

Doses de fósforo na produção de fitomassa de bertalha

Phosphorus doses in the production of bertalha phytomass

DOI: 10.34188/bjaerv6n2-035

Recebimento dos originais: 05/01/2023

Aceitação para publicação: 31/03/2023

Cristian Martins de Souza

Graduando em Agronomia pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Instituição: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

End: Rua Rui Barbosa, S/N, CEP:44380-000

E-mail: cr-tiam@hotmail.com

Victor Gabriel Souza de Almeida

Graduando em Agronomia pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Instituição: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

End: Rua Rui Barbosa, S/N, CEP:44380-000

Luiz Paulo Campos Patrício

Graduando em Agronomia pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Instituição: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

End: Rua Rui Barbosa, s/n, Cruz das Almas-BA, CEP:44380-000

E-mail: lizpatricio.agro@mail.com

Carlos Henrique dos Santos de Jesus

Graduando em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Instituição: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

End: Rua Rui Barbosa, S/N, Cruz das Almas-BA, CEP:44380-000

E-mail: carlloshsj@hotmail.com

Daniel Oliveira Dias

Graduando em Agronomia pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Instituição: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

End: Rua Rui Barbosa, S/N, Cruz das Almas-BA, CEP:44380-000

E-mail: danieldias@aluno.ufrb.edu.br

Anacleto Ranulfo dos Santos

Doutor em Agronomia (Solos e Nutrição Mineral de Plantas) pela Universidade de São Paulo

Instituição: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

End: Rua Rui Barbosa, S/N, Cruz das Almas-BA, CEP:44380-000

E-mail: anacleto@ufrb.edu.br

Girlene Santos de Souza

Doutora em Agronomia (Fisiologia Vegetal) pela Universidade Federal de Lavras

Instituição: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

End: Rua Rui Barbosa, S/N, Cruz das Almas-BA, CEP:44380-000

E-mail: girlene@ufrb.edu.br

RESUMO

A bortalha (*Basella alba* L.) é uma planta alimentícia não-convencional (PANCs), com potencial produtivo e econômico no Brasil. Entretanto, há ausência de informações quanto ao cultivo, especialmente quanto à adubação fosfatada, assim, objetiva-se avaliar o efeito de doses de fósforo (P) na produção de fitomassa de plantas de bortalha. O experimento foi conduzido na casa de vegetação da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), com cinco tratamentos: 0; 15,5; 31 (controle); 62 e 93 mg.dm⁻³ de fósforo (H₂PO₄⁻) e cinco repetições. Após 60 dias da aplicação das soluções nutritivas, foram avaliados os parâmetros fisiológicos de qualidade e quantidade da fitomassa. Os resultados foram submetidos à análise de regressão a 5% de significância. As doses de P promoveram o crescimento de plantas de bortalha, em que à medida que aumentaram as doses, a fitomassa das plantas acompanhou esse crescimento, de forma significativa, até a dose 62 mg.dm⁻³ de P, na qual apresentou seu máximo potencial produtivo. A dose 93 mg.dm⁻³ de P causou toxidez, reduzindo a produção de todas as massas. Para as clorofilas, observou-se que as menores doses de P apresentaram maiores valores, contudo, tais resultados evidenciaram sintomas de deficiências nutricionais.

Palavras-chave: adubação, *Basella alba* L., macronutriente, nutrição mineral, PANCs

ABSTRACT

The bortalha (*Basella alba* L.) is a non-conventional food plant (PANCs), with productive and economic potential in Brazil. However, there is a lack of information regarding cultivation, especially regarding phosphorus fertilization, thus, the objective is to evaluate the effect of phosphorus (P) doses on the production of phytomass of bortalha plants. The experiment was conducted in the greenhouse of the Federal University of Recôncavo da Bahia (UFRB). The design used was completely randomized (DIC), with five treatments: 0; 15.5; 31 (control); 62 and 93 mg.dm⁻³ of phosphorus (H₂PO₄⁻) and five repetitions. After 60 days of application of the nutritive solutions, the physiological parameters of quality and quantity of the phytomass were evaluated. The results were submitted to regression analysis at 5% significance level. The doses of P promoted the growth of bortalha plants, in which, as the doses increased, the phytomass of the plants followed this growth, significantly, up to the dose of 62 mg.dm⁻³ of P, in which it presented its maximum productive potential. The dose of 93 mg.dm⁻³ of P caused toxicity, reducing the production of all masses. For chlorophylls, it was observed that the lowest doses of P had higher values, however, such results showed symptoms of nutritional deficiencies.

Keywords: fertilization, *Basella alba* L., macronutrient, mineral nutrition, PANCs

1 INTRODUÇÃO

A bortalha (*Basella alba* L.), pertence à família *Basellaceae*, gênero *Basella*, é uma espécie nativa das regiões tropicais, originárias do sudeste da Ásia e da Índia, sendo introduzida no Brasil e cultivada em várias regiões, devido a fácil adaptabilidade (KINUPP e LORENZI, 2014). A bortalha possui folhas suculentas, tenras e saborosas, com hábito de trepadeira, sendo utilizada na alimentação humana, podendo ser consumidas cruas em saladas e em diversas receitas. É uma planta rústica e conhecida popularmente como espinafre-tropical, espinafre-indiano, espinafre-de-malabar, espinafre-do-ceilão, couve-de-cerca e folha-tartaruga, dispondo de elevados teores de vitaminas A

e C, ferro e cálcio (TOBELEM, 2018; LANA, 2010; CAMPOS, 2012 e KINUPP E LORENZI, 2014).

Segundo Lana (2010), a bertalha é um importante recurso alimentar para a população brasileira, que além de ter alto valor nutricional, assegura a soberania alimentar e o fortalecimento da agricultura familiar. Nesse sentido, apresenta alto potencial produtivo, sendo mais uma opção de vegetal para o consumo humano, com baixo custo de produção e alta rentabilidade para o produtor. Assim, Kinupp e Lorenzi (2014) compreendem que a bertalha faz parte das plantas alimentícias não-convencionais (PANCs), sendo considerada também uma hortaliça folhosa (EMBRAPA, 2017).

