíbia (cm)	Resistência fêmur (kgf)
T1	4,47	5,93	12,91
T2	4,80	6,01	16,48
T3	4,53	6,02	16,18
T4	4,22	5,93	15,01
EPM	0,252	0,081	1,327
Valor de P	0,451	0,787	0,246

Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna são diferentes pelo teste Tukey ($P < 0,05$); EPM: erro padrão da média; T1 – (0,50Ca - 0,30Pd); T2 – (0,66Ca – 0,40Pd); T3 – (0,83Ca - 0,50Pd); T4 – (0,99 - 0,60Pd).

Tabela 12 - Efeito dos níveis de cálcio e fósforo no peso e comprimento das tíbias e resistência do fêmur das aves aos 35 dias de idade

Tratamento	Peso tíbia (g)	Comprimento tíbia (cm)	Resistência fêmur (kgf)
T1	20,30	10,44	30,55
T2	19,72	10,35	29,28
T3	20,46	10,58	31,66
T4	20,17	10,44	34,36
EPM	1,009	0,112	1,538
Valor de P	0,959	0,536	0,136

Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna são diferentes pelo teste Tukey ($P < 0,05$); EPM: erro padrão da média; T1 – (0,50Ca - 0,30Pd); T2 – (0,66Ca – 0,40Pd); T3 – (0,83Ca-0,50Pd); T4 – (0,99-0,60Pd).

12 Experimento 2

13 Resultados

13.1 Desempenho

Os níveis de cálcio e fósforo não afetaram ($P>0,05$) o consumo de ração, peso médio e conversão alimentar das aves aos 7 dias (Tabela 13), 14 dias (Tabela 14), 21 dias (Tabela 15), 28 dias (Tabela 16) e também não causaram efeitos na viabilidade e índice de eficiência produtiva 35 dias (Tabela 17) de idade das aves.

Tabela 13 - Efeito dos níveis de cálcio e fósforo na ração pré-inicial sobre o desempenho das aves aos 7 dias de idade

Tratamento	Peso inicial (g)	Consumo de ração (g)	Peso médio (g)	Conversão alimentar
T1	42,53	135,20	169,32	1,08
T2	41,97	134,50	171,65	1,04
T3	42,13	132,77	171,17	1,03
T4	42,39	135,20	172,60	1,04
EPM	0,000	0,003	0,002	0,023
Valor de P	0,561	0,788	0,821	0,349

Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna são diferentes pelo teste Tukey ($P<0,05$); EPM: erro padrão da média; T1 – (0,63Ca - 0,30Pd); T2 – (0,84Ca – 0,40Pd); T3 – (1,05Ca-0,50Pd); T4 – (1,25-0,60Pd).

Tabela 14 - Efeito dos níveis de cálcio e fósforo na ração pré-inicial sobre o desempenho das aves aos 14 dias de idade

Tratamento	Consumo de ração (g)	Peso médio (g)	Conversão alimentar
T1	395,03	466,90	1,26
T2	385,91	464,88	1,23
T3	390,74	477,57	1,20
T4	386,09	472,00	1,21
EPM	0,007	0,006	0,018
Valor de P	0,768	0,506	0,227

Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna são diferentes pelo teste Tukey ($P < 0,05$); EPM: erro padrão da média; T1 – (0,63Ca - 0,30Pd); T2 – (0,84Ca – 0,40Pd); T3 – (1,05Ca-0,50Pd); T4 – (1,25-0,60Pd).

Tabela 15 - Efeito dos níveis de cálcio e fósforo na ração pré-inicial sobre o desempenho das aves aos 21 dias de idade

Tratamento	Consumo de ração (g)	Peso médio (g)	Conversão alimentar
T1	668,62	1014,15	1,19
T2	671,49	975,70	1,28
T3	659,88	1009,34	1,22
T4	661,13	963,57	1,22
EPM	0,014	0,027	0,036
Valor de P	0,915	0,503	0,345

Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna são diferentes pelo teste Tukey ($P < 0,05$); EPM: erro padrão da média; T1 – (0,63Ca - 0,30Pd); T2 – (0,84Ca – 0,40Pd); T3 – (1,05Ca-0,50Pd); T4 – (1,25-0,60Pd).

Tabela 16 - Efeito dos níveis de cálcio e fósforo na ração pré-inicial sobre o desempenho das aves aos 28 dias de idade

Tratamento	Consumo de ração (g)	Peso médio (g)	Conversão alimentar
T1	974,86	1573,06	1,40
T2	975,93	1572,06	1,41
T3	992,43	1608,67	1,39
T4	934,17	1534,67	1,42
EPM	0,024	0,033	0,027
Valor de P	0,367	0,459	0,806

Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna são diferentes pelo teste Tukey ($P < 0,05$); EPM: erro padrão da média; T1 – (0,63Ca - 0,30Pd); T2 – (0,84Ca – 0,40Pd); T3 – (1,05Ca-0,50Pd); T4 – (1,25-0,60Pd).

Tabela 17 - Efeito dos níveis de cálcio e fósforo na ração pré-inicial sobre o desempenho e parâmetros produtivos das aves aos 35 dias de idade

Tratamento	Consumo de ração (g)	Peso médio (g)	Conversão alimentar (g:g)	Viabilidade	IEP
T1	1328,61	2442,13	1,44	0,912	433,79
T2	1366,47	2463,81	1,45	0,937	446,08
T3	1369,81	2528,96	1,43	0,860	427,49
T4	1299,82	2395,85	1,45	0,920	423,52
EPM	0,025	0,044	0,015	0,038	15,731
Valor de P	0,165	0,203	0,454	0,501	0,767

Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna são diferentes pelo teste Tukey ($P < 0,05$); EPM: erro padrão da média; IEP: Índice de eficiência produtiva; T1 – (0,63Ca - 0,30Pd); T2 – (0,84Ca – 0,40Pd); T3 – (1,05Ca- 0,50Pd); T4 – (1,25-0,60Pd).

13.2 Digestibilidade

Os níveis de cálcio e fósforo afetaram ($P < 0,05$) a digestibilidade de cálcio e fósforo aos 7 dias de idade das aves (Tabela 18).

Houve efeito dos tratamentos sobre a digestibilidade aparente de fósforo. Aves submetidas ao tratamento com a ração com 0,60% de Pd apresentaram pior valor de digestibilidade aparente quando comparadas com as aves que consumiram 0,30, 0,40 e 0,50% Pd. Aves submetidas ao tratamento com a ração com 0,30 de Pd apresentaram os maiores coeficientes de digestibilidade, quando comparado com os tratamentos submetidos a ração com 0,60% de Pd.

Houve efeito dos tratamentos sobre a digestibilidade aparente de cálcio. Aves submetidas ao tratamento com a ração com 0,60% de Pd apresentaram pior valor de digestibilidade, os tratamentos com 0,30 e 0,40% de Pd tiveram maiores coeficientes de digestibilidade, mas não diferiram entre si e a dieta com 0,50% Pd teve valores intermediários.

Tabela 18 - Efeito dos níveis de cálcio e fósforo na ração pré-inicial na digestibilidade de Pd e Ca das aves aos 7 dias de idade

Tratamento	Digestibilidade P%	Digestibilidade Ca%
T1	85,71a	74,08a
T2	81,11b	69,42a
T3	74,51c	61,65ab
T4	67,61d	50,83b
EPM	0,536	3,763
Valor de P	<0,01	0,003

Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna são diferentes pelo teste Tukey ($P < 0,05$); EPM: erro padrão da média; T1 – (0,63Ca - 0,30Pd); T2 – (0,84Ca – 0,40Pd); T3 – (1,05Ca-0,50Pd); T4 – (1,25-0,60Pd).

13.3 Variáveis ósseas

Não houve efeito dos tratamentos sobre o peso e comprimento da tíbia das aves aos 7 dias (Tabela 19), também não houve efeito sobre o peso e comprimento da tíbia e resistência do fêmur das aves aos 14 e 35 dias de idade (Tabela 20Tabela 21).

Tabela 19 - Efeito dos níveis de cálcio e fósforo na ração pré-inicial no peso e comprimento das tíbias das aves aos 7 dias de idade

Tratamento	Peso tíbia (g)	Comprimento tíbia (cm)
T1	1,68	4,35
T2	1,90	4,47
T3	1,73	4,41
T4	1,60	4,42
EPM	0,088	0,061
Valor de P	0,137	0,665

Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna são diferentes pelo teste Tukey ($P < 0,05$); EPM: erro padrão da média; T1 – (0,63Ca - 0,30Pd); T2 – (0,84Ca – 0,40Pd); T3 – (1,05Ca-0,50Pd); T4 – (1,25-0,60Pd).

Tabela 20 - Efeito dos níveis de cálcio e fósforo na ração pré-inicial no peso e comprimento das tíbias e resistência do fêmur das aves aos 14 dias de idade

Tratamento	Peso tíbia (g)	Comprimento tíbia (cm)	Resistência fêmur (kgf)
T1	4,31	6,07	15,71
T2	4,78	6,14	15,13
T3	4,65	6,05	15,97
T4	4,51	6,01	12,75
EPM	0,236	0,070	1,449
Valor de P	0,545	0,605	0,393

Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna são diferentes pelo teste Tukey ($P < 0,05$); EPM: erro padrão da média; T1 – (0,63Ca - 0,30Pd); T2 – (0,84Ca – 0,40Pd); T3 – (1,05Ca-0,50Pd); T4 – (1,25-0,60Pd).

Tabela 21- Efeito dos níveis de cálcio e fósforo na ração pré-inicial no peso e comprimento das tíbias e resistência do fêmur das aves aos 35 dias de idade

Tratamento	Peso tíbia (g)	Comprimento tíbia (cm)	Resistência fêmur (kgf)
T1	21,27	10,61	31,41
T2	21,22	10,50	31,00
T3	20,55	10,47	28,38
T4	20,05	10,43	32,71
EPM	0,865	0,077	1,506
Valor de P	0,709	0,430	0,246

Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna são diferentes pelo teste Tukey ($P < 0,05$); EPM: erro padrão da média; T1 – (0,63Ca - 0,30Pd); T2 – (0,84Ca – 0,40Pd); T3 – (1,05Ca-0,50Pd); T4 – (1,25-0,60Pd).

14 Discussão

No primeiro experimento no qual houve avaliação de níveis crescentes de fósforo (0,30, 0,40, 0,50 e 0,60) em uma relação Ca e Pd constante de 1,65 observam-se efeitos dos níveis de fósforo sobre as principais variáveis de desempenho aos 7 dias de idade e na digestibilidade aparente de P e Ca. Não foram observados efeitos sobre as variáveis ósseas avaliados. Já no

experimento II no qual houve avaliação de níveis crescentes de fósforo (0,30, 0,40, 0,50 e 0,60) em uma relação Ca e Pd constante de 2,09 não foram observados efeitos nas principais variáveis de desempenho e ósseos e observou-se o mesmo efeito na digestibilidade aparente dos minerais avaliados.

Os níveis crescentes de fósforo disponível na ração pré-inicial (1 a 7 dias) em uma relação de 1,65 com cálcio (Experimento I) afetaram o consumo, o peso médio e a conversão alimentar das aves aos 7 dias de idade. Aves que consumiram o nível de 0,50% de Pd apresentaram maior consumo de ração que as aves que consumiram 0,60% Pd e maior peso médio comparadas as aves que consumiram 0,30% Pd, não se diferenciando dos demais tratamentos. Para conversão alimentar as aves que consumiram os níveis de 0,40, 0,50 e 0,60 % Pd apresentaram melhores conversões alimentares que as aves que receberam 0,30% de Pd.

Já no experimento II, no qual foram avaliados os mesmos níveis crescentes de fósforo em uma relação Ca e Pd constante de 2,09, os tratamentos não afetaram os parâmetros de desempenho avaliados. Estes resultados mostram a importância da avaliação conjunta do cálcio e do fósforo pois fica claro a importância e dependência desta relação. Cálcio e fósforo são minerais que afetam o consumo de ração das aves, logo há necessidade de fornecer-los em níveis ideais evitando desperdícios e perdas no desempenho.

Segundo Waldroup et al. (2000) e Hamdi et al. (2015), o aumento do fósforo disponível (0,25 para 0,38%) aumentou o peso médio das aves na fase inicial (1 a 14 dias), segundo esses autores houve também aumento no consumo de ração com aumento do fósforo disponível em dietas ricas de cálcio (0,9%) quando comparadas com dietas com 0,5 e 0,7% de Ca. Esses resultados vão de acordo com os do presente trabalho, onde o T3 (0,83Ca e 0,50Pd) acarretaram em maior consumo de ração que o T1 (0,50Ca e 0,30Pd). Entretanto, esses resultados vão contra os achados de Delezie et al. (2015), onde em dietas com baixo teor de Ca e Pd resultaram em maior consumo, em contrapartida Imari et al. (2020) observaram menor consumo de ração em dietas contendo 0,33% de Pd em comparação com dietas com 0,48% de Pd, resultados estes que se assemelham com os do presente estudo.

Entretanto super dosagens de fósforo podem diminuir o consumo de ração, segundo Xue-ke Li et al. (2016) os tratamentos que receberam 1,10% de Pd tiveram menor consumo de ração quando comparados com o tratamento de 0,56% de Pd. Tais resultados se assemelham aos achados no presente experimento, onde o aumento dos níveis de fósforo disponível (0,50 para 0,60%) ocasionou queda de consumo de ração.

A queda de consumo em níveis altos de Ca e Pd no experimento I pode indicar que os animais são sensíveis a excesso desses minerais em uma relação menor (1,65) de Ca e P, assim,

regulando seu consumo. Desse modo, pode-se inferir que dietas com relação de 1,65 Ca e P com mais de 0,50% de Pd podem acarretar em pior desempenho, podendo ser um indicativo que as recomendações de algumas linhas como a Cobb. (2022), que aconselha 0,58% de Pd, podem estar supervalorizando seus níveis de recomendação na ração pré-inicial.

A redução do consumo de ração em dietas com níveis inferiores de fósforo disponível (0,30%) afetou negativamente peso médio, possivelmente devido à diminuição na síntese e liberação de hormônios do crescimento e hormônios tireoidianos, especialmente o T3. Por outro lado, o excesso de cálcio e fósforo na dieta podem comprometer o desempenho das aves, pois reduz a digestibilidade de aminoácidos essenciais, como metionina, lisina e arginina. Esse resultado pode sugerir que os frangos de corte podem ter detectado esses altos níveis de cálcio, ou reduziram o consumo para evitar um desequilíbrio maior de Ca e P, especulando assim que os frangos de corte são capazes de detectar Ca na dieta, entretanto vale ressaltar que tais resultados foram observados em uma relação de Ca e P de 1,65, observando que a relação entre os minerais é tão ou mais importante que seus níveis individualmente.

No experimento I, a pior conversão alimentar foi observada nas aves do T1, que apresentava os menores níveis de fósforo disponível. Consequentemente, esse tratamento também registrou o menor peso médio das aves. Assim, a conversão alimentar melhorou com o aumento dos níveis de cálcio e fósforo. Dessa forma, menores níveis de fósforo resultaram em menor peso médio, impactando negativamente a conversão alimentar. Resultados semelhantes foram relatados por Runho et al. (2001b), que observaram melhora na conversão alimentar com o aumento dos níveis de fósforo disponível (de 0,15% para 0,45%), os autores também relatam que, quando o nível de Pd atingiu 0,65%, houve piora na conversão alimentar. E com isso é possível concluir que devemos trabalhar com níveis seguros de Pd, onde tanto o excesso como a escassez desse mineral podem afetar o desempenho dos animais.

A digestibilidade aparente das aves aos 7 dias foi significativamente afetada nos dois experimentos analisados (Tabela 9Tabela 18). Os resultados foram semelhantes, evidenciando que o aumento dos níveis de fósforo e cálcio impactam negativamente a digestibilidade desses minerais. Para melhorar o aproveitamento do fósforo, reduzindo sua excreção e evitando superdosagens é necessário adotar estratégias nutricionais específicas. Segundo Imari et al. (2020), a restrição de cálcio e fósforo na fase inicial pode aumentar a eficiência do animal na utilização do fósforo em fases subsequentes, levantando a hipótese de que as aves desenvolvem mecanismos compensatórios ao longo da sua vida produtiva.

Segundo Rousseau et al. (2016), as aves conseguem se adaptar a variações nos níveis de Ca e P na dieta, mas o sucesso dessa adaptação e sua influência no crescimento e na

mineralização óssea dependem das quantidades desses minerais nas rações subsequentes. Isso sugere que, se a dieta futura tiver níveis adequados de Ca e P, as aves podem compensar deficiências nas fases anteriores. Os mesmos autores destacam que essa adaptação ocorre por meio da modulação da expressão de genes responsáveis pelos transportadores intestinais de P e Ca. Assim, as aves podem aumentar a absorção desses minerais conforme necessário, ajustando sua expressão genética. No entanto, em casos de deficiência severa de P durante a fase de crescimento como dietas com baixos níveis de P e altos níveis de Ca, a adaptação pode ser insuficiente, comprometendo o crescimento e a saúde óssea na fase de acabamento. Esses achados corroboram os resultados do experimento I, onde aves que receberam dietas com menores níveis de fósforo disponível (0,30%) de 1 a 7 dias conseguiram igualar seu desempenho aos 35 dias em relação aos demais tratamentos.

