



Níveis de fósforo digestível para leitoas em crescimento

[Levels of digestible phosphorus for growing gilts]

Kelly Cristina Nunes Carvalho¹ , Charles Kiefer¹ , Karina Márcia Ribeiro de Souza Nascimento¹ , Tânia Mara Baptista dos Santos² , Anderson Corassa³ , Danilo de Souza Sanches¹ , Gabriela Puhl Rodrigues¹ 

1 Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil 

2 Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Aquidauana, Mato Grosso do Sul, Brasil 

3 Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Sinop, Mato Grosso, Brasil 

*autor correspondente: charles.kiefer@ufms.br

Recebido: 06 de maio de 2025. Aceito: 05 de fevereiro de 2026. Publicado: 17 de março de 2026.

Editor: Rondineli P. Barbero

Resumo: Realizou-se este estudo com o objetivo de avaliar níveis de fósforo digestível em dietas para leitoas em crescimento (30 aos 50 kg), com alto potencial para deposição de carne magra, sobre desempenho e características dos dejetos. Foram utilizadas 60 leitoas, com peso inicial de $29,99 \pm 3,37$ kg, distribuídos em delineamento de blocos ao acaso, com cinco níveis de fósforo digestível (0,219; 0,269; 0,319; 0,369 e 0,419 %), seis repetições e dois animais por unidade experimental. Os níveis de fósforo não influenciaram ($P>0,05$) o peso final, ganho de peso total, ganho de peso diário, consumo de ração diário, consumo de ração total, consumo de proteína bruta, consumo de lisina digestível, consumo de energia metabolizável e a conversão alimentar. Os consumos diários de fósforo digestível e de cálcio aumentaram linearmente ($P<0,01$) de acordo com o aumento do nível de fósforo e cálcio na dieta. A matéria seca, matéria natural, coeficiente de resíduo, sólidos totais e nitrogênio total dos dejetos não foram influenciados ($P>0,05$) pelos níveis de fósforo. Por outro lado, foi possível observar aumento linear ($P<0,01$) para sólidos voláteis e fósforo total nos dejetos dos suínos de acordo com o aumento dos níveis de fósforo digestível. Conclui-se que o nível de 0,219 % de fósforo digestível, correspondente ao consumo de 3,67 g de fósforo digestível diário, atende às exigências nutricionais de fósforo para leitoas em crescimento (30 aos 50 kg) e possibilita a redução da excreção de fósforo nos dejetos.

Palavras-chave: exigência nutricional; dejetos; minerais; nutrição.

Abstract: The aim of this study was to evaluate the effects of digestible phosphorus levels in diets for growing gilts (30 to 50 kg), which have high potential for lean meat deposition, on the performance and characteristics of waste. Sixty gilts were used, with an initial weight of 29.99 ± 3.37 kg, distributed in a randomized block design with five levels of digestible phosphorus (0.219, 0.299, 0.319, 0.369, and 0.419 %), six replicates, and two animals per experimental unit. Phosphorus levels did not influence ($P>0.05$) final weight, total weight gain, daily weight gain, daily feed intake, total feed intake, crude protein consumption, digestible lysine consumption, metabolizable energy, and feed conversion. The daily intakes of digestible phosphorus and calcium increased linearly ($P<0.01$) with increasing levels of phosphorus and calcium in the diet. The dry matter, natural matter, residue coefficient, total solids, and total nitrogen of the manure were not influenced ($P>0.05$) by the phosphorus level. On the other hand, a linear increase ($P<0.01$) was observed for volatile solids and total phosphorus in swine

manure as the digestible phosphorus level increased. The level of 0.219 % digestible phosphorus, corresponding to an intake of 3.67 g of daily digestible phosphorus, meets the nutritional requirements of phosphorus for growing gilts (30 to 50 kg) and allows for a reduction in phosphorus excretion in waste.

Keywords: manure; minerals; nutrition; nutritional requirements.

1. Introdução

Com o intuito de melhorar a eficiência econômica na produção de carne magra na suinocultura moderna, as exigências nutricionais de alguns nutrientes necessitam de atualizações constante. Dentre esses, o fósforo é de particular interesse, devido a sua importância para muitos processos dentro do organismo, como o metabolismo energético e síntese proteica ⁽¹⁾.

A ingestão inadequada de fósforo pode resultar em redução da taxa de crescimento muscular e ósseo e diminuir a eficiência alimentar de suínos ⁽²⁾. Sendo assim, a formulação de dietas para suínos requer informações precisas e atualizadas das exigências de fósforo nas diferentes fases de criação, sob pena de comprometer o desempenho dos animais ⁽³⁾.

A concentração adequada de fósforo na dieta irá proporcionar ao animal máxima deposição de tecido muscular ⁽⁴⁾. Desse modo, suínos com alta capacidade para deposição de carne magra, mobilizarão fósforo dos ossos e não atingirão deposição máxima de proteína muscular se receberem dietas deficientes. Por outro lado, uma dieta com excesso de fósforo poderá comprometer a absorção de cálcio e aumentar os custos de produção, já que o fósforo é o terceiro nutriente mais oneroso na dieta de suínos, além de causar maior excreção deste nutriente, podendo causar impacto negativo ao meio ambiente ⁽⁵⁾.

Com o passar dos anos, tem se verificado mudanças nas recomendações diárias de fósforo para os suínos. Em 2005, o valor de fósforo disponível recomendado na dieta para leitoas de alto potencial genético foi de 0,332 % ⁽⁶⁾. No entanto, com a sequência de atualizações das tabelas de brasileiras de exigências nutricionais para aves e suínos, as recomendações também passaram a ser apresentadas para fósforo digestível, sendo os níveis recomendados de 0,319 % ⁽⁷⁾, 0,349 % ⁽⁸⁾ e 0,360 % ⁽⁹⁾. As atualizações dos níveis nutricionais demonstram o aumento linear das exigências e diante desse cenário, torna-se necessária a avaliação contínua das exigências nutricionais de fósforo para suínos. Portanto, realizou-se este trabalho com o objetivo de avaliar níveis de fósforo digestível em dietas para leitoas dos 30 aos 50 kg, sobre desempenho e características quantitativas e qualitativas dos dejetos.

2. Material e métodos

A pesquisa foi realizada na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) sendo realizada de acordo com o comitê de ética de uso animal da UFMS (protocolo número 721/2015). Foram utilizadas 60 leitoas de cruzamento comercial (Duroc / Pietran × Large White / Landrace) e com peso inicial de $29,99 \pm 3,37$ kg e final de $48,19 \pm 4,11$ kg. Os animais foram alojados em galpão de alvenaria, contendo 30 baias dimensionadas em 1,15 m de largura x 2,86 m de comprimento, dotadas de lâmina d'água, comedouros semiautomáticos e bebedouros tipo chupeta.

As temperaturas de bulbo seco, bulbo úmido, globo negro e a umidade relativa do ar (%) foram mensuradas diariamente às 08 e às 16 h, em seis pontos à altura do dorso dos animais, por meio de termômetro digital portátil modelo ITWTG 2000. O índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) foi calculado pela equação proposta por Buffington ⁽¹⁰⁾. As médias das

temperaturas mínimas e máximas, umidade relativa e ITGU observadas no período experimental foram de $22,0 \pm 2,32^{\circ}\text{C}$, $31,0 \pm 2,50^{\circ}\text{C}$ e $81,92 \pm 10,98 \%$ e $76,85 \pm 3,01$, respectivamente. O período experimental teve duração de 21 dias.

Os animais foram distribuídos em delineamento experimental de blocos ao acaso, com cinco níveis de fósforo digestível (0,219; 0,269; 0,319; 0,369 e 0,419 %), seis repetições e dois animais por unidade experimental. A unidade experimental foi representada pela baia e para a formação dos blocos foi considerado o peso inicial dos animais.

As dietas experimentais foram elaboradas à base de milho e farelo de soja, suplementadas com minerais e vitaminas, para atender às exigências nutricionais das leitoas ⁽⁷⁾, exceto para os níveis de fósforo digestível e de cálcio. A relação cálcio: fósforo foi mantida constante. As concentrações de fósforo total dos ingredientes foram avaliadas por testes laboratoriais realizados no Laboratório de Nutrição Animal da UFMS. As concentrações de fósforo digestível utilizadas para preparar as dietas experimentais (Tabela 1) foram baseadas nos coeficientes de digestibilidade estabelecidos para suínos em crescimento ⁽⁷⁾.

Tabela 1. Valores totais de cálcio e fósforo, coeficiente de digestibilidade e fósforo digestível dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais.

Ingredientes	Cálcio, g/kg ¹	Fósforo total, g/kg ¹	CVDP ²	Fósforo digestível, g/kg
Milho	0,30	2,50	44,00	0,97
Farelo de soja, 46 %	2,40	6,40	45,70	2,60
Fosfato bicálcico	245,00	178,50	75,00	139,70
Calcário calcítico	377,00	-	-	-

¹Valores analisados. ²CVDP = Coeficiente verdadeiro de digestibilidade de fósforo para suínos ⁽⁷⁾.

Com base na dieta referência (Tabela 2), as dietas experimentais foram suplementadas com fosfato bicálcico em substituição ao caulim para preparar dietas com cinco concentrações de fósforo digestível. Todas as dietas foram suplementadas com calcário calcítico como fonte de cálcio para manter a proporção constante de fósforo digestível com cálcio. As dietas foram suplementadas com aminoácidos cristalinos para manter o mesmo padrão de proteína ideal entre as dietas. As dietas experimentais e a água foram fornecidas à vontade aos animais.

Os dejetos produzidos foram quantificados e submetidos à caracterização física, por meio da determinação de sólidos totais e sólidos voláteis, e à caracterização química, com a análise do nitrogênio total e do fósforo total. Nos dias que antecederam cada coleta, as baias foram completamente lavadas, não sendo utilizada lâmina d'água durante o período de amostragem. Cada coleta foi realizada ao longo de 24 horas. Após esse período, os dejetos foram pesados, acondicionados em sacos plásticos devidamente identificados e armazenados em congelador a -12°C . Posteriormente descongelados e mantidos em temperatura ambiente, para realização das análises. A produção de dejetos, expressa em kg sólidos totais/animal/dia, foi calculada com os dados de pesagem dos dejetos em kg, número de animais alojados, número de dias e teor de sólidos totais (ST) encontrado nos dejetos, conforme equação: Produção de dejetos = kg de dejetos/animal/dia x sólidos totais ⁽¹¹⁾.

Também foi calculado o coeficiente de resíduo (CR), que indica a quantidade de resíduo gerado por quilograma de ganho de peso, considerando-se a quantidade total de dejetos produzido (base seca) em relação ao ganho de peso dos animais, conforme equação: $\text{CR} = (\text{Produção de dejetos/ganho de peso})$, descrita por Rosa ⁽¹¹⁾.

Os teores de sólidos totais (ST) e sólidos voláteis (SV) foram determinados segundo metodologia proposta em APHA ⁽¹²⁾. O nitrogênio total foi determinado pelo método de Kjeldahl, conforme metodologia ⁽¹³⁾. As amostras foram previamente homogeneizadas e submetidas à digestão ácida com ácido sulfúrico concentrado, na presença de catalisador, promovendo a conversão do nitrogênio orgânico em íon amônio. Após a digestão, o extrato foi alcalinizado e o nitrogênio amoniacal liberado por destilação a vapor, sendo posteriormente coletado em solução de ácido bórico. A quantificação foi realizada por titulação com solução padrão de ácido clorídrico, e os resultados foram calculados para porcentagem. O fósforo total foi determinado após digestão ácida das amostras, visando à conversão de todas as formas de fósforo em ortofosfato. Para isso, as amostras previamente homogeneizadas foram submetidas à digestão com ácido sulfúrico, associada a agente oxidante, sob aquecimento controlado. Após a digestão e resfriamento, o fósforo foi quantificado por método colorimétrico, utilizando o reagente ácido ascórbico, com formação do complexo azul de molibdênio. A absorbância foi determinada em espectrofotômetro a comprimento de onda de aproximadamente 880 nm, e a concentração de fósforo total foi calculada por meio de curva padrão, sendo os resultados calculados em porcentagem, conforme metodologia descrita na literatura ⁽¹³⁾.

Tabela 2. Composições nutricionais e centesimal das dietas experimentais para leitoas em crescimento (30 aos 50 kg).

Ingredientes	Níveis de fósforo digestível, %				
	0,219	0,269	0,319	0,369	0,419
Milho	68,427	68,427	68,427	68,427	68,427
Farelo de soja, 46 %	26,820	26,820	26,820	26,820	26,820
Óleo de soja	0,978	0,978	0,978	0,978	0,978
Fosfato bicálcico	0,532	0,892	1,252	1,612	1,972
Calcário calcítico	0,644	0,686	0,728	0,770	0,812
Sal	0,405	0,405	0,405	0,405	0,405
L-Lisina HCl 78 %	0,223	0,223	0,223	0,223	0,223
Premix vitamínico/mineral ¹	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
Promotor de crescimento ²	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
DL-Metionina 99 %	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072
L-Treonina 98 %	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042
Inerte (caulim)	1,607	1,205	0,803	0,401	0,000
Composição calculada					
Proteína bruta, %	18,03	18,03	18,03	18,03	18,03
Energia metabolizável, Mcal/kg	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25
Lisina digestível, %	0,988	0,988	0,988	0,988	0,988
Met+Cist digestível, %	0,583	0,583	0,583	0,583	0,583
Treonina digestível, %	0,642	0,642	0,642	0,642	0,642
Triptofano digestível, %	0,187	0,187	0,187	0,187	0,187
Sódio, %	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180
Cálcio, %	0,458	0,562	0,666	0,770	0,874
Fósforo digestível, %	0,219	0,269	0,319	0,369	0,419
Relação Ca: P	2,09:1	2,09:1	2,09:1	2,09:1	2,09:1

¹Conteúdo por quilograma de ração: ácido pantotênico, 9,2 mg; niacina, 18,0 mg; ácido fólico, 0,5 mg; cobre, 15,0 mg; ferro, 0,10 g; zinco, 0,13 g; iodo, 1,0 mg; selênio, 0,3 mg; manganês, 0,05 g; vitamina A, 5.000 UI; vitamina D3, 1.000 UI; vitamina E, 25,0 UI; vitamina K3, 3,0 mg; vitamina B1, 1,5 mg; vitamina B2, 4,0 mg; vitamina B6, 1,5 mg; vitamina B12, 18,0 mg e B.H.T (Hidróxido de Tolueno Butilado) e excipiente q.s.p., 1g. ²Bacitracina de zinco.

Os dados obtidos para as características de desempenho, de quantificação e caracterização dos dejetos foram submetidos à análise de variância, considerando-se o peso inicial dos animais como covariável. Também foram realizadas análises de regressão linear e quadrática, conforme o melhor ajuste obtido para cada variável. As estatísticas foram realizadas utilizando o programa estatístico SAS, versão 9.1 ⁽¹⁴⁾. Adotou-se o nível de 5 % de significância.

3. Resultados e discussão

Os níveis de fósforo digestível não influenciaram ($P>0,05$) o peso final, ganho de peso diário, consumos de ração, proteína bruta, lisina digestível e de energia metabolizável e a conversão alimentar dos suínos (Tabela 3). Ao estudarem baixos (0,250 %) e altos (0,300 %) níveis de fósforo digestível na alimentação de suínos em crescimento, Schlegel & Gutzwiller ⁽¹⁵⁾ também não observaram efeitos sobre o ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar.

Tabela 3. Desempenho de leitoas dos 30 aos 50 kg, alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de fósforo digestível.

Variáveis	Níveis de fósforo digestível, %					CV, %	Valor P
	0,219	0,269	0,319	0,369	0,419		
PI, kg	29,86	29,89	29,75	29,66	30,88	-	-
PF, kg	47,33	47,96	47,83	48,49	49,56	5,30	0,372
GPD, g	832	860	861	896	890	7,39	0,095
CRD, kg	1,68	1,82	1,67	1,72	1,80	9,96	0,710
CPDD, g*	3,67	4,91	5,33	6,35	7,53	10,70	<0,001
CCaD, g	7,68	10,25	11,13	13,26	15,70	10,69	<0,001
CPBD, g	302,17	328,86	301,14	310,44	323,90	9,96	0,709
CLisD, g	16,56	18,02	16,50	17,01	17,75	9,96	0,710
CED, Mcal/kg	5,46	5,94	5,44	5,61	5,85	9,96	0,709
CA	2,03	2,12	1,94	1,95	2,02	7,65	0,271

PI= Peso inicial; PF = Peso final; GPT= Ganho de peso total; GPD= Ganho de peso diário; CRD= Consumo de ração diário; CRT= Consumo de ração total; CPDD = Consumo de fósforo digestível diário; CCaD= Consumo de cálcio diário; CPBD= Consumo de proteína bruta diário; CLisD= Consumo de lisina diário; CED= Consumo de energia diário; CA= Conversão alimentar. *Efeito linear ($P<0,01$).

Por outro lado, Oster ⁽¹⁶⁾ ao avaliarem níveis de 0,56 % (baixo), 0,84 % (médio), 1,02 % (alto) de fósforo digestível na dieta de suínos em crescimento, verificaram efeitos positivos no ganho de peso, consumo de ração e na conversão. Do mesmo modo, Bünzen ⁽¹⁷⁾ e Araujo ⁽¹⁸⁾ verificaram que dietas com 0,310 % e 0,435 % de fósforo digestível promovem efeitos positivos no ganho de peso de suínos em crescimento, respectivamente. Também Drews ⁽¹⁹⁾ observaram melhora na conversão alimentar dos suínos de acordo com o aumento do nível de fósforo, possivelmente pela mudança na composição do ganho de peso e, consequentemente, com o aumento da proporção de deposição de proteína na carcaça.

Embora o consumo de ração não tenha sido influenciado pelos níveis de fósforo no presente estudo, pode-se inferir que o consumo médio de 1,74 kg obtido foi superior ao de 1,41 kg estimado pela literatura ⁽⁹⁾ para leitoas na mesma faixa de peso. Estudos ⁽²⁰⁾ relatam que o fósforo pode influenciar o controle do apetite em suínos, sendo que sua deficiência nutricional pode reduzir o consumo de ração devido à queda na síntese e liberação dos hormônios do crescimento e da tireoide, especialmente a triiodotironina, o que impacta a eficiência alimentar. Além disso, o déficit nutricional de fósforo pode promover a retenção inadequada do mineral, prejudicando a estrutura esquelética e afetando diversos processos fisiológicos dependentes de fósforo em suínos.

Dessa forma, podemos inferir que no presente estudo não houve deficiência nutricional extrema de fósforo, uma vez que os níveis de fósforo digestível não prejudicaram o consumo de ração, conforme estudos ⁽²¹⁾ que observaram que o déficit de fósforo não afeta o consumo, porém, tal efeito ocorrerá se houver deficiência extrema desse mineral. Os resultados também obtidos estão coerentes aos da literatura ^(15, 22-24), que ao avaliarem níveis de fósforo para suínos em crescimento também não observaram alteração do consumo voluntário.

Por outro lado, o consumo de fósforo digestível diário aumentou linearmente ($P < 0,01$) em função do aumento do nível de fósforo na dieta, de acordo com a equação $\hat{Y} = -0,2861 + 18,32x$, $r^2 = 0,98$. Também foi observado efeito linear ($P < 0,01$) no consumo de cálcio, de acordo com a equação $\hat{Y} = -0,5499 + 38,1x$, $r^2 = 0,98$. Como não houve efeito no consumo de ração diário, pode-se inferir que os aumentos nos consumos de fósforo digestível e de cálcio ocorreram em função do aumento da concentração dos mesmos na dieta, visto que, a relação cálcio: fósforo se manteve constante na proporção de 2:1.

Pode-se inferir que as exigências de fósforo determinadas no presente estudo são discrepantes com as observadas na literatura. Saraiva ⁽²⁵⁾ estabeleceram para fêmeas o nível de 0,349 % para ganho de peso e 0,354 % para conversão alimentar, correspondendo ao consumo diário de 7,45 g e 7,36 g de fósforo disponível, respectivamente. Posteriormente, Saraiva ⁽²²⁾ recomendaram para suínos da mesma categoria e peso, o nível de 0,372 % e consumo de 8,20 g. Por sua vez, Bünzen ⁽¹⁷⁾ sugeriram o nível de 0,310 % e consumo diário de 5,87 g de fósforo digestível para machos castrados e fêmeas e Drews ⁽¹⁹⁾ sugeriram níveis de 0,331 e consumo de 5,73g, 0,330 e consumo de 5,71g, 0,302 % e consumo de 5,18g de fósforo disponível, para o ganho de peso diário, consumo de ração e conversão alimentar, respectivamente.

Em estudos mais recentes, Nieto ⁽²⁴⁾ recomendaram o nível de 0,219 % e consumo diário de 3,58 g para suínos machos castrados dos 30 aos 50 kg. As exigências de fósforo digestível para atendimento das características de desempenho dos animais avaliados no presente estudo, foram atendidas pelo nível de 0,219 % correspondente ao consumo diário de 3,67 g. Todavia, a maioria dos trabalhos acima mencionados sugerem níveis mais elevados para atendimento das exigências de animais nesta faixa de peso.

Além destes, as recomendações estabelecidas nas tabelas brasileiras de exigências nutricionais para aves e suínos ⁽⁷⁾ seguiram a mesma tendência, preconizando o nível de 0,319 % que corresponde ao consumo diário de 5,73 g de fósforo digestível para fêmeas suínas, dos 30 aos 50 kg. Segundo NRC ⁽²⁶⁾, a recomendação de fósforo digestível para fêmeas dos 25 aos 50 kg é de 0,310 %. Por sua vez, as recomendações de fósforo digestível das tabelas FEDNA ⁽²⁷⁾, para suínos de alto desempenho na faixa de 20 a 60 kg, é de 0,29 %.

O nível recomendado ideal pelas tabelas brasileiras publicadas em 2017 ⁽⁸⁾ foi de 0,349 % que corresponde ao consumo diário de 5,44 g de fósforo digestível para fêmeas suínas. Essa recomendação foi atualizada em 2024 ⁽⁹⁾, sendo que a exigência nutricional de fósforo digestível passou para 0,360 %, o que representa um consumo diário de 4,89g.

De acordo com as variações dos dados para desempenho encontrados no presente trabalho e nos outros publicados por diferentes pesquisadores, pode-se inferir que as diferenças quanto às exigências nutricionais de fósforo podem estar relacionadas ao potencial genético dos animais para deposição de tecido muscular ⁽²⁸⁾, do status sanitário ⁽²⁹⁾ e do ambiente térmico em que foram submetidos ^(30, 31).

Não houve efeito ($P>0,05$) dos níveis de fósforo digestível no teor de matéria seca, na matéria natural e do coeficiente de resíduo dos dejetos, demonstrando que os níveis de fósforo avaliados não alteraram quantitativamente a produção de dejetos (Tabela 4). A produção média de dejetos observada no presente estudo, foi de 0,175 e 0,562 kg de matéria seca e matéria natural/dia/animal, respectivamente. Pode-se destacar que os níveis de fósforo não afetaram a produção de dejetos, considerando que também não alteraram o consumo de ração diário dos animais.

Tabela 4. Produção de dejetos e coeficiente de resíduo de leitoas alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de fósforo digestível dos 30 aos 50 kg.

Variáveis	Níveis de fósforo digestível, %					CV, %	Valor P
	0,219	0,269	0,319	0,369	0,419		
Produção de dejetos na MN ¹	0,625	0,536	0,530	0,521	0,596	30,53	0,776
Produção de dejetos na MS ¹	0,198	0,172	0,178	0,150	0,177	33,78	0,423
Coeficiente de resíduo ²	0,237	0,197	0,199	0,195	0,198	23,60	0,207

¹kg/dia/animal; ²kg dejetos/kg corporal; MN: matéria natural; MS: matéria seca.

O coeficiente de resíduo médio observado no presente estudo, foi de 0,205 kg de dejetos por kg de peso corporal, o que significa dizer que, no período avaliado os animais produziram 0,205 kg de dejetos para cada 1,00 kg de peso. Orrico Junior ⁽³²⁾ observaram coeficiente de resíduo de 0,230 kg dejetos por kg de peso corporal para suínos em crescimento, ao passo que Carvalho ⁽³³⁾ obtiveram valores de coeficiente de resíduo de 0,284 kg dejetos por kg de peso corporal de fêmeas suínas dos 30 a 100 kg. Na fase de crescimento normalmente os suínos são mais eficientes na utilização dos nutrientes da dieta convertendo-os em peso corporal, isso pode ser observado pelo coeficiente de resíduo, onde valores inferiores a um indicam eficiência produtiva do sistema e da fase do animal analisada.

Os níveis de fósforo digestível não influenciaram ($P>0,05$) os teores de sólidos totais e de nitrogênio total dos dejetos (Tabela 5). Constatou-se efeito linear ($P<0,01$) dos níveis de fósforo digestível nos teores de sólidos voláteis dos dejetos dos animais de acordo com a equação $\hat{Y}=75,75+20,5x$, $r^2=0,82$. O aumento linear observado nos sólidos voláteis demonstra que conforme aumentou os níveis de fósforo digestível na dieta, a concentração da matéria orgânica aumentou nos dejetos, isto porque, todo nutriente fornecido em excesso, ou seja, acima da exigência do animal não será digerido e aproveitado pelo mesmo, sendo este nutriente excretado via dejetos, aumentando assim a porcentagem de material orgânico e poder poluente.

Os valores médios para sólidos voláteis encontrados no presente trabalho foram de 82,29 %, valor próximo de 85,9 % encontrados para dejetos de suínos em crescimento ⁽³⁴⁾. A excreção de fósforo total aumentou linearmente ($P<0,01$) conforme se elevaram os níveis de fósforo digestível nas dietas, aumentando concomitantemente a excreção de fósforo total para o ambiente, conforme a equação $\hat{Y}=-0,9509+3,32x$, $r^2=0,81$. O aumento da excreção de fósforo nos dejetos deve ser considerado, visto que, este é um dos nutrientes de maior impacto ambiental contido nos dejetos de suínos, pois é o fator limitante no crescimento de certas algas em lagoas e rios ⁽³⁵⁾, que podem causar a eutrofização levando a baixa concentração de oxigênio e mortalidade de peixes.

Tabela 5. Características físico-químicas dos dejetos de leitoas alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de fósforo digestível, dos 30 aos 50 kg.

Variáveis ¹	Níveis de fósforo digestível, %					CV, %	Valor P
	0,219	0,269	0,319	0,369	0,419		
ST, %	31,60	31,37	34,17	28,91	29,29	9,29	0,056
SV, %*	80,19	80,97	83,34	82,34	84,63	2,80	0,001
N total, %	3,52	3,55	3,41	3,63	3,71	6,79	0,183
P total, %*	1,77	1,83	1,80	2,27	2,38	11,83	<0,001

ST: sólidos totais; SV: sólidos voláteis; N: nitrogênio; P: fósforo. ¹Valores expressos em base de MS (matéria seca). *Efeito linear (P<0,05).

É importante salientar que, a dieta contendo o nível de 0,219 % de fósforo digestível, correspondente ao consumo diário de 3,67g não prejudicou o desempenho dos animais, apresentando menor percentual de fósforo total excretado nos dejetos. Portanto, esse nível pode ser recomendado para a formulação das dietas para leitoas dos 30 aos 50 kg. Diante do exposto, torna-se evidente a necessidade de revisão das recomendações nutricionais de fósforo digestível para esta categoria, uma vez que, as exigências para o máximo desempenho e menor excreção de fósforo para o ambiente foram atendidas com níveis inferiores aos estabelecidos pelas tabelas de exigências nutricionais ^(7-9, 26, 27).

4. Conclusão

O nível de 0,219 % de fósforo digestível, correspondente ao consumo de 3,67 g de fósforo digestível diário, atende as exigências nutricionais de fósforo para leitoas em crescimento, dos 30 aos 50 kg e promove menor excreção de fósforo nos dejetos.

Declaração de conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Declaração de disponibilidade de dados

Os dados serão disponibilizados mediante solicitação ao autor correspondente.

Contribuições do autor

Conceituação: Carvalho, K. C. N. e Kiefer, C. Curadoria de dados: Carvalho, K. C. N. e Kiefer, C. Análise formal: Carvalho, K. C. N. e Kiefer, C. Metodologia: Kiefer, C. Investigação: Carvalho, K. C. N. Aquisição de financiamento: Kiefer, C. Administração do projeto: Kiefer, C. Supervisão: Kiefer, C. Redação (rascunho original): Carvalho, K. C. N. Redação (revisão e edição): Kiefer, C.; Nascimento, K. M. R. S.; Santos, T. M. B.; Corassa, A.; Saches, D. S.; Rodrigues, G. P.

Declaração de uso de IA generativa

Os autores não utilizaram ferramentas ou tecnologias generativas de Inteligência Artificial na criação ou edição de qualquer parte deste manuscrito.

Referências

1. Zhai H, Adeola O, Liu J. Phosphorus nutrition of growing pigs. *Animal Nutrition*. 2022; 9: 127-137. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2022.01.010>
2. Becker SL, Gould SA, Petry AL, Kellesvig LM, Patience JF. Adverse effects on growth performance and bone development in nursery pigs fed diets marginally deficient in phosphorus with increasing calcium to available phosphorus ratios. *Journal of Animal Sciences*. 2020; 98(10): 1–8. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa325>
3. Kala A, Saxena A, Jadhav SE, Chaudhary LC, Chaudhary P, Thakur K, Verma AK. Feed resources, feeding principles, and nutrient requirements of pigs. Em: *Commercial Pig Farming*. Academic Press, 2025. p. 87-102. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-23769-0.00006-3>

4. VierCM, Dritz SS, Wu F, Tokach MD, DeRouchey JM, Goodband RD, Gonçalves MAD, Orlando UAD, Chitakasempornkul K, Woodworth JC. Standardized total tract digestible phosphorus requirement of 24-to 130-kg pigs. *Journal of Animal Science*. 2019; 97(10): 4023-4031. <https://doi.org/10.1093/jas/skz256>
5. Sobol M, Skiba G, Raj S, Kowalczyk P, Kramkowski K, Świątkiewicz M, Grela ER. Chemical body composition and bone growth of young pigs as affected by deficiency, adequate and excess of dietary phosphorus supply. *Annals of Animal Science*. 2022; 22(4): 1363-1372. <https://doi.org/10.2478/aoas-2022-0061>
6. Rostagno HS, Albino LFT, Donzele JL, Gomes PC, Oliveira RD, Lopes DC, Ferreira AS, Barreto SLD. Tabelas brasileiras para suínos e aves: composição de alimentos e exigências nutricionais. 2nd ed. UFV-DZO, Viçosa, MG, Brasil, 2005. 186 p.
7. Rostagno HS, Albino LFT, Donzele JL, Gomes PC, Oliveira RD, Lopes DC, Ferreira SLTB, Euclides RF. Tabelas brasileiras para suínos e aves: composição de alimentos e exigências nutricionais 3rd ed. UFV-DZO, Viçosa, MG, Brasil, 2011. 252 p.
8. Rostagno HS, Albino LFT, Hannas MI, Donzele JL, Sakomura NK, Perazzo FG, Saraiva A, Abreu MLT, Rodrigues PB, Oliveira RD, Barreto SLD, Brito CO. Tabelas brasileiras para suínos e aves: composição de alimentos e exigências nutricionais 4th ed. UFV-DZO, Viçosa- MG, Brasil, 2017. 488 p.
9. Rostagno HS, Albino LFT, Calderano AA, Hannas MI, Sakomura NK, Perazzo FG, Rocha GC, Saraiva A, Abreu MLT, Genova JL, Tavernari FC. Tabelas brasileiras para suínos e aves: composição de alimentos e exigências nutricionais 5th ed. UFV-DZO, Viçosa- MG, Brasil, 2024. 531 p.
10. Buffington DE, Collazo-Arocho A, Canton GH, Pitt D, Thatcher WW, Collier RJ. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. *Transactions of the ASAE*. 1981; 24: 711-714. <https://doi.org/10.13031/2013.34325>
11. Rosa EM, Xavier CAN, Kiefer C, Arruda LDDO, Andrade WR, Sanches DDS, Santos TMBD. Caracterização e digestão anaeróbia dos dejetos de suínos submetidos a restrição alimentar ou suplementados com ractopamina ou cromo. *Ciência Animal Brasileira*. 2024; 25: 77719E. <https://doi.org/10.1590/1809-6891v25e-77719P>
12. APHA - American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and waste water. (23rd ed). American Water Works Association and Water Pollution Control Federation. Washington DC. 2017. 1504p.
13. Silva DJ. Queiroz AC. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. 3rd ed. Imprensa Universitária da UFV, Viçosa, MG. 2002.
14. SAS – Statistical Analysis System. Institute Inc. SAS language reference. Version 9.1.3. Cary NC: SAS Institute. 2009.
15. Schlegel P, Gutzwiller A. Dietary calcium to digestible phosphorus ratio for optimal growth performance and bone mineralization in growing and finishing pigs. *Animals*. 2020; 10(2): 178. <https://doi.org/10.3390/ani10020178>
16. Oster M, Gerlinger C, Heide K, Just F, Borgelt L, Wolf P, Polley C, Vollmar B, Muráni E, Ponsuksili S, Wimmers K. Lower dietary phosphorus supply in pigs match both animal welfare aspects and resource efficiency. *Ambio*. 2018; 47(Suppl. 1):1-10. <https://doi.org/10.1007/s13280-017-0969-8>
17. Bünzen S, Rostagno HS, Kiefer C, Teixeira ADO, Ribeiro Junior V. Digestible phosphorus levels for growing swine. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2012; 41(2): 320-325. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982012000200013>
18. Araujo GA, Martins JS, Santos VT, Monteiro ANTR, Pozza PC. Growing pigs' diets with increased phytase activity and reduced available phosphorus resulted in similar performance and environmental impacts. *Animal-Open Space*. 2023; 2: 100053. <https://doi.org/10.1016/j.anopes.2023.100053>
19. Drews JE, Haese D, Kill JL, Lorenzoni LL, Pimentel RB, Molino JP, Saraiva A, Possatti CDÁ. Phosphorus on performance, hematological, biochemical, and bone parameters of growing pigs. *Ciência Rural*. 2016; 46(6): 1076-1081. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20150132>
20. Suttle N. Mineral nutrition of livestock. GB: Cabi, 2022.
21. Misiura MM, Filipe JA, Walk CL, Kyriazakis I. How do pigs deal with dietary phosphorus deficiency? *British Journal of Nutrition*. 2020; 124(3): 256-272. <https://doi.org/10.1017/S0007114520000975>
22. Saraiva A, Donzele JL, Oliveira RFMD, Abreu MLTD, Silva FCDO, Vianna RA, Lima AL. Available phosphorus levels in diets for 30 to 60 kg female pigs selected for meat deposition by maintaining calcium and available phosphorus ratio. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2011; 40: 587-592. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000300017>
23. Rodrigues VV, Cantarelli VDS, Amaral NDO, Zangeronimo MG, Brito JÁGD, Fialho ET. Nutrient reduction in rations with phytase for growing pigs. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2011; 40: 370-376. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000200019>

24. Nieto VMOS, Kiefer C, Nascimento KMRS, Gonçalves LMP, Bonin MN, Marçal DA, Abreu RC, Rodrigues GP. Níveis de fósforo digestível para suínos machos castrados dos 30 aos 50 kg. *Archivos de zootecnia*. 2017; 66(253): 23-28. <https://www.redalyc.org/pdf/495/49551221004.pdf>
25. Saraiva A, Donzele JL, Oliveira RFMD, Abreu MLTD, Silva FCDO, Haese D. Available phosphorus levels in diets for swine with high genetic potential for meat deposition from 30 to 60 kg. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2009; 38: 1279-1285. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000700017>
26. NRC – National Research Council. Nutrient requirements of swine. 11th rev. ed. National Academies Press, Washington, D.C, 2012.
27. Blas C, Gasa J, Mateos GG. Necesidades nutricionales para ganado porcino. Normas FEDNA. Madrid, 2013. 114 p.
28. Davoudi P, Do DN, Colombo SM, Rathgeber B, Miar Y. Application of genetic, genomic and biological pathways in improvement of swine feed efficiency. *Frontiers in Genetics*. 2022; 13: 903733. <https://doi.org/10.3389/fgene.2022.903733>
29. Just F, Oster M, Büsing K, Borgelt L, Murani E, Ponsuksili S, Wolf P, Wimmers K. Lowered dietary phosphorus affects intestinal and renal gene expression to maintain mineral homeostasis with immunomodulatory implications in weaned piglets. *BMC genomics*. 2018; 19: 1-11. <https://doi.org/10.1186/s12864-018-4584-2>
30. Mun HS, Rathnayake D, Dilawar MA, Jeong MG, Yang CJ. Effect of ambient temperature on growth performances, carcass traits and meat quality of pigs. *Journal of Applied Animal Research*. 2022; 50(1): 103-108. <https://doi.org/10.1080/09712119.2022.2032084>
31. Chidgey KL. Space allowance for growing pigs: Animal welfare, performance and on-farm practicality. *Animal*. 2023; 18(Suppl. 1): 100890. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2023.100890>
32. Orrico Junior MAP, Orrico ACA, Lucas Junior J. Animal production and environment: a comparison between potential of methane emission from waste and quantity of produced food. *Engenharia Agrícola*. 2011; 31(2): 399-410. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162011000200020>
33. Carvalho KCN, Kiefer C, Nascimento KMRDS, Santos TMBD, Bonin MDN, Alencar SADS, Silva JL, Rodrigues GP. Nutritional plans of digestible phosphorus for gilts from 30 to 100 kg. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2019; 48:e20190116. <https://doi.org/10.1590/rbz4820190116>
34. Miranda AP, Lucas Junior JD, Thomaz MC, Pereira GT, Fukayama EH. Anaerobic biodigestion of pigs feces in the initial, growing and finishing stages fed with diets formulated with corn or sorghum. *Engenharia Agrícola*. 2012; 32(1): 47-56. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162012000100006>
35. Li Y, Wang M, Chen X, Cui S, Hofstra N, Kroeze C, Ma L, Xu W, Zhang Q, Zhang F, Strokal M. Multi-pollutant assessment of river pollution from livestock production worldwide. *Water Research*. 2022; 209: 117906. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117906>