As PANCs são plantas comestíveis, podendo ser nativas, exóticas ou naturalizadas, que não fazem parte da alimentação diária da população e, geralmente, não são comercializadas amplamente nos mercados. São consideradas “matos” ou plantas espontâneas, que, na maioria das vezes, não são aproveitadas pelas pessoas, mesmo sendo de fácil cultivo. Ademais, nos últimos anos essas plantas têm ganhado popularidade, por causa da crescente demanda de consumo por produtos in natura, nutritivos e diversificados, haja vista os novos hábitos alimentares da população (SARTORI, 2020; KINUPP E LORENZI, 2014 e TOBELEM, 2018).

Dentre as PANCs, a bertalha se destaca nesse crescente cenário de cultivo de plantas folhosas para a alimentação humana, contudo pouco se conhece sobre seu manejo e nutrição mineral, fato este, que torna indispensável o desenvolvimento de pesquisas, com o intuito de descobrir adubações adequadas e economia de custos para a produção agrícola, especialmente adubação fosfatada (TOBELEM, 2018).

O fósforo (P) é um nutriente limitante para a produção agrícola, principalmente nos solos tropicais, nos quais são escassos de P, em consequência do material de origem, acidez, temperatura, nutrientes presentes e da forte interação do P com o solo, em que não está prontamente disponível para as plantas (ROLIM NETO et al., 2004). Assim, a aplicação de P em solos intemperizados é justificada pela intensa fixação desse elemento, ausência e alta exigência pelas plantas.

Segundo Shen (2011), em solos ácidos a absorção de fósforo pelas plantas é baixa, sendo que em solos brasileiros, tem baixa disponibilidade natural, não estando livre, mas imobilizado na forma insolúvel de fosfatos. Além disso, sofre interações com os microorganismos, nutrientes e com as partículas do solo, no qual é adsorvido aos argilominerais dos solos tropicais, o que dificulta a absorção pelas plantas (BOLFARINI, 2018; FAQUIN, 2005 e RESENDE et al., 1999).

Stigter e Plaxton (2015), Malavolta (2006) e Taiz e Zeiger (2017), afirmam que o fósforo é um macronutriente essencial, que permite o funcionamento dos processos de respiração,

transpiração e fotossíntese, além de garantir a existência da vida na Terra. A função do P na planta, dentre outras, é armazenar energia e utilizá-la durante todo o crescimento e desenvolvimento.

Nesse sentido, o fósforo atua como componente estrutural e integral de membranas celulares, metabólitos primários, ácidos nucleicos (DNA e RNA), fosfolipídios, assim como em grande número de reações bioquímicas e vias de sinalização (TAIZ e ZEIGER, 2017). Sua ausência ou o suprimento inadequado se manifesta rapidamente na planta, através de sintomas visíveis causados por distúrbios metabólicos e anormalidades fisiológicas graves, reduzindo a produção, sem que a planta complete seu ciclo de vida (MALAVOLTA, 2006).

O fósforo utilizado na agricultura é uma fonte mineral finita, indispensável para o cultivo das plantas (ROLIM NETO et al., 2004) e, desta forma, Araújo et al. (2021) acrescentam que, o uso de fertilizantes fosfatados melhora o crescimento das plantas, obtendo um rendimento máximo a partir da escolha da dose, fonte e época exata a ser utilizada. Contudo, a carência de informações sobre a dose de fósforo adequada para o cultivo de beralha dificulta a produção em maior escala.

Tendo em vista o potencial da beralha para a produção agrícola no país e a importância da adubação fosfatada, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de doses de fósforo (H_2PO_4^-) na produção de fitomassa de plantas de beralha.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período compreendido entre setembro a dezembro de 2022, em casa de vegetação da área experimental do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas (CCAAB), da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), na cidade de Cruz das Almas, Bahia. A cidade encontra-se a 200m de altitude acima do nível do mar, segundo coordenadas geográficas latitudes $12^\circ 40' 19''$ S e longitude $39^\circ 06' 23''$ W de Greenwich. Segundo a classificação de Koppen, apresenta clima Aw a Am, tropical quente e úmido, com temperatura média anual de $24,5^\circ\text{C}$ e umidade relativa do ar em 80%. Apresenta pluviosidade média anual de 1224 mm, com maior ocorrência de chuvas no período de março a junho.

A produção de mudas foi realizada por meio da propagação sexuada, utilizando sementes oriundas da mesma planta matriz, de uma propriedade situada no município de Governador Mangabeira-Ba. Realizou-se a quebra de dormência das sementes, deixando-as de molho por 12 horas em água com temperatura ambiente. As primeiras germinações foram observadas com 3 dias, após a semeadura.

Depois de 21 dias da germinação, as mudas foram transplantadas para vasos plásticos, com capacidade de 3 dm^3 , composto por substrato inerte, contendo areia lavada e vermiculita, na

proporção de 2:1. Para a padronização do experimento e uniformidade, as mudas selecionadas apresentaram três folhas, com medidas similares da altura da parte aérea e da parte radicular.

Após o transplântio, as mudas foram acondicionadas na casa de vegetação e, no dia seguinte, aplicou-se solução nutritiva completa de Hoagland & Arnon (1950), com 50% da força iônica, denominada de meia força (Quadro 1) e pH corrigido para 5,6. Depois de 14 dias, do período de adaptação, as mudas passaram a receber a solução nutritiva, alterada em função das doses de fósforo (H_2PO_4^-), conforme o Quadro 1.

Quadro 1- Volumes (ml) utilizados das soluções estoque para formar 1L de solução nutritiva modificada, de acordo com a solução meia-força e os respectivos tratamentos (doses de fósforo).

| Solução estoque (1M) | Soluções nutritivas preparadas (ml/l) | | | | | |
|----------------------------|---------------------------------------|-----|------|----|----|----|
| | Meia-Força | 0,0 | 15,5 | 31 | 62 | 93 |
| KH_2PO_4^- | 0,5 | - | 0,5 | 1 | 2 | 3 |
| KNO_3 | 2,5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 3 |
| NH_4Cl | - | - | - | - | 6 | 2 |
| $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ | 2,5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| MgSO_4 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| KCl | - | 1 | 0,5 | - | - | - |
| Ferro-EDTA* | 0,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Micronutrientes** | 0,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

**Solução de micronutrientes (g/l): $\text{H}_3\text{BO}_3 = 2,86$; $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O} = 1,81$; $\text{ZnCl}_2 = 0,10$; $\text{CuCl}_2 = 0,04$; $\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} = 0,02$.

*Solução de Ferro-EDTA: Foram dissolvidos 26,1 g de EDTA dissódico em 286 ml de NaOH 1N + 24,9g de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ e aerado por uma noite.

O experimento seguiu o delineamento inteiramente casualizado (DIC), disposto em parcelas subdivididas no espaço, com espaçamento de aproximadamente 30 cm entre vasos. Os tratamentos foram constituídos de cinco doses de fósforo: 0; 15,5; 31 (controle); 62 e 93 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ de H_2PO_4^- com cinco repetições, sendo cada parcela experimental constituída por uma planta útil, totalizando 25 unidades experimentais.

As soluções nutritivas com as doses de fósforo foram aplicadas semanalmente, ao longo de 8 semanas no período da manhã, por volta das 8 horas. Cada planta recebeu 200 ml de solução nutritiva, com pH ajustado para 5,6. A irrigação foi realizada diariamente, no final da tarde, com cerca de 100 ml de água destilada por vaso, conforme a necessidade das plantas, visando manter a umidade mínima em cada vaso, visto que os vasos não tinham drenos para melhor absorção das soluções nutritivas.

Sessenta dias após a aplicação dos tratamentos, foram avaliados os aspectos qualitativos de produção de bertalha por meio da identificação de sintomas visuais de deficiência nutricional de fósforo e comparadas com os resultados da pesquisa de Donald et al. (1983).

Depois, mensurou-se os seguintes parâmetros fisiológicos: os índices de clorofila a (CLA), clorofila b (CLB), razão clorofila a/b (CLA/CLB) e clorofila total (CLT), sendo medidos por meio

do aparelho eletrônico Falker- CFL1030, com leituras realizadas em três folhas do terço médio de cada planta, no horário de 7 horas da manhã.

Para avaliar os demais aspectos quantitativos, foram determinadas a massa de matéria fresca da folha (MFF) e as massas das matérias secas de todo material coletado, onde as plantas foram particionadas em raiz, caule e folha. Na determinação da massa de matéria fresca das folhas, as folhas foram pesadas em balança digital, com precisão de três casas decimais, imediatamente após serem destacadas do caule.

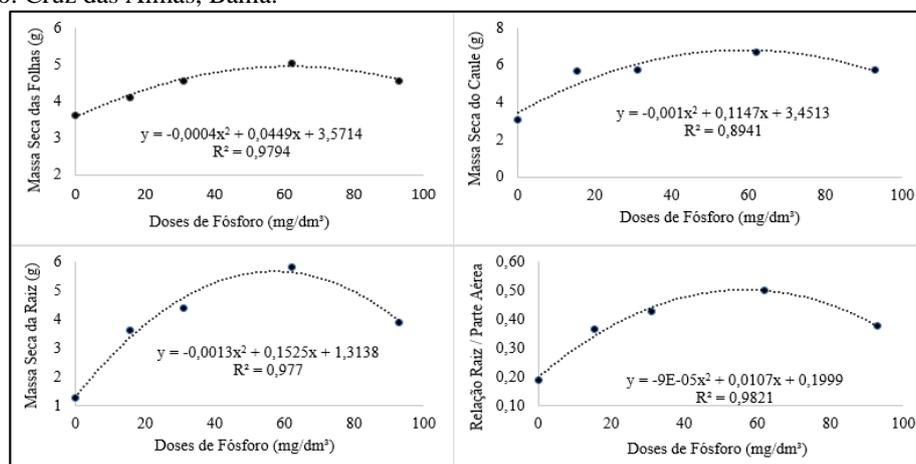
O material vegetal fresco (raiz, caule e folha) foi separado e acondicionado em sacos de papel, identificados e levados para secar à 65 °C em estufa com circulação forçada de ar, por 72 horas, no laboratório de Nutrição Mineral de Plantas da UFRB, Cruz das Almas, Bahia. Ao atingir a estabilidade das massas constantes, realizou-se a pesagem das massas da matéria seca da folha (MSF), do caule (MSC), da raiz (MSR) e relação da raiz pela parte aérea (MSR/MSPA), utilizando uma balança digital com precisão de três casas decimais.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de regressão polinomial a 5% de significância, no programa computacional estatístico SISVAR (FERREIRA, 2019).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As plantas de Bertalha responderam significativamente ($p < 0,05$) à aplicação de doses crescentes de fósforo, podendo ser observados incrementos positivos na produção de fitomassa para todas as variáveis (Figura 1). Houve influência das doses de P, com efeito da análise de regressão quadrática, indicando redução na produção de fitomassa. Nesse sentido, verificou-se efeito nocivo sob aplicação de baixas e altas doses de P. A aplicação da dose 62 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ de P, o dobro do tratamento controle, foi responsiva para maior acúmulo de biomassa de bertalha, sendo a dose ideal.

Figura 1 - Massa seca da folha, do caule, da raiz e relação raiz/parte aérea de plantas de *Basella alba* L., submetidas a doses de fósforo. Cruz das Almas, Bahia.



Fonte: dados da pesquisa (2022).

Com o aumento do fornecimento das doses de P, altera-se a produção de fitomassa de beralha. Taiz e Zeiger (2017) afirmam que, os processos metabólicos de respiração e fotossíntese envolvem a participação do fósforo, com maior transferência de energia de célula a célula. Assim, os maiores crescimentos (Figura 1) de beralha em massa seca da folha, caule e raiz foram observados na dose de 62 mg.dm^{-3} de P, ou seja, o dobro da dose recomendada por Hoagland e Arnon (1950). Nesse sentido, identificar a dose adequada permite uma maior economia e eficiência com adubação fosfatada, visto que a carência ou excesso de P tem impactos na produção de fitomassa de beralha.

Para a massa de matéria seca da folha (MSF) foi observada diferença entre os tratamentos (Figura 1). Verificou-se que a dose de 62 mg.dm^{-3} de P apresentou média de 5,05 g, correspondendo a um aumento de 38,74 % da dose de omissão de P, e 10,74 % superior ao tratamento controle (31 mg.dm^{-3} de P). Além disso, não se observou diferença entre a dose 62 mg.dm^{-3} de P, e 93 mg.dm^{-3} de P, embora esta última foi tóxica para as plantas, com decréscimo de 10,74%.

Bonfim-Silva et al. (2015) obtiveram resultados semelhantes em seu trabalho com plantas de rúcula, onde a massa seca das folhas apresentou maior produção até a dose de 240 mg.dm^{-3} de P, respondendo ao aumento das doses de fósforo. O mesmo comportamento foi observado por Araújo et al. (2021) ao analisarem o fósforo no crescimento de mogno-africano, concluindo que a maior produção de matéria seca de folha foi sob a aplicação da dose de 178 mg.dm^{-3} de P, com massa de 36,5g. Portanto, afirma-se com esses resultados que baixas doses de P promovem uma redução na massa de matéria seca da folha, assim como doses elevadas, devido a essencialidade do fósforo no metabolismo vegetal.

Para a massa de matéria seca do caule (MSC), foi observada uma diferença significativa entre os tratamentos (Figura 1), sendo que a dose de 62 mg.dm^{-3} P apresentou melhor desempenho com média de 6,69 g, correspondendo a um incremento de 114,80% superior à média do tratamento sem fósforo e 16,38% superior ao tratamento controle. Para a dose 93 mg.dm^{-3} de P, observa-se um decréscimo de 16,34%, sugerindo que esta dosagem apresentou toxidez para a cultura, sem respostas positivas na maior dose de P.

De acordo com resultados do trabalho de Evangelista & Cavalcanti (2018), em que avaliaram aspectos de crescimento de tomateiro em função de doses de nitrogênio, fósforo e potássio, constataram que a dose 60 mg.dm^{-3} de P, proporcionou maior rendimento de matéria seca do caule, quando comparada ao tratamento de 30 mg.dm^{-3} de P, revelando desta forma, um padrão de limite de produção, com benefícios ao duplicar a dosagem de nutrientes.

A produção da massa de matéria seca da raiz (MSR) teve um aumento de 359,05% na dose 62 mg.dm^{-3} de P (Figura 1), o que correspondeu a um aumento de 4,56g ao comparar com a dose 0

mg.dm⁻³ de P e de 32,80% (1,44g) superior ao tratamento controle. Contudo, para a dose 93 mg.dm⁻³ de P, foi observada uma redução de 1,94g da produção de MSR, comparada ao tratamento de melhor desempenho, representando um efeito de toxicidade, pois houve redução ou inibição do crescimento da raiz.

Avalhães et al. (2009) obtiveram resultados semelhantes no seu trabalho sobre rendimento e crescimento da beterraba em função da adubação com fósforo, em que a cultura também apresentou um comportamento quadrático crescente até a dose de 340 mg.dm⁻³ de P para a massa de matéria seca das raízes. Assim, maiores doses de fósforo, verificaram toxicidade para a beterraba, diminuindo a produção de massa de matéria seca da raiz, cujo órgão é o de maior interesse comercial para a cultura.

Cruz et al. (2015) analisaram a influência do fósforo no crescimento do *Physalis angulata* L., e concluíram que a maior dose (64 mg/kg⁻¹ de P) aplicada foi responsável por um incremento de 248 % na massa de matéria seca das folhas, 365% na massa de matéria seca do caule e 363% na massa de matéria seca da raiz. Portanto, baixas doses de P reduzem sensivelmente a produção de biomassa de *Physalis angulata* L., sendo extremamente exigente em fósforo para ter maior crescimento. Garcia e Mendes (2022), observaram que maiores doses de fósforo também foram capazes de proporcionar maior acúmulo de matéria seca em plantas de cana-de-açúcar, confirmando os efeitos positivo da adubação fosfatada.

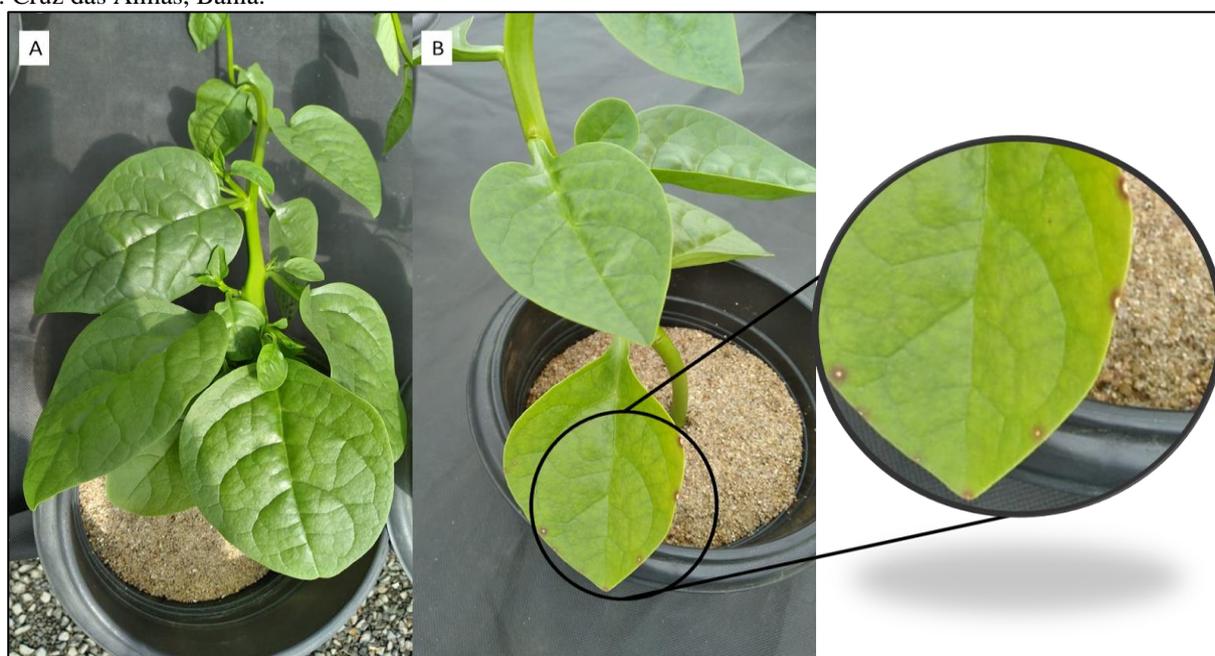
Quanto à relação da massa de matéria seca da raiz pela parte aérea (MSR/MSPA), observada na Figura 1, houve significância para todas as doses de P, sendo que para a dose de 0 mg.dm⁻³ de P foi uma exceção, pois a média diferiu estatisticamente, com menor valor. Essa relação MSR/MSPA indica um equilíbrio entre as partes, podendo inferir que a mínima presença do P estimulou reações metabólicas de crescimento radicular, indicando maior diferença entre a raiz e a parte aérea. Desta forma, houve maior ganho da massa de matéria da raiz e condução do fluxo de fotoassimilados, favorecendo maior divisão celular do sistema radicular e, conseqüentemente, aumento da absorção de nutrientes e água.

Por outro lado, a relação MSR/MSPA pode ser compreendida de outras formas, sendo que maiores valores podem revelar deficiências de fósforo, uma vez que as plantas alocam mais assimilados para a raiz, com o objetivo de explorar maiores áreas em busca de fósforo, apresentando maior crescimento radicular (HERNANDEZ et al., 2007). Entretanto, Cruz et al. (2015) não observaram diferenças nessa relação MSR/MSPA, ao aplicar doses P em plantas de *Physalis angulata* L., o que é incomum de ocorrer, visto que as plantas possuem estratégias de particionar os assimilados em direção aos locais mais exigidos e responder positivamente a esse macronutriente,

seja em baixas ou altas doses, pois o fósforo modifica o metabolismo e a produção energética da planta.

Na Figura 2, efeitos qualitativos e visuais foram observados, ao comparar plantas de beralha sadias (Figura 2.A) do tratamento controle, com plantas sem aplicação de fósforo (Figura 2.B), nas quais permitiram diagnosticar falta de vigor, deformações, plantas raquíticas, amarelecimento no limbo foliar, necroses nas bordaduras, folhas rígidas e espessas. Para Araújo e Machado (2016), os sintomas de falta de fósforo no solo, não são tão notáveis como para outros macronutrientes ao analisar plantas mais jovens, sendo percebido um retardamento no desenvolvimento da planta, com folhas de coloração verde escura a arroxeadas nas partes mais baixas.

Figura 2 - Planta sadia do tratamento 3 sob aplicação da dose 31 mg.dm^{-3} de fósforo (Imagem A) em comparação aos sintomas de deficiência de fósforo apresentados no tratamento 1 de omissão (Imagem B), em plantas de *Basella alba* L. Cruz das Almas, Bahia.



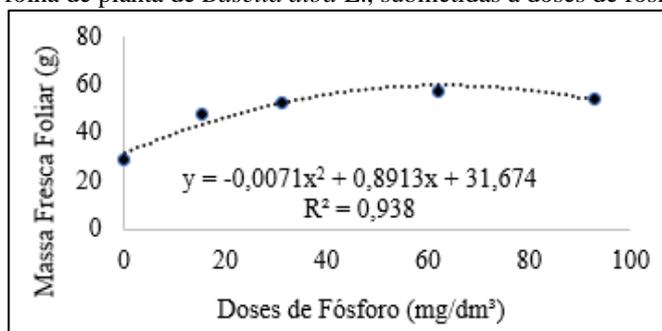
Fonte: os autores (2022).

Taiz e Zeiger (2017) acrescentam, os sintomas da deficiência de fósforo nas plantas incluem: crescimento reduzido em plantas jovens, coloração verde-escura das folhas, podendo estar mal formadas e conter pequenas manchas de tecido morto (manchas necróticas) nas folhas mais velhas, devido à alta mobilidade de P na planta. Segundo Donald et al. (1983), ao analisarem plantas de beralha sob omissão de fósforo, relataram os mesmos sintomas observados no presente estudo, plantas raquíticas, com folhas pequenas, de coloração verde escura e sem brilho; com a progressão desses sintomas aparecem manchas necróticas nos ápices das folhas inferiores.

O parâmetro massa de matéria fresca da folha (MFF), conforme Figura 3, apresentou média crescente com o aumento da disponibilidade de fósforo, variando de 29,09 a 57,28g. Esse aumento

foi observado até a aplicação da dose 62 mg.dm^{-3} de P. Na dose 93 mg.dm^{-3} de P ocorreu um decréscimo de $2,71 \text{ g}$, confirmando a toxidez em altas doses de P, pois há uma redução na produção de biomassa fresca e, conseqüentemente, menores taxa fotossintética e produção de carboidratos.

Figura 3 - Massa fresca da folha de planta de *Basella alba* L., submetidas à doses de fósforo. Cruz das Almas, Bahia.



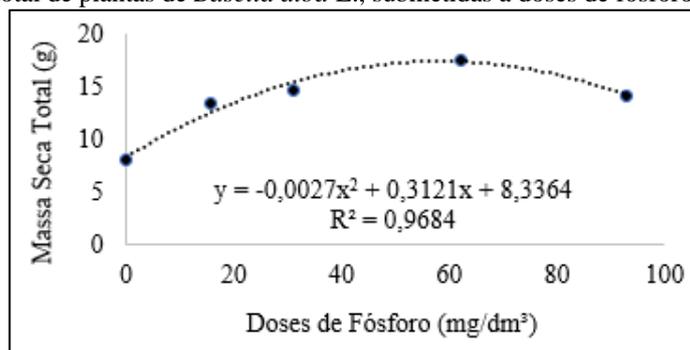
Fonte: dados da pesquisa (2022).

A maior produção da parte econômica, a massa fresca da folha, de plantas de bertalha, ocorreu na dose 62 mg.dm^{-3} P, correspondendo a um aumento $96,90\%$ em relação ao tratamento sem P e $9,18\%$ ao controle. Tais resultados demonstram a importância das doses de P para o cultivo de bertalha, assim como Avalhães et al. (2009) também observaram influência positiva com o fornecimento de doses de fósforo (P_2O_5) na cultura da beterraba e afirmaram que a ausência de adubação fosfatada compromete a produção de fitomassa.

Corroborando com tais resultados, o estudo de Monteiro (2017) sobre doses de P no café arábica, resultou no incremento linear na massa de matéria fresca da parte aérea, de $1,44 \text{ g}$, ao adicionar a dose de $0,9 \text{ g.dm}^{-3}$ de P no substrato de cultivo. Na cultura da rúcula, o fósforo é indispensável, apresentando um aumento de seis vezes na produção de massa de matéria fresca da folha na dose de 240 mg.dm^{-3} de P (BONFIM-SILVA et al., 2015).

Resultados contrários foram encontrados por Magalhães et al. (2019), ao submeterem doses de P na produção de rúcula, observaram redução de massa fresca na medida em que a disponibilidade de fósforo P_2O_5 aumentou. Assim, a queda da produção de rúcula pode estar relacionada a um antagonismo nutricional sob o aumento de doses de P, sendo, portanto, não exigente em P, podendo dispensar a adubação fosfatada se o solo apresentar alta fertilidade. Já Melo et al. (2021) estudaram a produção do rabanete sob crescentes doses de P, variando de 0 a 8 vezes do recomendado, e observaram que não houve diferença significativa na produção de biomassa fresca.

Figura 4 - Massa seca total de plantas de *Basella alba* L., submetidas a doses de fósforo. Cruz das Almas, Bahia.



Fonte: dados da pesquisa (2022).

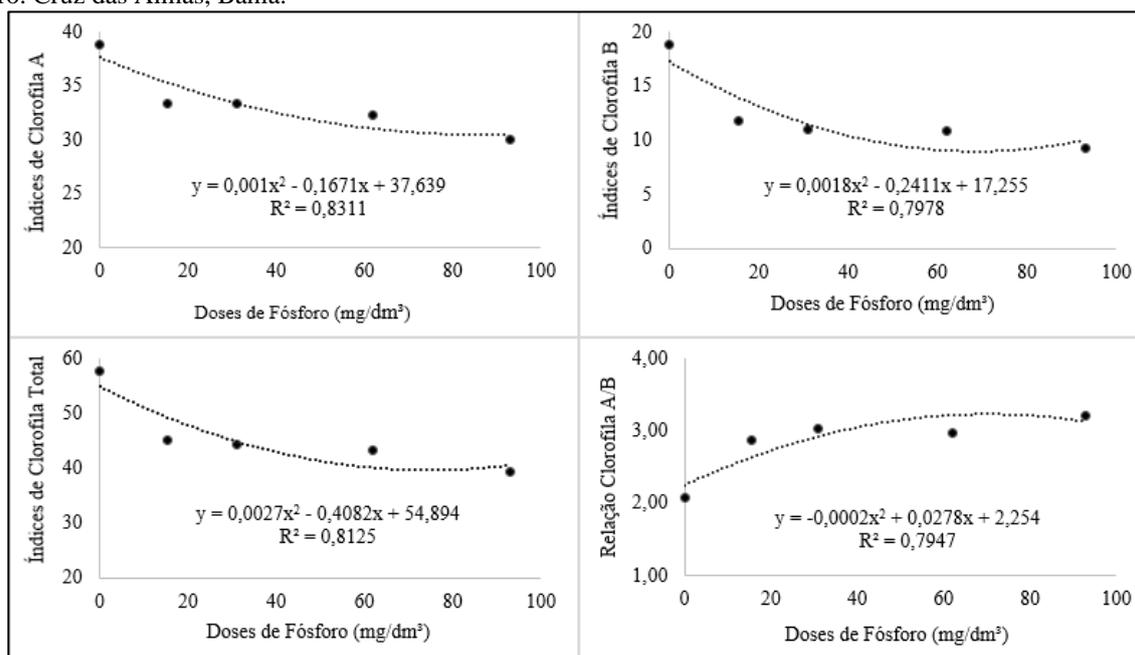
A maior produção de massa da matéria seca total (MST) foi observada no tratamento de 62 mg.dm⁻³ P, com 17,57g, correspondendo a um aumento de 19,52% em detrimento do controle (14,7g), no qual não diferiu estatisticamente das doses 15,5, 31 e 93 mg.dm⁻³ de P. A ausência de P comprometeu a produção de energia metabólica, resultando em uma redução de 45,51%, ou seja, 8,01g de MST em relação à dose de 31 mg.dm⁻³ de P.

Scopel (2022) estudou o efeito de doses de P no café arábica e não observou diferenças significativas da massa de matéria seca, tanto na parte aérea, como na parte radicular, apesar do acréscimo em tendência linear. De modo semelhante, Melo et al. (2021) concluíram que com o aumento de doses de P, não houve maior produção de massa de matéria seca de rabanete.

Entretanto, Avalhaes et al. (2009) verificaram efeito positivo com aumento de P na produção de massa de matéria seca das plantas de beterraba, sendo este elemento fundamental para a produção e o metabolismo vegetal. Desse modo, trabalhos como o de Garcia e Mendes (2022) mostraram a essencialidade do P no crescimento da massa das plantas de cana-de-açúcar, principalmente na dose de 320 mg.dm⁻³ de P.

Na Figura 5 verificou-se que os índices de clorofila a, b e total diminuíram proporcionalmente à medida que aumentou a dose de P, com efeito decrescente, sendo a dose de 0 mg.dm⁻³ de P com melhor desempenho. Tal fato é contrário ao esperado, visto que os nutrientes são essenciais nos processos metabólicos, especialmente o fósforo, e tendem a aumentar os índices analisados para uma melhor eficiência da conversão da energia luminosa em energia química, refletindo em melhor taxa fotossintética. Nesse sentido, destaca-se que a concentração de clorofila nas folhas constitui um indicador importante para a produção de biomassa e para avaliação do desempenho das atividades fotossintéticas e energéticas das plantas, relacionando com a produção de fitomassa (TAIZ et al., 2017).

Figura 5 - Índices de clorofila a, b, total e relação clorofila a/b em plantas de *Basella alba* L., submetidas a doses de fósforo. Cruz das Almas, Bahia.



Fonte: dados da pesquisa (2022).

Oliveira et al. (2012) obtiveram resultados semelhantes em seu trabalho com plantas de feijão comum e concluíram que os altos índices de clorofilas a, b e total sob baixas doses, não fazem relação com a produtividade, sendo justificado pelo ambiente de estresse mineral de fósforo ou simplesmente baixas aplicações de doses de P. Já Melo et al. (2021), encontraram resultados diferentes ao desta pesquisa, na produção do rabanete, em que o maior teor de clorofila foi observado para a duplicação da dose de P em relação ao recomendado.

Nesse sentido, como o fósforo apresenta efeito direto sobre a taxa fotossintética líquida, sua deficiência ou ausência pode também reduzir o crescimento das plantas e apresentar maior produção foliar de antocianinas, sendo, portanto, o resultado de estresse no metabolismo. Estas conclusões foram encontradas por Henry et al. (2012), ao submeterem plantas de *Solenostemon scutellarioides* e *Zea mays* em baixas quantidades de fósforo, resultando em maiores valores de índices de clorofila.

Do mesmo modo se observou no presente estudo (Figura 5), em que plantas de bertalha crescidas em omissão, 0 mg.dm⁻³ de P, apresentaram significância, diferindo dos demais tratamentos, com maiores teores de clorofila a, com um incremento de 16,70% em relação à dose 31 mg.dm⁻³ de P. No entanto, ao aplicar a dose de 0 mg.dm⁻³ de P observou uma perda de vigor e redução na produção de fitomassa de bertalha, conforme os dados apresentados anteriormente, o que infere a interpretação de baixa relação da clorofila com a produção de massa. Tal fenômeno pode ser compreendido pelo sintoma de deficiência de fósforo, onde a energia foi insuficiente para desempenhar as reações metabólicas, adquirindo uma coloração diferenciada nas folhas, com

intenso verde e maiores valores para leitura dos índices de clorofila a, visto que apenas os valores de clorofila foram satisfatórios para baixas doses de P ou sua omissão.

Os índices de clorofila b e total (Figura 5) apresentaram significância também na dose de 0 mg.dm⁻³ de P, respectivamente, 70,17% e 30% a mais que a dose de 31 mg.dm⁻³ de P. Já o comportamento da relação da clorofila a/clorofila b foi diferente das demais, onde se observou maiores valores para as crescentes doses de P, sendo que a dose sem P foi responsável pelo menor índice e a maior dose, de 93 mg.dm⁻³ de P, pelo maior valor.

Assim, valores superiores dessa relação evidenciam reduções nas variações das clorofilas a e b, indicando que estas têm menores valores sob a aplicação da dose de 93 mg.dm⁻³ de P, com maiores taxas fotossintéticas e energia para excitar a molécula de clorofila.

4 CONCLUSÕES

As plantas de bertas são exigentes em fósforo. A adição de doses de fósforo influencia positivamente na produção de fitomassa de plantas de berta, até a dose máxima de 62 mg.dm⁻³ de P.

A dose de 93 mg.dm⁻³ de P causa toxidez em plantas de berta, com redução na produção de fitomassa.

Os maiores valores de clorofilas são obtidos no cultivo de plantas de berta sob baixas doses de fósforo ou omissão.

Recomenda-se o uso da dose 62 mg.dm⁻³ de P, o dobro do tratamento controle, para o cultivo de plantas de berta.

REFERÊNCIAS

AVALHÃES, C. C. et al. **Rendimento e crescimento da beterraba em função da adubação com fósforo.** Scientia Agraria, Curitiba, v. 10, n. 1, p. 75-80, 2009. <http://dx.doi.org/10.5380/rsa.v10i1.13173>.

ARAÚJO A. P, Machado CTT, Fósforo. In: Fernandes, M. S. **Nutrição mineral de plantas.** 1ª ed. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 432p. 2016. DOI: 10.34062/afs.v8i1.9728

ARAÚJO, M. S. et al. **Fósforo no crescimento inicial de mogno-africano.** Advances in Forestry Science, v. 8, n. 1, p. 1301-1309, 2021. <http://dx.doi.org/10.34062/afs.v8i1.9728>.

BOLFARINI, A.C.B. **Crescimento, produção, aspectos físico-químicos dos frutos e nutrição mineral da bananeira 'FHIA 18' em função da aplicação de fósforo.** Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2018. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/154465>>. Acesso em: 07 jan 2023

BONFIM-SILVA, E. M. et al. **Adubação fosfatada em rúcula: produção e eficiência no uso da água.** Revista do Centro Universitário de Patos de Minas. ISSN: 2178-7662, UNIPAM, (6): p. 1-11, 2015. Disponível em: <https://revistas.unipam.edu.br/index.php/cerradoagrocencias/issue/download/76/Edi%C3%A7%C3%A3o%20completa2015#:~:text=Todas%20as%20vari%C3%A1veis%20foram%20submetidas,Palavras%2Dchave%3A%20Eruca%20sativa>. Acesso em: 21 jan. 2023.

CAMPOS, R. A. S., et al. **crescimento e desempenho de bertalha (basella alba l.) em função do tipo de propagação.** Revista Caatinga, v. 25, n. 4, p. 11-18, 2012. ISSN: 0100-316X. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/view/2581>. Acesso em: 20 jan. 2023.

CRUZ, J. L.; et. al. **Influência da adubação fosfatada sobre o crescimento do camapu (Physalis angulata L.).** Revista Brasileira de Plantas Mediciniais, Campinas, v. 17, n. 3, p. 360-366, 2015. https://doi.org/10.1590/1983-084X/13_060.

DONALD, E.L. de F.; Sarruge, J.R.; Sfredo, G.J. **Deficiências minerais em plantas de bertalha (Basella alba L.).** Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Vol. XL. 1983. <https://doi.org/10.1590/S0071-12761983000100030>.

EMBRAPA. **Bertalha feiras livres e tradição.** Brasília/Anápolis, 2017.

EVANGELISTA, G. O. L. & Cavalcanti, R. S. **Aspectos do crescimento de mudas de tomate (Solanum lycopersicum) em função de doses de nitrogênio, fósforo e potássio.** IFMG, 2018. ISSN: 2594-5726. Disponível em: https://www.bambui.ifmg.edu.br/evento/images/2018/SEP/ASPECTOS_DO_CRESCIMENTO_D_E_MUDAS_DE_TOMATE_Solanum_lycopersicum_EM_FUN%C3%87%C3%83O_DE_DOSES_DE_NITROG%C3%8ANIO_F%C3%93SFORO_E_POT%C3%81SSIO.pdf. Acesso em: 23 fev. 2023.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas.** 1ª ed. Lavras, p.183, 2005.

FERREIRA, D.F. **SISVAR: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs.** Revista brasileira de biometria, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019. ISSN 1983-0823. Disponível em: <<http://www.biometria.ufla.br/index.php/BBJ/article/view/450>>. Acesso em: 25 jan. 2023. <https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>.

GARCIA, J. C. Mendes. M. B. **Fontes de fósforo mineral e organomineral no estado nutricional e no crescimento inicial da cana-de-açúcar.** Brazilian Journal of Animal and Environmental Research, Curitiba, v.5, n.2, p. 2003-2013, 2022. <https://doi.org/10.34188/bjaerv5n2-044>.

HERNANDEZ, G. et al. **Phosphorus stress in common bean: root transcript and metabolic responses.** Plant Physiology, v. 144, n. 2, p. 752–767, 2007. <https://doi.org/10.1104/pp.107.096958>.

HENRY, A. et al. **Responses to low phosphorus in high and low foliar anthocyanin coleus (*Solenostemon scutellarioides*) and maize (*Zea mays*).** Functional Plant Biology, v. 39, n. 3, p. 255-265, 2012. <https://doi.org/10.1071/FP11256>.

HOAGLAND, D. R.; Arnon, D. I. **The water culture method for growing plants without soil.** Calif. Agr. Exp. STA. Cir, 347p., 1950.

KINUPP, V. F.; Lorenzi, H. **Plantas Alimentícias Não Convencionas (PANC) no Brasil: guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas.** São Paulo: Instituto Plantarum, 2014.

LANA, M. M. **50 Hortaliças: como comprar, conservar e consumir.** Brasília: Embrapa Hortaliças, 2010. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/212740/1/50-HORTALICAS-COMO-COMPRAR-CONSERVAR-E-CONSUMIR.pdf>>. Acesso em: 28 jan. 2023.

MAGALHÃES, D. V. et al. **Produção de rúcula em função de diferentes dosagens de fósforo.** Ipê Agronomic Journal, v. 3, n. 2, p. 70-76, 2019. <https://doi.org/10.37951/2595-6906.2019v3i2.5473>.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas.** Editora Agronômica Ceres, São Paulo, 638 p., 2006.

MELO, R.E.; et al. **Produção de rabanete submetido a doses crescentes de fósforo.** Agropecuária Científica no Semiárido. ACSA, Patos-PB, v.17, n.3, p. 156-160, Julho-Setembro, 2021. <http://dx.doi.org/10.30969/acsa.v17i3.1298>.

MONTEIRO, R.S. **Crescimento inicial de mudas de café arábica em função de doses de fósforo.** 2017. 28 f. Monografia (Graduação em Engenharia Agrônômica) Universidade Federal da Paraíba, Areia, Paraíba, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/2538>. Acesso em: 28 jan. 2023.

OLIVEIRA, T. C. et al. **Eficiência e resposta à aplicação de fósforo em feijão comum em solos de cerrado.** Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v. 7, n. 1, p. 16-24, 2012. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/1163>. Acesso em: 15 jan. 2023.

RESENDE A.V., et. al. **Crescimento inicial de espécies florestais de diferentes grupos sucessionais em resposta a doses de fósforo.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 34, n. 11, p. 2071-2081, 1999. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X1999001100014>.

ROLIM NETO, et. al. **Adsorção de fósforo, superfície específica atributos mineralógicos em solos desenvolvidos de rochas vulcânicas do Alto Paranaíba (MG).** Revista Brasileira de Ciências do Solo, Viçosa, v. 28, p. 953- 964, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832004000600003>.

SARTORI, V.C. et al. **Plantas Alimentícias Não Convencionais – PANC: resgatando a soberania alimentar e nutricional.** Caxias do Sul, RS: Educs, 2020. Disponível em: <<https://www.ucs.br/site/midia/arquivos/ebook-plantas-alimenticias.pdf>> Acesso em: 29 jan. 2023.

SCOPEL, K. N. **Desenvolvimento inicial de mudas de café conilon submetidas a doses de fósforo.** Monografia (graduação em Agronomia) – Instituto Federal do Espírito Santo, Coordenadoria do Curso de Agronomia. Santa Teresa, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ifes.edu.br/handle/123456789/2195>. Acesso em: 24 jan. 2023.

SHEN, J. et al. **Phosphorus dynamics: from soil to plant.** Plant Physiology, Vermont, v. 156, p. 997-1005, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.111.175232>.

STIGTER, K. A.; Plaxton, W. C. **Molecular mechanisms of phosphorus metabolism and transport during leaf senescence.** Plants, Switzerland, v. 4, n. 4, p. 773-798, 2015. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants4040773>.

TAIZ L., et. al. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal.** 6. Editora: ArtMed, Porto Alegre, 888 p., 2017.

TOBELEM, J.A. **Perspectivas para o Cultivo Orgânico da Bertalha (*Basella alba* L.) no Cinturão Verde do Município de Belo Horizonte/MG.** 2018. 61 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agricultura Orgânica, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2018. Disponível em: <<http://cursos.ufrj.br/posgraduacao/ppgao/files/2019/01/Disserta%C3%A7%C3%A3o-Tobelem.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2023.