No Experimento I, os menores coeficientes de digestibilidade de cálcio e fósforo foram encontrados no tratamento que apresentavam maiores níveis desses minerais (0,99% Ca – 0,60% Pd). No Experimento II, observou-se um cenário bastante parecido, onde os coeficientes de digestibilidade do fósforo foram reduzindo no momento em que os níveis de P foi aumentando, onde o menor valor de digestibilidade foi encontrado em dietas com 0,60% de Pd, desse modo podemos observar que o aproveitamento do fósforo diminuiu à medida que os níveis dietéticos desse mineral foram aumentados.

Os resultados de ambos os experimentos corroboram a ideia de que dietas com níveis crescentes de cálcio e fósforo reduzem a digestibilidade desses minerais. Comparando os tratamentos, observou-se maior digestibilidade no T1 em relação ao T4. Tratamentos com maiores níveis de cálcio (0,99% e 1,25%) resultaram em menor digestibilidade do fósforo, enquanto dietas com menores níveis de cálcio (0,50% e 0,63%) apresentaram maiores coeficientes de digestibilidade de fósforo. Ao avaliar a digestibilidade de cálcio e fósforo separadamente, fica evidente que o aumento progressivo de seus níveis prejudica a absorção de ambos. Desse modo, cálcio e fósforo competem pelos mesmos sítios de absorção no intestino, e concentrações elevadas podem favorecer a formação de fosfatos de cálcio, que diminuem a concentração de formas solúveis de Ca e P reduzindo a biodisponibilidade dos minerais no trato digestivo.

A relação cálcio: fósforo (Ca:P) utilizada no Experimento I foi de 1,65, de acordo com Rostagno et al. (2024), enquanto no Experimento II a relação foi de 2,09 Ca:P, seguindo a recomendação da Cobb (2022). No presente estudo, investigaram-se níveis crescentes de fósforo, e independentemente da proporção, pode-se observar que o aumento dos minerais interfere na sua própria digestibilidade. Um fator que tem grande impacto no aproveitamento

do fósforo é uma relação cálcio e fósforo desbalanceada, onde altos teores de cálcio comparados ao fósforo ocasionam na sua queda de digestibilidade. Oliveira et al. (2018) observaram que maiores coeficientes de digestibilidade de P foram obtidos em relações menores de cálcio e fósforo (4,5) quando comparado com relações mais altas (6,0 e 7,5) de Ca:P.

Os achados deste estudo estão de acordo com os achados de Yan et al. (2005), Liu et al. (2013) e Imari et al. (2020) que também observaram que níveis elevados de cálcio comprometem a digestibilidade do fósforo, ressaltando a importância do equilíbrio entre esses minerais na dieta das aves. Além disso, à medida que a concentração de fósforo nas dietas aumentou e sua digestibilidade diminuiu, também observa-se aumento na excreção desse mineral. Esse aspecto é preocupante devido ao impacto ambiental do fósforo, que pode contribuir para aumento desta poluição. Diante disso, questiona-se a real necessidade de níveis excessivos de fósforo em dietas pré-iniciais para frangos de corte.

A definição dos níveis de fósforo a serem utilizados está diretamente ligada à sua absorção e ao metabolismo de outros nutrientes, como o cálcio, cuja atividade está mais de 80% associada ao fósforo na formação óssea. Embora a elevação do fósforo dietético seja frequentemente justificada pela melhora das variáveis ósseas das aves, destaca-se a importância de fornecer níveis adequados para garantir um bom desempenho zootécnico, minimizar os custos da ração, reduzir a excreção de fósforo e promover a saúde óssea de forma sustentável.

Em relação as variáveis de saúde óssea no presente experimento, os tratamentos na primeira semana de vida não afetaram o peso e comprimento da tíbia aos 7, 14 e 35 dias, assim como também não afetou a resistência do fêmur aos 14 e 35 dias, esses resultados foram encontrados em ambos experimentos realizados. Vale destacar que as diferentes concentrações cálcio e fósforo foram fornecidas somente na ração pré-inicial (1 a 7 dias), do oitavo dia em diante foi fornecido uma dieta basal para todos os tratamentos. Desse modo, os resultados podem ser justificados pois é possível que o efeito dos níveis de fósforo na primeira semana não foram suficientes para afetar as variáveis ósseas nas fases posteriores, assim pode-se inferir que as aves conseguem se adaptar às variações na fase inicial de cálcio e fósforo na dieta, ajustando sua eficiência digestiva em fases posteriores.

No entanto, a compensação em termos de desempenho de crescimento e mineralização óssea depende dos níveis de P e Ca fornecidos na dieta subsequente. Portanto, pode-se afirmar que as concentrações de cálcio e fósforo nas dietas das fases posteriores, fase inicial (0,80%Ca e 0,40%Pd) e fase de crescimento (0,72%Ca e 0,39%Pd), foram suficientes para garantir um ótimo desempenho aos 35 dias, mesmo em dietas com menores níveis de fósforo disponível na fase pré- inicial. Os resultados do presente estudo são comparados com os de Imari et al. (2020),

que afirmam que dietas com restrição de fósforo (0,33% de Pd) em uma relação 2,0 de Ca:P, não afetaram o desempenho das aves em fases subsequentes, entretanto os autores afirmam que essa restrição na fase inicial prejudicou a mineralização e resistência óssea, resultados que vão contra os achados do presente experimento, onde não foi observado diferenças na resistência óssea das aves aos 14 e 35 dias. Desse modo, assim como as aves conseguiram se adaptar ao longo da vida para as variáveis ósseas, observou-se também os efeitos dessa adaptação aos 35 dias, onde as aves que tiveram o crescimento retardado na fase inicial conseguiram compensar e se igualar aos demais tratamentos, indicando grande habilidade de adaptação desde que as dietas subsequentes tenham níveis ideais dos minerais.

Os resultados deste experimento indicam que níveis elevados de fósforo não comprometem o desempenho nem as variáveis ósseas das aves aos 35 dias. No entanto, o aumento crescente dos níveis de fósforo reduz a digestibilidade tanto do cálcio quanto do próprio fósforo, resultando em menor aproveitamento desses minerais e consequentemente maior excreção. Observou-se que níveis de 0,60% de Pd diminuem o coeficiente de digestibilidade, aumentando sua eliminação. Além disso, aos 7 dias, as aves alimentadas com 0,50% de fósforo disponível em uma relação Ca:P de 1,65 apresentaram o maior peso médio quando comparado com níveis mais baixos de Pd (0,30%) e maior consumo quando comparado com níveis mais altos de Pd (0,60%). Por outro lado, nas aves criadas com uma relação de 2,09, os níveis de fósforo não influenciaram significativamente o desempenho, sugerindo que o balanço entre esses minerais desempenha um papel essencial na eficiência nutricional e no crescimento inicial das aves, indicando que é possível trabalhar com relações mais próximas de 2:1.

15 Conclusão

Conclui-se que é viável formular rações pré-iniciais com menores níveis de cálcio e fósforo, independentemente da relação entre esses minerais, sem comprometer o desempenho das aves aos 35 dias de idade.

No entanto, aos 7 dias, observou-se que a relação Ca:P de 1,65 resultou em maior peso médio nas aves alimentadas com 0,50% de fósforo disponível (Pd) em comparação com aquelas que receberam 0,30% de Pd. Além disso, os tratamentos com 0,50% de Pd proporcionaram maior consumo de ração em relação aos que continham 0,60% de Pd.

Ademais, verificou-se que o aumento dos níveis de cálcio e fósforo afeta negativamente a digestibilidade desses minerais. Em particular, os tratamentos com 0,60% de Pd apresentaram os menores coeficientes de digestibilidade quando comparados aos com 0,30% de Pd.

Referências Bibliográficas

- ADEDOKUN, S. A.; ADEOLA, O. Digestibilidade de cálcio e fósforo: Limites metabólicos 1. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 22, n. 3, p. 600–608, 1 out. 2013.
- AVIAGEM. Manual de Manejo de Frangos de Corte Ross. p. 130, 2014.
- AVIAGEM. Especificações Nutricionais, Frangos de Corte. p. 8, 2022.
- BELLAVER, C. Limitações e vantagens do uso de farinhas de origem animal na alimentação de suínos e de aves. 2005.
- BERTECHINI, A. G. **Nutrição de Monogástricos**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2004.
- BIKKER, P. et al. Precaecal phosphorus digestibility of inorganic phosphate sources in male broilers. **British Poultry Science**, v. 57, n. 6, p. 810–817, 1 nov. 2016.
- COBB. Cobb500 Broiler Performance & Nutrition Supplement (2022). p. 16, 2022.
- CORDELL, D.; DRANGERT, J.-O.; WHITE, S. The story of phosphorus: Global food security and food for thought. **Global Environmental Change**, Traditional Peoples and Climate Change. v. 19, n. 2, p. 292–305, 1 maio 2009.
- DELEZIE, E. et al. Impacts of calcium and phosphorus concentration, their ratio, and phytase supplementation level on growth performance, foot pad lesions, and hock burn of broiler chickens. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 24, n. 2, p. 115–126, 1 jun. 2015.
- EMBRAPA. Metodologias para avaliação de alimentos para ruminantes domésticos. 2010.
- EMBRAPA. **Custos de Produção de Frangos de Corte - Central de Inteligência de Aves e Suínos (CIAS) - Portal Embrapa**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/custos/icpfrango>>. Acesso em: 8 out. 2023.
- GARCIA, A. R.; BATALLA, A. B.; DALE, N. M. Biological Availability of Phosphorus Sources in Prestarter and Starter Diets for Broiler Chicks. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 15, n. 4, p. 518–524, 1 dez. 2006.
- GARY L, M.; PAUL J, F.; DONALD A. TARR. **Química Inorgânica**. 5 edição ed. São Paulo: Pearson Education, 2014.
- HAMDI, M. et al. Effect of different levels of calcium and phosphorus and their interaction on the performance of young broilers. **Poultry Science**, v. 94, n. 9, p. 2144–2151, 1 set. 2015.

HERVO, F. et al. Effect of phytase and limestone particle size on mineral digestibility, performance, eggshell quality, and bone mineralization in laying hens. **Poultry Science**, v. 102, n. 5, p. 102613, 1 maio 2023.

IMARI, Z. K.; HASSANABADI, A.; NASSIRI MOGHADDAM, H. Response of broiler chickens to calcium and phosphorus restriction: Effects on growth performance, carcass traits, tibia characteristics and total tract retention of nutrients. **Italian Journal of Animal Science**, v. 19, n. 1, p. 929–939, 14 dez. 2020.

KLIMA, R. L.; DYAR, M. D.; PIETERS, C. M. Near-infrared spectra of clinopyroxenes: Effects of calcium content and crystal structure. **Meteoritics & Planetary Science**, v. 46, n. 3, p. 379–395, 2011.

LESKE, K.; COON, C. The development of feedstuff retainable phosphorus values for broilers. **Poultry Science**, v. 81, n. 11, p. 1681–1693, 1 nov. 2002.

LI, X. et al. Phosphorus Bioavailability: A Key Aspect for Conserving this Critical Animal Feed Resource with Reference to Broiler Nutrition. **Agriculture**, v. 6, n. 2, p. 25, jun. 2016a.

LI, X. et al. Effect of dietary phosphorus levels on meat quality and lipid metabolism in broiler chickens. **Food Chemistry**, v. 205, p. 289–296, 15 ago. 2016b.

LIU, J. B.; CHEN, D. W.; ADEOLA, O. Phosphorus digestibility response of broiler chickens to dietary calcium-to-phosphorus ratios. **Poultry Science**, v. 92, n. 6, p. 1572–1578, 1 jun. 2013.

LIU, S. B. et al. Kinetics of phosphorus absorption in ligated small intestinal segments of broilers¹. **Journal of Animal Science**, v. 94, n. 8, p. 3312–3320, 1 ago. 2016.

MAJEED, S. et al. Limestone particle size, calcium and phosphorus levels, and phytase effects on live performance and nutrients digestibility of broilers. **Poultry Science**, v. 99, n. 3, p. 1502–1514, 1 mar. 2020.

MARKS, J.; DEBNAM, E. S.; UNWIN, R. J. Phosphate homeostasis and the renal-gastrointestinal axis. **American Journal of Physiology-Renal Physiology**, v. 299, n. 2, p. F285–F296, ago. 2010.

MARTINEZ ROJAS, I. Y. et al. Assessment of a phytase included with lactic acid on productive parameters and on deposition of phosphorus, calcium, and zinc in laying hens fed with sorghum–soybean-meal-based diets. **Journal of Applied Animal Research**, v. 46, n. 1, p. 314–321, 1 jan. 2018.

MICHIGAMI, T. et al. Phosphate as a Signaling Molecule and Its Sensing Mechanism. **Physiological Reviews**, v. 98, n. 4, p. 2317–2348, out. 2018.

NESET, T.-S. S.; CORDELL, D. Global phosphorus scarcity: identifying synergies for a sustainable future. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 92, n. 1, p. 2–6, 2012.

NRC. **Nutrient Requirements of Poultry: Ninth Revised Edition, 1994**. Washington, D.C.: National Academies Press, 1994.

OLIVEIRA, D. H. DE et al. Ileal digestibility of calcium and phosphorus in broilers fed diets with different phytases and Ca:available P ratios. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, p. 1222–1229, nov. 2018.

OLUKOSI, O. A.; COWIESON, A. J.; ADEOLA, O. Age-Related Influence of a Cocktail of Xylanase, Amylase, and Protease or Phytase Individually or in Combination in Broilers¹. **Poultry Science**, v. 86, n. 1, p. 77–86, 1 jan. 2007.

ONYANGO, E. et al. Bone densitometry as an indicator of percentage tibia ash in broiler chicks fed varying dietary calcium and phosphorus levels. **Poultry Science**, v. 82, n. 11, p. 1787–1791, 1 nov. 2003.

RAMA RAO, S. V.; RAVINDRA REDDY, V.; RAMASUBBA REDDY, V. Enhancement of phytate phosphorus availability in the diets of commercial broilers and layers. **Animal Feed Science and Technology**, v. 79, n. 3, p. 211–222, 1 jun. 1999.

ROMÁN-GARCÍA, P. et al. High phosphorus diet induces vascular calcification, a related decrease in bone mass and changes in the aortic gene expression. **Bone**, v. 46, n. 1, p. 121–128, 1 jan. 2010.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas Brasileiras para aves e suínos**. 2a edição ed. Viçosa- MG: [s.n.].

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas Brasileiras para aves e suínos**. 4ª edição ed. Viçosa- MG: [s.n.].

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas Brasileiras para aves e suínos**. 5ª edição ed. Viçosa- MG: [s.n.].

ROUSSEAU, X. et al. Adaptive response of broilers to dietary phosphorus and calcium restrictions. **Poultry Science**, v. 95, n. 12, p. 2849–2860, 1 dez. 2016.

RUNHO, R. C. et al. Exigência de fósforo disponível para frangos de corte machos e fêmeas de 1 a 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, p. 187–196, fev. 2001a.

RUNHO, R. C. et al. Exigência de fósforo disponível para frangos de corte machos e fêmeas de 1 a 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, p. 187–196, fev. 2001b.

SAKOMURA, N. K. et al. **Nutrição de Não Ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2014.

SHASTAK, Y. et al. Comparação das medidas de retenção e digestibilidade pré-cecal na avaliação de fontes de fósforo mineral em frangos de corte 1 , 2. **Poultry Science**, v. 91, n. 9, p. 2201–2209, 1 set. 2012.

SILVA, Y. L. DA et al. Redução de proteína e fósforo em rações com fitase para frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade: desempenho e teores de minerais na cama. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, p. 840–848, jun. 2006.

SUN, M. et al. Disorders of Calcium and Phosphorus Metabolism and the Proteomics/Metabolomics-Based Research. **Frontiers in Cell and Developmental Biology**, v. 8, 10 set. 2020.

VAN HARN, J. et al. Determination of pre-cecal phosphorus digestibility of inorganic phosphates and bone meal products in broilers. **Poultry Science**, v. 96, n. 5, p. 1334–1340, 1 maio 2017.

VEUM, T. L. Phosphorus and calcium nutrition and metabolism. **Phosphorus and calcium utilization and requirements in farm animals**, CABI Books. p. 94–111, jan. 2010.

WALDROUP, P. W. et al. Nonphytate phosphorus requirement and phosphorus excretion of broiler chicks fed diets composed of normal or high available phosphate corn with and without microbial phytase1. **Poultry Science**, v. 79, n. 10, p. 1451–1459, 1 out. 2000.

YAN, F. et al. Evaluation of the broiler's ability to adapt to an early moderate deficiency of phosphorus and calcium. **Poultry Science**, v. 84, n. 8, p. 1232–1241, 1 ago. 2005.

ZHANG, Q. Q. et al. Dietary calcium and non-phytate phosphorus levels affect the performance, serum biochemical indices, and lipid metabolism in growing pullets. **Poultry Science**, v. 102, n. 2, p. 102354, 1 fev. 2023.