

EFEITO DE DIFERENTES DOSES DE SOLUBILIZADOR DE FÓSFORO NA CULTURA DA ALFACE

EFFECT OF DIFFERENT DOSES OF PHOSPHORUS SOLUBILIZER ON LETTUCE CULTIVATION

JOÃO VITOR PEZENTI¹ – tarugo224@gmail.com

MIRIAN CRISTINA MARETTI² – mirian.maretti@umfg.edu.br

1. Acadêmico do curso de graduação do curso Agronomia da Faculdade UMFG.

2. Professor Orientador. Faculdade UMFG - Rod PR-082 KM 468 - Lote 45/46 - Gleba, R. Ribeira, Cianorte - PR, 87200-000.

Recebido em 29/01/2026 . Publicado 09/02/2026

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes dosagens de solubilizador de fósforo sobre o desenvolvimento da cultura da alface. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, utilizando delineamento experimental em blocos casualizados, com 4 tratamentos e 5 repetições. As doses de solubilizador aplicadas foram de 100; 150; 200 mL/há, além de um tratamento controle sem aplicação. Foram avaliados parâmetros de crescimento e produtividade, como altura de plantas, número de folhas, massa fresca e seca da parte aérea. Os resultados indicaram que o uso do solubilizador de fósforo influenciou positivamente em alguns parâmetros avaliados como tamanho de raiz e número de folhas, e não influenciaram em parâmetros como, peso de raiz fresca, tamanho da parte aérea, peso da parte aérea fresca, peso da massa seca da raiz, peso da massa seca da parte aérea.

Palavras-Chave: *Lactuca sativa*; biofertilizante; nutrição vegetal; nutriente; produção.

ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the effect of different dosages of a phosphorus solubilizer on the development of lettuce crops. The experiment was conducted in a greenhouse using a randomized block design, with four treatments and five replications. The applied doses of the solubilizer were 100, 150, and 200 mL ha⁻¹, in addition to a control treatment without application. Growth and productivity parameters such as plant height, number of leaves, and fresh and dry shoot biomass were evaluated. The results indicated that the use of the phosphorus solubilizer positively influenced some of the evaluated parameters, such as root length and number of leaves. However, no significant differences were observed for parameters, including fresh root weight, shoot height, fresh shoot weight, root dry mass, and shoot dry mass.

Keywords: *Lactuca sativa*; biofertilizer; plant nutrition; nutrient; production.

1 INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.) tem seus registros com mais de 500 anos antes de Cristo, sendo

originária da Europa e da Ásia e pertencente a mesma família das alcachofras, almeirões e chicória (Lana, 2022).

De acordo com o Senar (2023) a olericultura se refere a produção de hortaliças, vegetais e ervas, sendo que em 2022 o Brasil movimentou mais de 5 milhões de toneladas de hortaliças nas 62 principais centrais de abastecimento do país, representando um valor de 20% do valor bruto de produção agropecuária faturando R\$ 269 bilhões por ano.

Para Sala e Costa (2012) a alface é considerada a principal hortaliça folhosa no Brasil, sendo divididas em várias variedades de mercado. Segundo Nascimento (2023) o mercado brasileiro de hortaliças é amplamente diversificado com dezenas de culturas sendo produzidas e comercializadas diariamente em todo o país, onde grande parte é produzida por pequenos agricultores familiares, e a maioria da comercialização ocorre no mercado interno.

Para Henz (2009) a alface é uma planta anual originária de clima temperado e pertencente a família Astaracea, sendo uma das hortaliças mais consumidas e produzidas em todo o Brasil, se desenvolvendo bem em climas mais amenos, onde no Brasil as variedades mais conhecidas popularmente são as crespas e as lisas, onde algumas foram melhoradas para o cultivo de verão ou adaptadas a regiões tropicais.

De acordo com o Censo Agropecuário do IBGE no ano de 2018, o valor de produção da cultura da alface no Brasil no ano de 2017 ultrapassou a casa dos R\$ 1,2 bilhões, com uma produtividade estimada de mais de 670 mil toneladas no mesmo ano, sendo mais de 108 mil propriedades destinadas a produção, com o maior produtor nacional o estado de São Paulo.

O cultivo da alface segundo Maldonade (2014), deve-se iniciar com a escolha de um local apropriado para o plantio evitando locais com solo muito compactado, verificar o uso anterior afim de evitar áreas com contaminações e possuir na área uma fonte de água para se realizar a irrigação.

Conforme Leal (2025) a alface é uma planta muito boa para o consumo, pois tem vários benefícios para a saúde, como favorecer a perda de peso, mantém a saúde dos olhos e evita a prisão de ventre, isso devido ao fato de a alface ser rica em carotenoides, possuir uma boa quantidade de fibras e compostos fenólicos, onde de acordo com as variedades os valores de nutrientes variam, mas no geral, as de cor verde geralmente possuem maior valor de clorofila e potássio, já as de cor roxa possuem maior quantidade de antocianinas e carotenoides.

Segundo Mendes (2009) a alface possui cerca de 95% de água em sua composição, devido a isso se faz necessário o uso de irrigação para a condução da cultura, porém esse manejo deve ser feito de maneira racional, afim de se evitar o excesso causando uma lixiviação da camada superficial do solo.

Lana (2021) afirma que um dos sistemas de produção de alface é a hidroponia, onde as plantas são cultivadas em substrato ou solução nutritiva e não no solo. A solução nutritiva consiste em uma

solução que contém todos os nutrientes essenciais para as plantas, como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, ferro, boro, manganês, cobre, zinco e molibdênio; sendo que dificilmente o sistema de hidroponia é feito a céu aberto, mas sim conduzido em estufas.

De acordo com Pereira (2009) o fósforo é considerado um nutriente de baixa mobilidade no solo, comportamento esse atribuído a sua fixação pelos minerais da argila que tem grande presença em solos tropicais, devido a essa baixa mobilidade e essa fixação pelos minerais, cerca de apenas 20% a 30% do fósforo aplicado em adubações são aproveitados pelas culturas.

Conforme Rankings (2011) o sistema de cultivo e o manejo da adubação fosfatada influenciam na disponibilidade de fósforo no solo, e seu acesso pelas plantas e na produtividade das culturas.

Assim, a realização deste estudo justifica-se pela necessidade de avaliar como diferentes doses de solubilizadores de fósforo podem influenciar o desenvolvimento da alface, buscando identificar com qual dosagem ocorre o melhor aproveitamento da cultura, e tem por objetivo verificar o efeito das doses de solubilizador de fósforo sobre o crescimento vegetativo da alface, analisando parâmetros como altura de planta, tamanho de raiz, número de folhas, massa fresca e massa seca da parte aérea e da raiz e diâmetro de caule; comparar a eficiência do solubilizador em diferentes doses, identificando a que apresenta melhor desempenho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

De acordo com Resende *et al.* (2018) a alface pertence à família Astaracea, e tem sua origem na Ásia, onde foi trazida para o Brasil pelos portugueses no Século XVI.

Segundo Cordás (2021) a alface teve seus primeiros registros na Suméria em 4.000 antes de Cristo, e posteriormente no Egito antigo com os registros datando cerca de 2 mil antes de Cristo onde era usada principalmente como remédio, em porções e em óleos extraídos de suas sementes. Na Grécia antiga, Hipócrates falava sobre os efeitos calmantes da alface, em Roma a folha era consumida com o objetivo de induzir o sono, e com o tempo começou a ser usada com o objetivo de estimular o apetite. Plínio menciona em seu livro *Naturalis História*, de 77 depois de Cristo, 9 tipos diferentes de alface que eram cultivados em sua região. Já Apícius descreve uma receita de purê de alface com cebolas, datando de 4 depois de Cristo e na China, a alface passou a ser consumida no Século VII.

Pizol (2022) coloca que para se cultivar alface, deve-se estar atento as condições de solo, devendo estes serem bem arejados, com elevado teor de matéria orgânica cerca de 2,5% e uma boa drenagem. Também é importante que a área tenha uma boa exposição ao sol e disponibilidade de água, pois se trata de uma cultura que exige irrigação frequente. Além disso, devido a sua origem, a cultura se desenvolve melhor em clima temperado, com temperaturas entre 18 a 25°C, porém com o melhoramento

genético já existem variedades adaptadas para diferentes climas e regiões do Brasil.

De acordo com Minervino (2025) no mercado brasileiro predomina o consumo da alface crespa, seguido da alface americana, porém a demanda por outros tipos da folhosa tem crescido nos últimos anos, especialmente a roxa. Temos hoje no mercado várias variedades de alface disponíveis para plantio e consumo, sendo elas a Crespa que possui como principal característica as folhas flabeladas; a alface americana que se caracteriza pela formação de cabeça, a lisa que como o próprio nome já induz, apresenta folhas lisas; a Mimosa que apresenta folhas recortadas; Romana que apresenta folhas de crescimento mais ereto e com nervuras mais grossas; Roxa que possui porções coloridas para todas as variedades de folhas.

Conforme Pizol (2023) o fósforo é um nutriente de extrema importância para as plantas, e entre suas funções podemos citar a síntese de ATP, onde o fósforo é um componente fundamental da adenosina trifosfato, a molécula responsável pelo armazenamento e fornecimento de energia nas células vegetais. Outra função muito importante é a fotossíntese, onde o fósforo atua na síntese de carboidratos; crescimento e desenvolvimento vegetativo estando envolvido diretamente na produção de proteínas e lipídeos; fortalecimento do sistema radicular com um melhor desenvolvimento das raízes das plantas; resistência a doenças, onde o nutriente atua acelerando a maturação dos tecidos, fazendo com que estes escapem da infecção por patógenos, que por sua vez preferem tecidos mais jovens; maturação de sementes atuando na produção de compostos orgânicos que ajudam a armazenar energia para a germinação.

De acordo com Machado (2025) a deficiência de fósforo provoca nanismo na planta ou crescimento reduzido, atraso no florescimento, folhas velhas verde-escuras que podem ficar com manchas arroxeadas azuladas ou necróticas, com ou sem necrose marginal, secamento das folhas mais velhas e menor perfilhamento em cereais, já o excesso de fósforo na planta pode provocar deficiência induzida de micronutrientes como zinco, manganês e cobre, causando os sintomas típicos de deficiência desses nutrientes.

A dinâmica do fósforo no solo é complexa e depende de fatores como o grau de intemperismo, atividade microbiana e característica físico-química do ambiente, onde em solos altamente intemperizados como os latossolos, predominam formas de fósforo pouco disponíveis, ligados a fração mineral ou estabilizados na matéria orgânica. Além de ser pouco disponível, o fósforo apresenta baixa mobilidade no solo e tende a se ligar a elementos como ferro e alumínio, tornando-se rapidamente indisponível para as plantas. Esse fenômeno é conhecido como fixação, e é especialmente intenso em solos oxidicos como os do cerrado (Henrique, 2025).

Segundo a ONU (2024) o fósforo é um nutriente indispensável para as plantas e foi descoberto a mais de 350 anos, porém seu uso excessivo é maléfico para o solo, pois causa poluição por um processo

chamado de eutrofização que leva o fósforo até rios e oceanos causando desequilíbrio ambiental, como a floração de algas que contaminam o abastecimento de água potável e criam zonas mortas sem oxigênio, que podem matar peixes e outras espécies aquáticas. Estima-se que a eutrofização custe cerca de US\$ 2,2 bilhões anuais para a economia dos EUA.

Fernandes (2024) coloca que a nutrição das plantas é um dos principais pilares da produtividade agrícola e o fósforo é um dos nutrientes essenciais para o desenvolvimento saudável das culturas. No entanto sua disponibilidade no solo nem sempre é ideal. Neste contexto destacam-se os solubilizadores de fósforo que são produtos biológicos que desempenham um papel fundamental ao tornar esse nutriente acessível para as plantas. Os solubilizadores de fósforo são compostos por microorganismos como bactérias e fungos (*Bacillus* e *Pseudomonas*) que tem a habilidade de transformar o fósforo que encontra-se de forma inorgânica (insolúvel) disponível no solo, em uma forma solúvel que pode ser facilmente absorvida pelas raízes das plantas.

De acordo com Boschiero (2022) há várias bactérias e fungos que são relatadas como solubilizadores de fósforo eficientes, como bactérias dos gêneros *Acinetobacter*, *Alcaligenes*, *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Clostridium*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Exiguobacterium*, *Natrinema*, *Pseudomonas*, *Rhizobium* e *Serratia*, que são relatados como solubilizadores de fósforo eficientes e potenciais; e dentre os fungos os que se destacam são os gêneros *Aspergillus*, *Penicillium*, *Acremonium*, *Hymenella* e *Neosartorya*, conhecidos por sua capacidade de solubilização de fosfato.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na fazenda experimental da UMFG, localizada no município de Cianorte, região noroeste do estado do Paraná, Brasil, podendo ser localizada sob coordenadas geográficas S 23°34'54.7'' e W 052°38'30.9''. Foram realizados quatro tratamentos, conforme descrição a seguir: T1: 100 ml de solubilizador de fósforo/ha; T2: 150 ml de solubilizador de fósforo/ha; T3: 200 ml de solubilizador de fósforo/ha; T4: Testemunha (sem aplicação do produto). Assim, o desenho experimental foi definido como Delineamento em Blocos Inteiramente Casualizados, com 4 tratamentos e 5 repetições de 12 plantas por tratamento, totalizando assim 240 plantas por tratamento.

O experimento foi conduzido em ambiente protegido (casa de vegetação) onde as laterais foram fechadas com tela de sombreamento de 50%, e parte superior coberta com plástico filme leitoso e tela de sombreamento 70%. No interior, as mudas foram dispostas em duas mesas de madeira, tendo uma delas as dimensões de 3,20 metros de comprimento x 1 metro de largura e a segunda 2,70 metros de comprimento x 1 metro de largura.

Para o desenvolvimento das mudas, foram utilizados copos plásticos descartáveis com

capacidade de 300 ml preenchidos com a mistura de 50% solo com análises químicas (Figura 1) e 50% areia média lavada.

O plantio ocorreu no dia 26 de julho de 2025, onde foram semeadas sementes peletizadas de Alface crespa var. Leticia lote n. 157.003 da marca Seminis, que possuía em suas especificações germinação de 90% e pureza de 99%.

As sementes foram depositadas no solo a cerca de 0,6 centímetros de profundidade com auxílio de uma pinça, cobertas posteriormente com o composto e, em seguida, irrigadas manualmente utilizando-se regador plástico.

O produto solubilizador de fósforo utilizado para a condução do experimento foi o Bioma Phós.

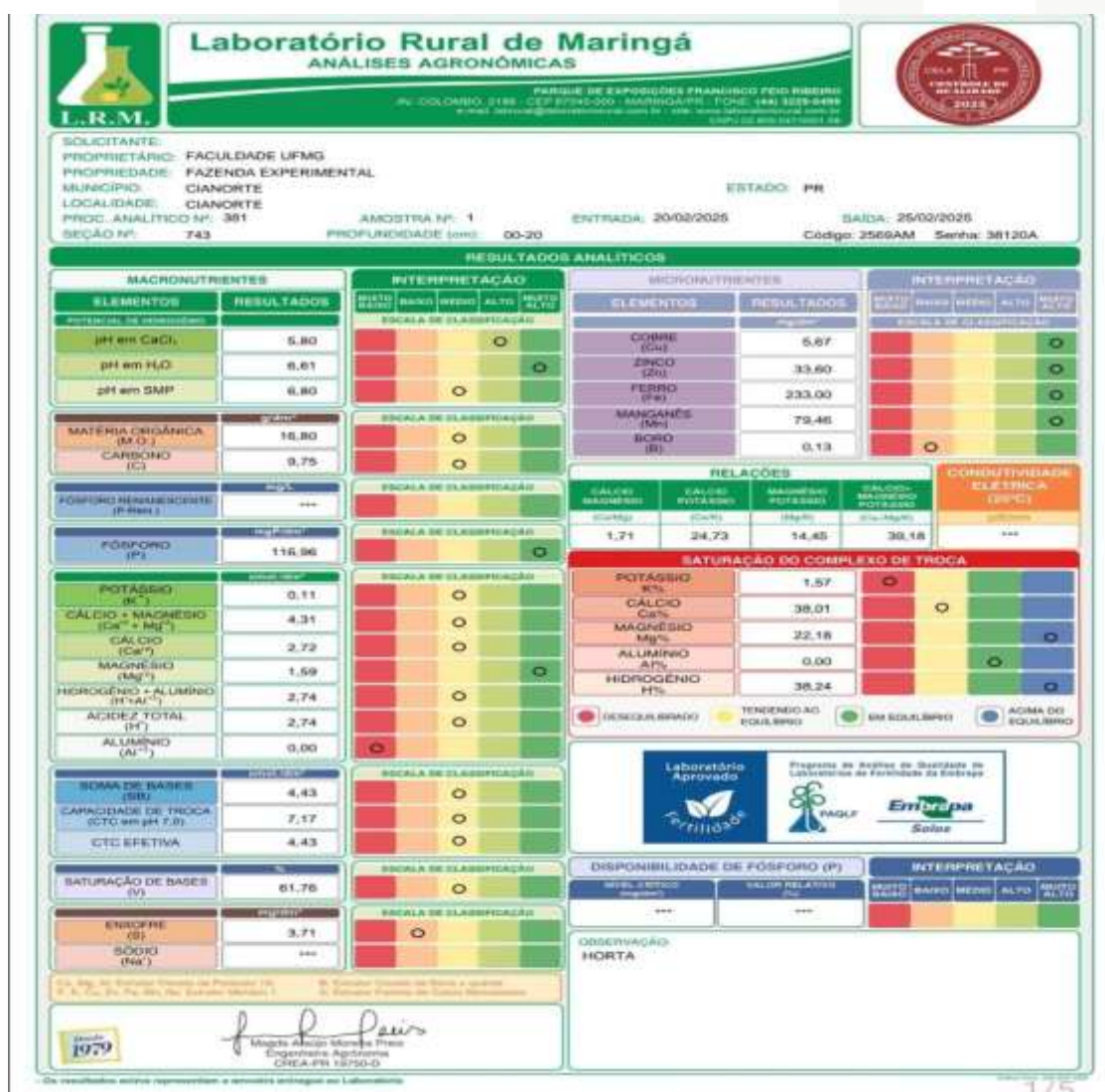
Para o cálculo da quantidade de produto a ser aplicado foi considerada uma população de 111.000 plantas/há considerando-se o espaçamento de 30 x 30 cm entre plantas. Para o tratamento observou-se a recomendação da Embrapa de 100ml do produto comercial/ha e vasão de 50L/ha para o tratamento 1; 150ml do produto comercial/ha e vasão de 50L/ha para o tratamento 2; 200ml do produto comercial/ha e vasão de 50L/há para o tratamento 3; e o tratamento 4 como Testemunha permanecendo sem aplicação de produto.

A aplicação ocorreu após o 7. dia de germinação das sementes. Para a aplicação foi utilizado um conta gotas que dispunha 2 gotas para cada amostra, sendo essa aplicada diretamente no solo ao lado do caule da planta.

As avaliações foram realizadas 45 dias após o plantio, onde foram avaliados o tamanho da parte aérea e o tamanho da raiz utilizando-se uma régua de 40 cm, o diâmetro do caule com o auxílio de um paquímetro, o número de folhas e o peso de massa fresca da parte aérea e da raiz utilizando balança analítica. Após isso as plantas foram levadas a estufa à temperatura de 60°C/48 horas e pesadas novamente na balança analítica a fim de se obter o peso da massa seca das plantas de cada tratamento.

Para o fator quantitativo, foi realizada análise de regressão no software SISVAR, ajustando modelos polinomiais de acordo com o comportamento das variáveis avaliadas. O programa testou os modelos linear equadrático, selecionando aquele que apresentou maior coeficiente de determinação (R^2), significância dos termos pelo teste F e coerência biológica com a resposta da cultura. A partir da equação ajustada, foi possível visualizar a tendência dos dados e identificar o ponto de máxima eficiência das doses, por meio dos gráficos de dispersão e da curva de regressão gerados pelo próprio SISVAR

Figura 1 – Análise de solo utilizado no experimento.



Fonte: Laboratório Rural de Maringá, 2025.

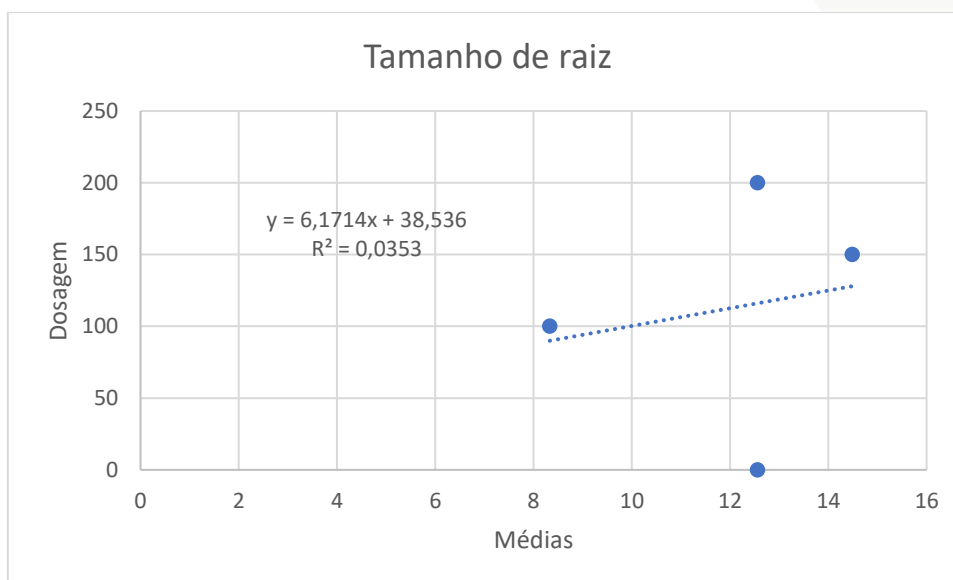
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos com a aplicação de solubilizador de fósforo em diferentes dosagens (0, 100, 150 e 200 ml/ha), na cultura da alface obteve resultados significativos, segundo a análise de regressão para tamanho de raiz (Figura 2) obtendo valores que variaram de 8,33 até 14,49, e obtendo valores menores que 0,05 para B^2 (Tabela 1) diferindo assim entre si, sendo assim a melhor dosagem foi a de 100ml/há do produto comercial.

Martins (2022) obteve resultados diferentes trabalhando com produtos solubilizadores de fósforo na produção de mudas de alface, ao testar diferentes dosagens do produto em plantas cultivadas em substrato comercial, obtendo resultado em que um dos gêneros de bactérias testadas em seu trabalho, chamadas de *Streptomyces* que pertence a um dos gêneros de bactérias que são

utilizadas como solubilizadoras de fósforo é um agente promissor a ser utilizado como biofertilizante no intuito de promover crescimento de plantas de alface, onde obteve que esse gênero promoveu um crescimento positivo para o teste realizado em alface.

Figura 2 - Tamanho de raiz



Fonte: Autor, 2025.

Tabela 1 - Tamanho de raiz

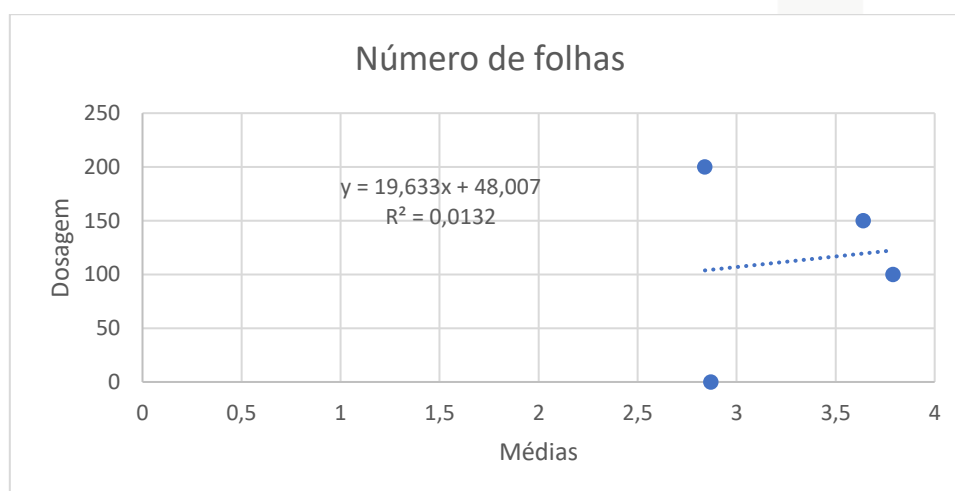
Causas de variação	Pr>F
B ¹	0,277
B ²	0,013

Fonte: Autor, 2025.

O número de folhas obteve resultado significativo possuindo resultados que variaram de 2,87 até 3,69 (Figura 3) e obteve valores menores que 0,05 para B² (Tabela 2) diferindo assim entre si, sendo assim a melhor dosagem foi a de 100ml/há do produto comercial.

Resultados parecidos foram evidenciados por Bento (2016), onde ao trabalhar com a utilização de bactérias solubilizadoras de fósforo na cultura do tomateiro, indicou que a utilização desse produto proporcionou um aumento significativo na produtividade, com ganhos de até 49,7% quando se comparado entre os demais tratamentos.

Figura 3 - Número de folhas



Fonte: Autor, 2025.

Tabela 2 - Número de folhas

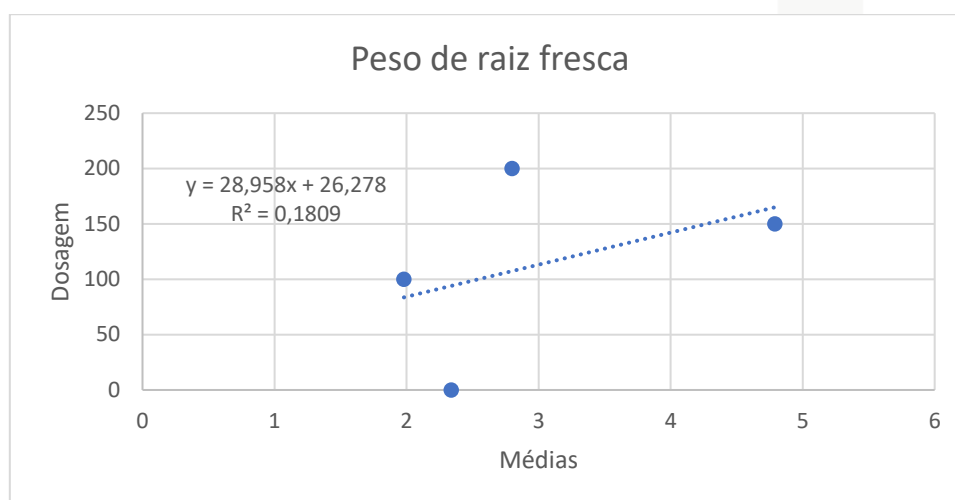
Causas de variação	Pr>F
B ¹	0,513
B ²	0,000

Fonte: Autor, 2025.

O peso de raiz fresca não obteve resultados significativos, possuindo valores que variaram de 1,98 até 4,79 (Figura 4), obtendo valores maiores que 0,05 para B¹ (Tabela 3), não diferindo assim entre si.

Jesus (2022) também obteve resultados parecidos, ao testar solubilizador de fósforo na cultura da alface crespa em área experimental do IFSP, observando que a inoculação realizada com o produto não promoveu efeitos positivos, sendo que para todas as variáveis analisadas não houve diferença significativa entre os tratamentos.

Figura 4 - Peso de raiz fresca



Fonte: Autor, 2025.

Tabela 3 - Peso de raiz fresca

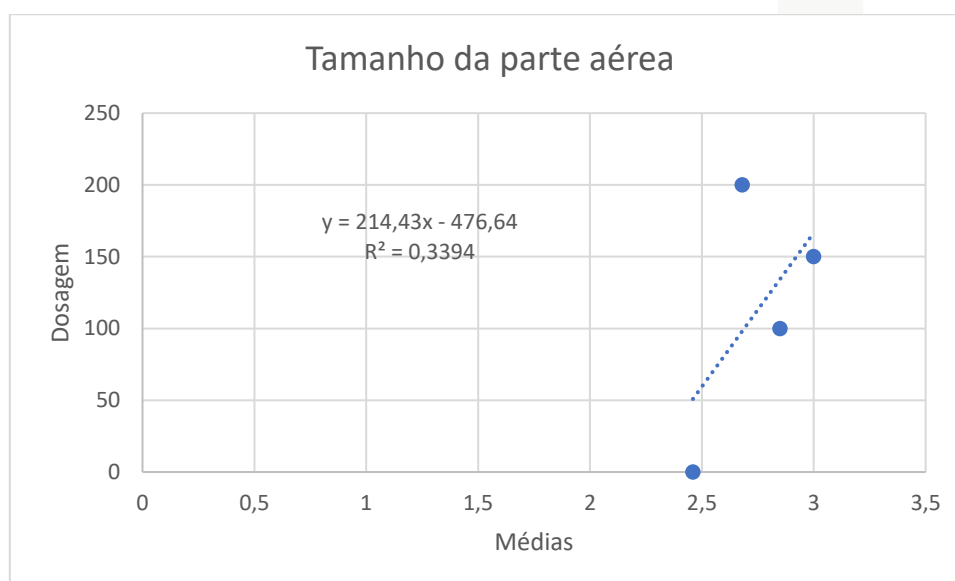
Causas de variação	Pr>F
B ¹	0,063
B ²	0,527

Fonte: Autor, 2025.

A variável Tamanho de parte aérea não obteve resultados significativos, tendo valores que variaram de 2,46 até 3,85 (Figura 5), sendo valores maiores que 0,05 para B¹ e B² (Tabela 4) não diferindo significativamente entre si.

Resultados análogos foram encontrados por Alves e Silva Filho (2009) ao trabalharem com diferentes tipos de bactérias e fungos solubilizadores de fósforo e fontes fosfatadas, obtiveram resultados onde os produtos testados desfavoreceram o crescimento da planta em relação as fontes fosfatadas convencionais.

Figura 5 - Tamanho da parte aérea



Fonte: Autor, 2025.

Tabela 4 - Tamanho da parte aérea

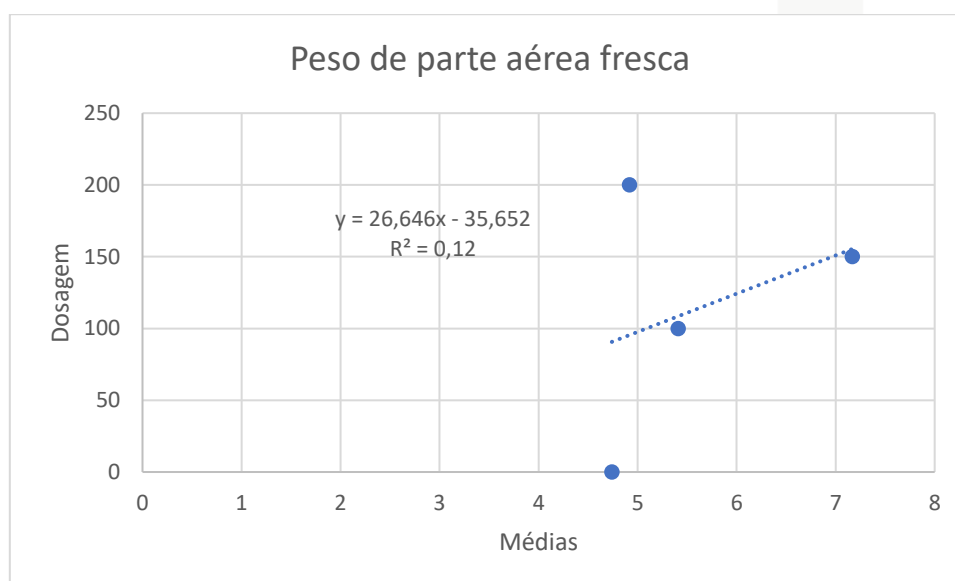
Causas de variação	Pr>F
B ¹	0,399
B ²	0,387

Fonte: Autor, 2025.

A variável peso de parte aérea fresca também não obteve resultados significativos, com valores variando de 4,74 até 7,17 (Figura 6), mostrando valores maiores que 0,05 para B¹ e B² (Tabela 5) não diferindo significativamente entre si.

Outros autores obtiveram resultados semelhantes ao trabalho, onde Scalon, *et. al.* (2023) trabalhando com o ioculante Biomaphos que é um solubilizador de fósforo em associação a adubação fosfatada, chegou a conclusão em que os tratamentos onde foi realizada somente a aplicação do inoculante proporcionou menor massa verde total da parte aérea; onde a inoculação do produto não contribuiu para aumentar a disponibilidade de fósforo para a cultura da alface.

Figura 6 - Peso da parte aérea fresca



Fonte: Autor, 2025.

Tabela 5 - Peso da parte aérea fresca

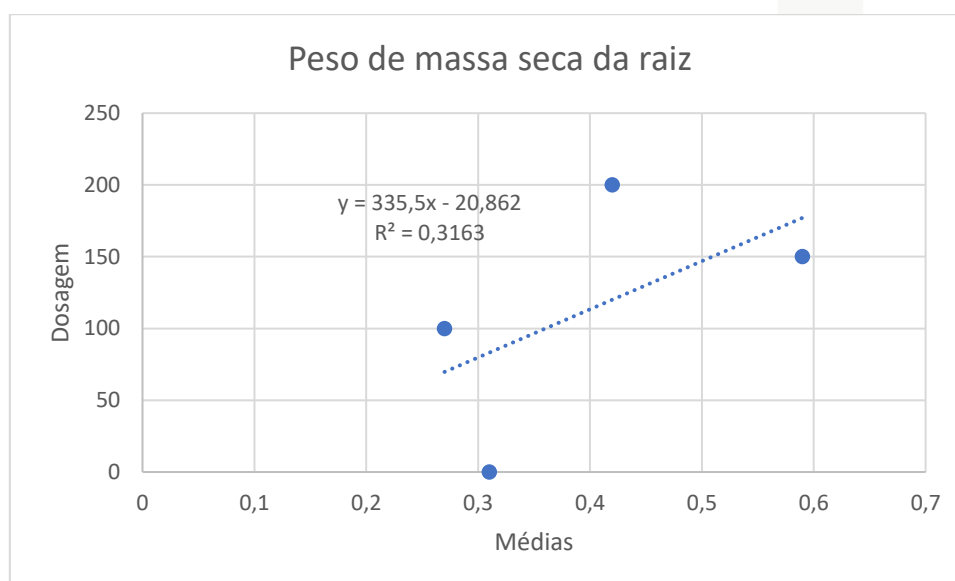
Causas de variação	Pr>F
B ¹	0,471
B ²	0,239

Fonte: Autor, 2025.

O peso de massa seca da raiz que não obteve resultados significativos com valores que variaram de 0,27 até 0,59 (Figura 7), obtendo valores maiores que 0,05 para B¹ e B² (Tabela 6) não diferindo significativamente entre si.

Resultado similar foi evidenciado por França (2022) que ao trabalhar com diferentes bactérias solubilizadoras de fósforo na cultura do milho em condições de campo, chegou a conclusão que não foram observados ganhos com relação às variáveis de produção de milho verde, como número de espigas e peso de espiga.

Figura 7 - Peso de massa seca da raiz



Fonte: Autor, 2025.

Tabela 6 - Peso de massa seca da raiz

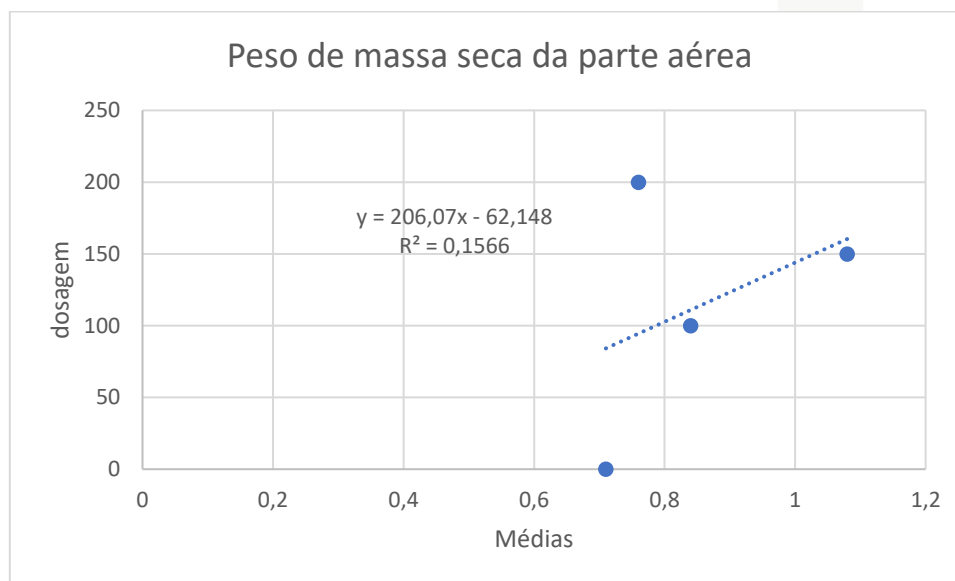
Causas de variação	Pr>F
B ¹	0,079
B ²	0,990

Fonte: Autor, 2025.

A variável Peso de massa seca de parte aérea não obteve diferença significativa entre os tratamentos realizados, tendo valores que variaram entre 0,71 até 1,08 (Figura 8), com valores maiores que 0,05 para B¹ e B² (Tabela 7) não diferindo significativamente entre si.

Ferreira e Bittencourt (2021) trabalhando com a combinação de produtos solubilizadores de fósforo e adubação fosfatada convencional na cultura do feijão chegaram a um resultado semelhante, onde somente a utilização de bactérias solubilizadoras de fósforo obtiveram resultados menores de produtividade total, quando se comparado à adubação fosfatada convencional.

Figura 8 - Peso de massa seca da parte aérea



Fonte: Autor, 2025.

Tabela 7 - Peso de massa seca da parte aérea

Causas de variação	Pr>F
B ¹	0,539
B ²	0,338

Fonte: Autor, 2025.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A hipótese proposta neste estudo de que o uso de solubilizador biológico de fósforo aumentaria a produtividade da cultura da alface foi parcialmente confirmada. Embora os resultados tenham demonstrado efeitos positivos no desenvolvimento radicular e no número de folhas, os demais parâmetros avaliados não apresentaram diferenças significativas entre as doses testadas. Esses achados indicam que o solubilizador biológico contribuiu de forma pontual para o crescimento da planta, mas que sua eficiência pode depender de fatores ambientais e de manejo.

Como contribuição prática e social, esta pesquisa reforça a importância do uso de bioinsumos como alternativa sustentável na agricultura, reduzindo a dependência de fertilizantes minerais e promovendo um manejo mais equilibrado dos recursos naturais. Além disso, fornece subsídios para a ampliação de práticas agroecológicas voltadas à produção de hortaliças de forma mais eficiente e ambientalmente responsável.

Por fim, este estudo despertou uma reflexão pessoal acerca do potencial da biotecnologia como aliada da agricultura sustentável. A experiência evidenciou que, mesmo diante de resultados

parciais, o uso de microrganismos solubilizadores representa um caminho promissor para a melhoria da fertilidade do solo e para o fortalecimento de sistemas agrícolas mais resilientes e ecológicos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por todas as bênçãos derramadas ao longo da minha trajetória, especialmente nesta fase tão importante que é minha formação acadêmica no curso de Agronomia, além de cada oportunidade concedida ao longo dessa caminhada.

Expresso minha mais sincera gratidão aos meus pais, Carlos Edilson Pezenti e Roseli Deconte Pezenti, por todo o apoio, incentivo, orientação, auxílio, amparo e, principalmente, por estarem sempre ao meu lado na concretização deste sonho, com todo o amor, carinho e dedicação de sempre.

Aos meus colegas de classe e de curso, agradeço pelos anos de convivência, pelas experiências compartilhadas e pelos aprendizados que levarei comigo. Em especial aos meus amigos: Leonardo Bordini e Renan Helenton Gonzaga Mendes, por toda ajuda, pelo companheirismo, pela amizade e por compartilharmos juntos esses anos de curso. Levarei vocês para sempre no meu coração e nas minhas memórias.

Sou imensamente grato a toda a equipe da Faculdade UMFG, especialmente a todos os meus professores, principalmente a minha orientadora, que me ajudou a desenvolver este trabalho, Profa. Dra. Mirian Cristina Maretti, bem como ao Prof. Dr. André Ribeiro da Costa, e ao coordenador, Prof. Dr. Rogério Lavanholi, que esteve presente durante todo o tempo. Agradeço pela dedicação, pelo empenho em transmitir o conhecimento e apoio constante no meu percurso acadêmico. Levarei comigo, com muito apreço, a amizade e o respeito por cada um de vocês.

Também não poderia deixar de agradecer a equipe da Fort Green pela ajuda concedida em produtos que foram indispensáveis para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

BENTO, Rafael Umbelino *et al.* Adubação fosfatada e inoculação com microrganismos solubilizadores de fosfato na cultura do tomate. In: **Anais do Congresso de Ensino, Pesquisa e Extensão da UEG (CEPE)**(ISSN 2447-8687). 2016.

BICUDO, Breno Scalón *et al.* Adubação fosfatada associada ao uso de microrganismos solubilizadores de fosfatos na cultura da alface. **Connectionline**, n.30, p.136-144, 2023. Disponível em: <https://periodicos.univag.com.br/index.php/CONNECTIONLINE/article/view/2400/2592>
Acesso em: 20 nov. 2025.

BITTENCOURT, Caroline Domingos; FERREIRA, Enderson Petrônio de Brito. Desempenho de

inoculante solubilizador de fosfato no crescimento e produção do feijoeiro-comum. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOLO (CBS), 2022. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1146078/1/cbs-2022-p299.pdf> Acesso em: 20 nov. 2025.

BOSCHIERO, Beatriz Nastaro. Microrganismos solubilizadores de fósforo: importância, mecanismos e aplicações práticas. **Agroadvance**. 2022. Disponível em: <https://agroadvance.com.br/blog-microrganismos-solubilizadores-de-fosforo/>. Acesso em: 22 set 2025.

BUSATO, Jader Galba *et al.* Efeito do extrato húmico solúvel em água e biofertilizante sobre o desenvolvimento de mudas de *Calophyllum brasiliense*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 36, n. 86, p. 161-168, 2016.

CORDÁS, Katherina. **A história da Alface**. Comes. 2021. Disponível em: <https://www.comes.com.br/post/a-hist%C3%B3ria-do-alface>. Acesso em: 18 set 2025.

FERNANDES, Déborah. **Solubilizador de fósforo: o que é, benefícios e aplicação no solo**. Nutrição de Safras. 2024. Disponível em: <https://nutricaoodesafras.com.br/solubilizadores-de-fosforo-produtividade-sustentavel>. Acesso em: 15 out 2025.

HENZ; Gilmar Paulo; SUINAGA, Fábio. **Tipos de Alface Cultivados no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2009.

HENRIQUE, Luma Alana Vieira. **Tudo que você precisa saber sobre adubação fosfata**. Nutrição de Safras. 2025. Disponível em: <https://nutricaoodesafras.com.br/tudo-que-voce-precisa-saber-sobre-adubacao-fosfatada>. Acesso em: 12 out. 2025.

IBGE. Mapa - Alface - Valor da produção (Mil Reais). 2025. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/alface/br>. Acesso em: 21 set 2025.

JESUS, Guilherme Vinicius Costa de. **Avaliação do efeito de bactérias solubilizadoras de fosfato na cultura da alface (*Lactuca sativa* L.)**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) — Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Câmpus Barretos, Barretos, 2022.

LANA, Milza Moreira. **Alface Rainha das saladas**. Embrapa Hortaliças. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/hortalica-nao-e-so-salada/alface>. Acesso em: 17 ago 2025.

LANA, Milza Moreira; GUEDES, Ítalo Moraes Rocha Guedes. **Hortalicas Hidropônicas**. Embrapa Hortaliças. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/hortalica-nao-e-so-salada/hortalicas-hidroponicas>. Acesso em: 11 set 2025.

LEAL, Karla. **Alface: benefícios, tipos e como consumir (com receitas)**. Tua Saúde. 2025. Disponível em: <https://www.tuasaude.com/beneficios-da-alface/>. Acesso em: 3 set 2025.

MACHADO, Anderson Wolf. **Entenda os sintomas visuais de deficiência / excesso nutricional em plantas**. Agrolink. 2025. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/fertilizantes/aspectos-gerais/entenda-os-sintomas-visuais-de-deficiencia-nutricional-em-plantas_490569.html. Acesso em: 11 out 2025.

MALDONADE, Iriani Rodrigues *et al.* **Manual de boas práticas agrícolas na produção de alface**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2014.

MARCHI, Edilene Carvalho Santos *et al.* **Produção de alface americana sob influência da adubação orgânica e doses de material húmico**. In: SIMPÓSIO NACIONAL CERRADO, 9.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL SAVANAS TROPICAIS, 2., 2008, Brasília, DF. Desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais: anais... Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008.

MARTINS, Albert Lennon Lima *et al.* Desempenho de mudas de alface sob doses de inoculante biológico solubilizador de fósforo. **Agri-Environmental Sciences**, v. 8, n. 2, p. 8-8, 2022.

MENDES, Edilson da Silva. **Uso consultivo de água pela alface (*Lactuca sativa* L.) cultivares verônica (crespa) e elisa (lisa) pelo método de irrigação e percolação**. Inconfidentes-Mg: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, 2009.

MINERVINO, Luiz Eduardo. **Quais tipos de alface existem? Conheça os mais comuns**. Globo Rural. 2025. Disponível em: <https://globo.rural.globo.com/agricultura/hortifruti/noticia/2025/05/saiba-quais-sao-os-seis-tipos-de-alface-mais-comuns-no-brasil.ghtml>. Acesso em: 14 set 2025.

MIRANDA, Tamires Martins; BUSO, Wilian Henrique Diniz. **Aplicação foliar de biomafos em milho safrinha**. Research, Society and Development. v. 11, n. 9, e40611931991, 2022.

NASCIMENTO, Warley Marcos. **A Cadeia Produtiva de Hortaliças e o Valor Bruto da Produção**. Embrapa Hortaliças. 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/78089493/artigo---a-cadeia-produtiva-de-hortalicas-e-o-valor-bruto-da-producao>. Acesso em: 13 set 2025.

NUNES, Kenya Gonçalves. **Comportamento da alface-americana sob diferentes doses de composto orgânico e lâminas de irrigação**. 2014. 59f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, 2014.

ONU. **O que é fósforo e por que aumentam as preocupações sobre o seu impacto ambiental?** 2025. Disponível em: <https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/reportagem/o-que-e-fosforo-e-por-que-aumentam-preocupacoes-sobre-o-seu>. Acesso em: 16 set 2025.

PEREIRA, Hamilton Seron. Fósforo e potássio exigem manejos diferenciados. **Visão Agrícola**, n. 9, p. 43-46, jul./dez. 2009.

PIZOL, José Vitor. **Como cuidar da sua plantação de alface? Nutrição de Safras**. 2022. Disponível em: <https://nutricaodesafras.com.br/plantacao-de-alface>. Acesso em: 15 out 2025.

PIZOL, José Vitor. **Fósforo nas plantas: qual a importância deste nutriente**. Nutrição de Safras. 2023. Disponível em: <https://nutricaodesafras.com.br/importancia-do-fosforo-nas-plantas>. Acesso em: 22 set 2025.

RESENDE, Geraldo Milanez de; *et al.* **Cultivo de alface-crespa no Submédio do Vale do São Francisco**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2018. 4p.

SALA, Fernando Cesar. Retrospectiva e tendência da alfacicultura brasileira. **Horticultura Brasileira**, Araras, v. 30, n. 2, p. 187-194, 2012.

SANTOS, Shuyan Alves dos; ALVES, Mariana Saragiotto da Silva. Uso de microrganismos eficientes como biofertilizante no cultivo de alface *Lactuca sativa*. In: **Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP**. 2024.

SENAR, Espírito Santo. **Olericultura: Brasil produz 5 milhões de toneladas de hortaliças**. 2023. Disponível em: <https://www.senar-es.org.br/comunicacao/noticias/olericultura-brasil-produz-5-milhoes-de-toneladas-de-hortali-14003>. