

FÓSFORO: O MACRONUTRIENTE QUE INFLUENCIA A PRODUÇÃO E A QUALIDADE DO RABANETE

Roniel Barreto de Freitas¹;

Universidade Federal do Piauí (UFPI), Bom Jesus, PI.

<http://lattes.cnpq.br/4931285654506897>

Adriana Ursulino Alves²;

Universidade Federal do Piauí (UFPI), Bom Jesus, PI.

<http://lattes.cnpq.br/3874014009497011>

Edson de Almeida Cardoso³;

Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Areia, PB.

<http://lattes.cnpq.br/5766949579802117>

Lucas Carvalho Soares⁴;

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica, RJ.

<http://lattes.cnpq.br/0490859606167537>

Gessica Lorranna Souza Ramos⁵;

Universidade Federal do Piauí (UFPI), Bom Jesus, PI.

<http://lattes.cnpq.br/9756675618512990>

Eduardo Alves de Souza⁶.

Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo (Idaf), Vitória, ES.

<http://lattes.cnpq.br/0347044489538584>

RESUMO: O cultivo do rabanete (*Raphanus Sativus* L.) no Brasil se destaca não só pela adaptabilidade, assim como pelos benefícios nutricionais que proporciona. A adubação química é essencial para suprir as necessidades nutricionais das hortaliças e garantir altas produtividades. Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar a produção e a qualidade de rabanete sob influência da adubação fosfatada em condições de altas temperaturas. O experimento foi conduzido em Latossolo Amarelo, em delineamento de blocos casualizados, constando de 4 blocos. Os tratamentos foram compostos de seis doses de fósforo (0, 250, 300, 350, 400 e 450 kg ha⁻¹ de P₂O₅), cuja área total do experimento foi de 105 m² (6 m de largura x 17,5 m de comprimento), e área útil da parcela constou de 0,5 m² em duas linhas centrais (80 plantas), desprezando-se 0,25 m no início e no final das linhas.

A colheita foi realizada 28 dias após a semeadura, após a colheita foram avaliados: Teores de P e M.O.; massa seca da parte aérea e raiz tuberosa; produtividade e classificação das raízes tuberosas. Observou-se que as doses de fósforo influenciaram diretamente na produção de rabanete, sendo responsiva a doses variando de 300 a 400 kg ha⁻¹.

PALAVRAS-CHAVE: *Brassicaceae*. Adubação. Produtividade.

PHOSPHORUS: THE MACRONUTRIENT THAT INFLUENCES RADISH PRODUCTION AND QUALITY

ABSTRACT: Radish (*Raphanus Sativus* L.) cultivation in Brazil stands out not only for its adaptability, but also for the nutritional benefits it provides. Chemical fertilization is essential to meet the nutritional needs of vegetables and ensure high productivity. Given the above, the objective of this study was to evaluate the production and quality of radish under the influence of phosphate fertilization under high temperature conditions. The experiment was conducted in a Yellow Latosol, in a randomized block design, consisting of 4 blocks. The treatments consisted of six phosphorus doses (0, 250, 300, 350, 400 and 450 kg ha⁻¹ of P₂O₅), whose total area of the experiment was 105 m² (6 m wide x 17.5 m long), and the useful area of the plot consisted of 0.5 m² in two central rows (80 plants), disregarding 0.25 m at the beginning and at the end of the rows. The harvest was carried out 28 days after sowing. After harvesting, the following were evaluated: P and M.O. Contents; dry mass of the aerial part and tuberous root; productivity and classification of tuberous roots. It was observed that the phosphorus doses directly influenced the radish production, being responsive to doses ranging from 300 to 400 kg ha⁻¹.

KEY-WORDS: *Brassicaceae*. Fertilization. Productivity.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos tem aumentado a demanda por alimentos, principalmente pelo crescimento da população mundial, implicando na otimização da produção de alimentos, saudáveis e com baixo custo, desta forma busca-se aumentar a produtividade. Contudo, para se aumentar a produtividade tem sido necessário o desenvolvimento de tecnologias, como: a biotecnologia, o melhoramento genético, o uso de microrganismos, o manejo e otimização do uso e escolha de fertilizantes tanto químicos como orgânicos (MARCATTO, 2021).

A adubação na olericultura tem se beneficiado da combinação de fertilizantes minerais e orgânicos. Estudos como o de Reis et al. (2012) e Mao et al. (2023) demonstram que a utilização de esterco bovino e de galinha, tanto isoladamente quanto em conjunto com fertilizantes minerais, tem impulsionado significativamente a produção de hortaliças.

O cultivo do rabanete (*Raphanus Sativus* L.) no Brasil destaca-se não só pela adaptabilidade, assim como pelos benefícios nutricionais que proporciona. A aplicação de práticas agrícolas modernas tem expandido as áreas de plantio e aumentado a produção em larga escala, atendendo à crescente demanda por alimentos saudáveis. Além disso, o rabanete é uma cultura de ciclo curto, o que possibilita múltiplas colheitas anuais, contribuindo para a sustentabilidade agrícola e o desenvolvimento da economia local (SOUZA et al., 2020).

O cultivo intensivo de hortaliças com frequentes fertilizações químicas pode ocasionar acúmulo de nutrientes no solo, que por sua vez, pode reduzir a produtividade das culturas, além de prejudicar o ambiente através de contaminação de lençóis freáticos, mananciais e rios (CECÍLIO FILHO et al., 2017). Contudo, estudos para se determinar quantidades adequadas de fertilizantes que atendam a necessidade das culturas são essenciais.

A adubação química é essencial para suprir as necessidades nutricionais das hortaliças e garantir altas produtividades. O fósforo participa de vários processos metabólicos nas plantas, sendo um elemento essencial facilmente adsorvido nos coloides do solo, tornando-o menos prontamente disponível na rizosfera. Mesmo quando se aplica fertilizante, a maior parte do P fica adsorvida em coloides do solo, se tornando com o passar do tempo não-disponível, dada formação de compostos de baixa solubilidade, sem proporcionar uma produtividade esperada para a produção vegetal (FERNANDES, 2006).

Além disso, o excesso de fósforo (P) pode resultar em seu acúmulo no solo, contribuindo para a eutrofização dos ambientes aquáticos locais por meio da lixiviação e do escoamento superficial para corpos d'água (KANG et al., 2018; ZHANG et al., 2018). Na região do Cerrado, a atenção para a produção agrícola se torna ainda mais essencial, onde a disponibilidade desse elemento, em condições naturais, é muito baixa. A adubação fosfatada, se torna indispensável nesse ambiente (SOUSA et al., 2004).

OBJETIVO

Neste contexto, o objetivo do presente estudo foi avaliar a produção e a qualidade de rabanete sob influência da adubação fosfatada em condições de altas temperaturas, no município de Bom Jesus/PI, Semiárido Piauiense.

METODOLOGIA

O experimento foi conduzido a campo aberto em uma área experimental da Universidade Federal do Piauí, do *Campus* Professora Cinobelina Elvas, localizada no município de Bom Jesus-PI (09° 04' 28"S, 44° 21' 31"W e altitude média de 277 m). O município integra a região do Semiárido Piauiense, possuindo clima quente e úmido, classificado por Köppen como Awa (Tropical chuvoso com estação seca no inverno e temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C), com precipitação média entre

900 a 1200 mm ano⁻¹ e temperatura média de 26,2 °C (INMET, 2025).

O experimento foi conduzido no período de 28 de abril a 25 de maio em 2018. O trabalho foi realizado em um Latossolo Amarelo, em delineamento de blocos casualizados, constando de 4 blocos. Os tratamentos foram compostos de seis doses de fósforo (0, 250, 300, 350, 400 e 450 kg ha⁻¹ de P₂O₅), tendo-se como fonte do nutriente o superfosfato triplo.

A área de cada parcela foi de 2,125 m² representada por quatro fileiras espaçadas a 0,25 m de distância e 2,5 m de comprimento. A área útil da parcela constou de 0,5 m² em duas linhas centrais (80 plantas), desprezando-se 0,25 m no início e no final das linhas. A área total do experimento foi de 105 m² (6 m de largura x 17,5 m de comprimento). O cultivar utilizado foi o rabanete Apolo, o qual além de ser resistente a rachadura e à isoporização, apresenta sabor agradável e já tinha sido utilizado em aulas práticas e apresentado boa adaptação e precocidade.

Antes da instalação do experimento foi coletada amostras de solo da camada 0-0,20 m na área experimental e determinado as características químicas e físicas do solo, apresentando as seguintes características, respectivamente: M.O. = 15,8 g kg⁻¹; pH (em H₂O) = 5,2; P (Melich) = 21,27 mg dm⁻³; K = 0,34 cmolc dm⁻³; Ca = 1,02 cmolc dm⁻³; Mg = 0,14 cmolc dm⁻³; H+ Al = 2,15 cmolc dm⁻³; SB = 1,49 cmolc dm⁻³; T = 3,64 cmolc dm⁻³; V = 41,0%; m = 0,0%; Argila = 218,0 g kg⁻¹; Silte = 23 g kg⁻¹; Areia = 759 g kg⁻¹. O solo foi preparado por meio de aração e gradagem e mediante resultado da análise de solo foram realizadas calagem e adubação para atender as exigências nutricionais do rabanete, assim como a aplicação das doses de P dos tratamentos pré-estabelecidos.

A semeadura do rabanete com as diferentes doses de P foi realizada no dia 28 de abril de 2018 em leitos com espaçamento de 0,25 m entre fileiras. Aos 15 dias após a semeadura (DAS), o desbaste foi realizado removendo o excesso de plantas e ajustando o espaçamento para 0,05 m entre as plantas, já a semeadura do rabanete com diferentes doses de N foi realizada no dia 5 de maio de 2018, a aplicação das doses de N foi realizada 10 dias após a semeadura ter sido realizada e o desbaste 15 dias após a semeadura. As práticas culturais foram realizadas quando necessário para manter a área livre de ervas daninhas, doenças e pragas, proporcionando condições favoráveis para o desenvolvimento da cultura. A irrigação foi realizada diariamente por sistema de microaspersão, mantendo o solo na capacidade de campo. A colheita foi realizada 28 dias após a semeadura.

Foram avaliados no final do experimento: (a) teores de P e Matéria orgânica (M.O) no solo: após a colheita das plantas foram coletadas amostras de solo (0-0,20 m) em cada parcela experimental e amostras foram analisadas mediante metodologia utilizada pelo Laboratório de Química e Fertilidade do Solo da Universidade Federal do Piauí, Campus Professora Cinobelina Elvas; (b) massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz tuberosa (MSR), as plantas foram colhidas e separadas em partes aéreas e raízes tuberosas, posteriormente foram lavados com água potável (água corrente) e água destilada e acondicionados em saco de papel Kraft de cor parda, identificados com etiqueta

e levados para estufa de circulação de ar forçada a uma temperatura controlada de 65°C até atingir massa constante. Após esse período a massa seca da parte aérea e massa seca da raiz tuberosa foram obtidas pela pesagem em balança analítica com precisão de 0,001 g; (c) produtividade comercial (PC): as raízes com mais de 2 cm de diâmetro e sem fissuras e podridões foram consideradas comerciais, sendo pesadas em balança digital com capacidade para 5 kg, e foi estimada a produtividade em t/ha; (d) Produtividade não comercial (PCN): todas as raízes de plantas colhidas na área útil que apresentavam defeitos e menores que 2 cm de diâmetro foram pesadas em balança digital com capacidade para 5 kg, e foi estimada a produtividade em t/ha; (e) Produtividade total (PT): obtida pelo somatório da produtividade comercial e não comercial.

Para a análise de classificação das raízes de rabanete, foi utilizado um paquímetro digital com precisão de 0,01 mm, realizando-se a medição do diâmetro transversal das raízes comerciais. A classificação foi realizada adotando duas categorias: C1 – rabanetes com diâmetro de até 45 mm, e C2 – rabanetes com diâmetro entre 45 e 55 mm. Essa faixa de classificação foi baseada segundo dados da CEAGESP (2024) baseado no padrão de aceitação comercial.

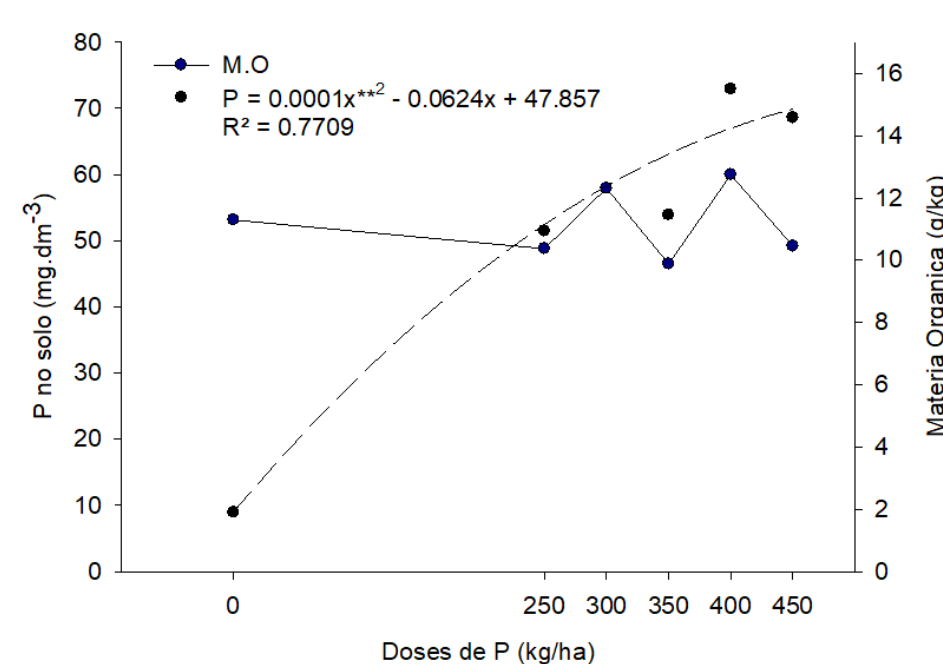
Os dados foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk. Posteriormente procedeu-se a análise de variância. Os dados foram submetidos à análise de variância e utilizando-se o software SAS Version 9.1 (2002), em caso de significância do teste F para tratamentos, os dados foram submetidos a análise de regressão. Para os resultados que apresentaram diferença significativa, foram feitos gráficos com software Sigma Plot, versão 11.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se que o teor de fósforo disponível no solo foi significativamente influenciado pelos tratamentos aplicados, atingindo uma média de 53,29 mg dm⁻³, valor aproximadamente 2,5 vezes superior ao teor inicial da área experimental (Figura 1). Considerando a elevada capacidade de extração de fósforo pelo rabanete, estimada em 38,7 kg ha⁻¹ (HAAG; MINAMI, 1987), esse incremento nos teores disponíveis indica uma resposta positiva à adubação fosfatada. Com base na relação estimada de incremento de 2,99 mg dm⁻³ de P para cada quilograma de fósforo adicionado ao solo, infere-se que as doses aplicadas foram suficientes para atender à exigência nutricional da cultura. Nesse sentido, Cecílio Filho et al. (2017) demonstraram que teores de 60 mg dm⁻³ de P no solo são adequados para suprir as demandas nutricionais do rabanete em condições edafoclimáticas semelhantes. Ressalta-se, ainda, que a disponibilidade de fósforo no solo é um fator crítico para o desenvolvimento das culturas, sobretudo em solos tropicais, os quais, em sua maioria, apresentam baixa fertilidade natural e elevada capacidade de adsorção de fósforo, dificultando sua disponibilidade às plantas (NOVAIS et al., 2007).

Além disso, observa-se uma dinâmica oscilante nos teores de matéria orgânica do solo em função das diferentes doses de P aplicadas. Embora os dados apresentem variações pontuais, nota-se uma tendência de incremento nos teores de M.O. nas doses de 300 e 400 kg ha⁻¹ de fósforo, as quais coincidem com os maiores valores de P disponível no solo. Esse comportamento sugere uma possível resposta dose-dependente, ainda que não linear, indicando que a adubação fosfatada pode ter contribuído para o acúmulo de matéria orgânica, possivelmente por meio do aumento da biomassa vegetal e da atividade microbiana associada.

Figura 1 – Teores de P e Matéria Orgânica (M.O.) no solo após o final do experimento. **Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

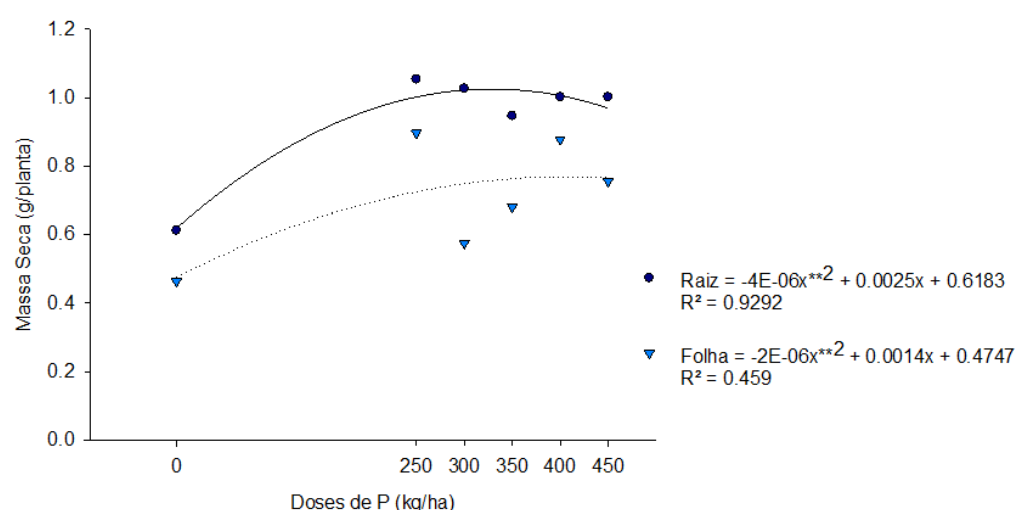


Fonte: Autores (2025).

Foi constatada diferença significativa na massa seca das raízes e folhas de rabanete (Figura 2), sendo que as doses de 312,5 e 350 kg ha⁻¹ de P proporcionaram os valores máximos de 1,65 g e 1,09 g de massa seca para raízes e folhas, respectivamente. O aumento nas doses de fósforo refletiu-se diretamente no acúmulo de biomassa no sistema radicular, resultado da maior translocação de fotoassimilados para as raízes tuberosas, acompanhado também por um incremento na parte aérea (LUZ et al., 2013). A adubação fosfatada favorece o crescimento do sistema radicular ao intensificar a absorção de água e nutrientes, o que impacta positivamente no rendimento da cultura e na massa foliar (AVALHÃES et al., 2009). Além disso, o suprimento adequado de fósforo estimula processos fisiológicos essenciais como o florescimento e a frutificação (MALAVOLTA et al., 2002). Nesse contexto, esse comportamento também pode ser associado a possível dessorção

lenta de P no solo que pode repor continuamente o reservatório lábil de fósforo, mantendo um fluxo suficientemente alto do nutriente em direção às raízes, contribuindo assim para a sustentação do crescimento vegetal a médio e longo prazo (SMOLDERS et al., 2020).

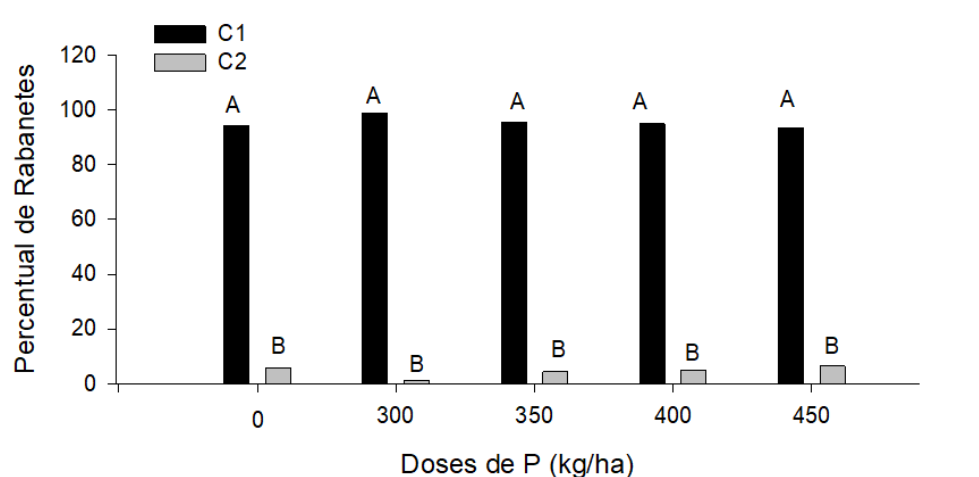
Figura 2 – Massa seca das folhas e raízes de rabanete em função das doses de P. **Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.



Fonte: Autores (2025).

Em relação a classificação dos rabanetes, foi constatado que em média 95% dos rabanetes apresentam diâmetro médio de 45 mm (Figura 3). Essa constatação é de grande importância pois os rabanetes de até 45 mm apresentam elevada aceitação no mercado consumidor (mais de 55%), com um bom índice de aproveitamento (0.71), assim como um índice médio de valorização (1,29) segundo a cotação da CEAGESP (2024).

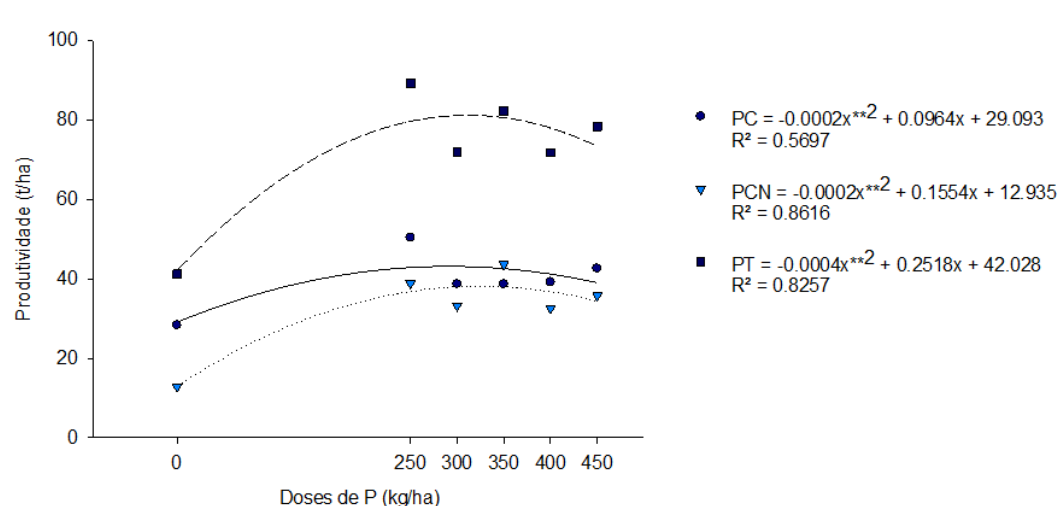
Figura 3 – Classificação dos rabanetes em função das doses de P_2O_5 . C1 – Rabanetes de até 45 mm, C2 – Rabanetes de 45 a 55 mm de diâmetro. Medias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey.



Fonte: Autores (2025).

Os parâmetros relacionados à produtividade foram significativamente influenciados pelas doses de fósforo, abrangendo a produtividade comercial, não comercial e total (Figura 5). No presente estudo, verificou-se que aproximadamente metade da produção foi classificada como comercial. Esses resultados são congruentes com estudos anteriores que avaliaram a adubação fosfatada em solos com elevado teor de fósforo na produção de rabanete, nos quais não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre as doses de fósforo aplicadas, registrando-se 62,74% de raízes comerciais na cultivar Sakata nº 19 (CECÍLIO FILHO et al., 2017). A redução considerável no percentual de raízes comerciais pode estar associada a fatores climáticos, tais como precipitação, temperatura e umidade relativa do ar. A variação hídrica combinada com altas temperaturas no solo, especialmente em áreas sem cobertura, pode ocasionar déficit de água na camada superficial do solo onde as raízes tuberosas do rabanete se desenvolvem, predispondo danos à estrutura radicular (COSTA et al., 2006).

Figura 4 – Produtividade Comercial (PC), Não comercial (PNC) e Total (PT) em função das doses de P
 **Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.



Fonte: Autores (2025).

Apartir da derivação das equações de regressão, foram estimados os valores máximos de produtividade comercial, não comercial e total de raízes tuberosas de rabanete em 40,70 t ha⁻¹, 43,12 t ha⁻¹ e 81,65 t ha⁻¹, correspondentes às doses de 241, 388,5 e 314 kg ha⁻¹ de P, respectivamente. Resultados semelhantes foram observados por Sousa et al. (2017), os quais identificaram efeito quadrático da produtividade em função de doses crescentes de fósforo. Utilizando superfosfato simples, os autores verificaram que a dose de 507,06 kg ha⁻¹ de P proporcionou uma produtividade comercial de 14 t ha⁻¹. Comparativamente, os valores obtidos no presente estudo foram substancialmente superiores, fato atribuído, principalmente, a cultivar empregada e às condições experimentais específicas.

Observou-se, ainda, influência significativa das doses de fósforo sobre a produtividade das raízes tuberosas, reafirmando a importância desse macronutriente essencial para o adequado desenvolvimento da cultura do rabanete. Tal constatação é corroborada por Avalhães et al. (2009), os quais verificaram que, na ausência de fósforo, as plantas apresentaram desenvolvimento radicular comprometido, parte aérea reduzida e sintomas clássicos de deficiência, como o avermelhamento foliar.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A adubação fosfatada influenciou significativamente o desempenho agrônomo do rabanete, promovendo aumentos nos teores de fósforo disponível no solo, na matéria orgânica, na biomassa e na produtividade das raízes. As doses entre 300 e 400 kg ha⁻¹ de P mostraram-se mais eficientes, resultando em maior rendimento e qualidade comercial das raízes tuberosas. Dessa forma, o manejo adequado do fósforo é essencial para o máximo aproveitamento produtivo da cultura, especialmente em solos com baixa disponibilidade natural do nutriente.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela Bolsa de Iniciação Científica concedida ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

- AVALHAES, C. C.; PRADO, R. M.; GONDIM, A. R. O.; ALVES, A. U.; CORREIA, M. A. R. Rendimento e crescimento da beterraba em função da adubação com fósforo. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 10, n. 1, p. 075-080, 2009.
- CECÍLIO FILHO, A. B.; DUTRA, A. F.; SILVA, G. S. Phosphate and potassium fertilization for radish grown in a latosol with a high content of these nutrients. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 2, p. 412-419, 2017.
- COMPANHIA DE ENTREPOSTOS E ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO – CEAGESP. **Rabanete**. Hortipedia, 2024. Disponível em: <https://ceagesp.gov.br/hortiescolha/hortipedia/rabanete/>. Acesso em: 21 jul. 2025
- COSTA, C. C.; OLIVEIRA, C. D.; SILVA, C. J.; TIMOSSI, P. C.; LEITE, I. C. Crescimento, produtividade e qualidade de raízes de rabanete cultivadas sob diferentes fontes e doses de adubos orgânicos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, p. 118-122, 2006.
- FERNANDES, M. S. Nutrição mineral de plantas. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. 432p.
- HAAG, H. P.; MINAMI, K. Nutrição mineral de hortaliças LXXIV: marcha de absorção de

nutrientes pela cultura do rabanete. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, v. 44, n. 1, p. 409-418, 1987.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa – BDMEP**. Brasília, 2018. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>. Acesso em: 20 junho. 2025.

KANG, L.; FAN, B.; CHEN, S.; CHEN, Q. Fertigation combined with catch crop maximize vegetable yield and minimize N and P surplus. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 112, p. 87–99, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10705-018-9932-8>.

LUZ, J. M. Q.; QUEIROZ, A. A.; BORGES, M.; OLIVEIRA, R. C.; LEITE, S. S.; CARDOSO, R. R. Influence of phosphate fertilization on phosphorus levels in foliage and tuber yield of the potato cv. Ágata. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 2, p. 649-656, 2013.

MALAVOLTA, E.; PIMENTEL-GOMES, F.; ALCARDE, J. C. **Adubos & Adubações**. São Paulo. Nobel, 2002. 200p.

MAO, Y.; HU, W.; LI, Y.; LI, Y.; LEI, B.; ZHENG, Y. Long-term cattle manure addition enhances soil-available phosphorus fractions in subtropical open-field rotated vegetable systems. **Frontiers in Plant Science**, v. 14, 1138207, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1138207>.

MARCATTO, G. Z. **Manejo da adubação com esterco bovino na cultura do rabanete (*Raphanus sativus* L.)**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônoma) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/13837>. Acesso em junho. 2025.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. H.; NUNES, F. N. Fósforo. In: Novais et al. (Eds). **Fertilidade do solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa-MG, 2007. p. 471- 552.

REIS, J. M.; RODRIGUES, J.; REIS, M. Combinação de fertilizantes na produção de rabanete. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 15, 2012.

SMOLDERS, E.; NAWARA, S.; DE COOMAN, E.; MERCKX, R.; MARTENS, S.; ELSEN, A.; ODEURS, W.; VANDENDRIESSCHE, H.; SANTNER, J.; AMERY, F. The phosphate desorption rate in soil limits phosphorus bioavailability to crops. **European Journal of Soil Science**, p. 1–13, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/ejss.12978>.

SOUZA, L. M. et al. Modernização da agricultura e cultivo do rabanete. **Revista Brasileira de Desenvolvimento Agrícola**, v. 25, n. 4, p. 412-420, 2020.

ZHANG, W.; LI, H.; LI, Y. Spatio-temporal dynamics of nitrogen and phosphorus input budgets in a global hotspot of anthropogenic inputs. **Science of the Total Environment**, v. 656, p. 1108–1120, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.450>.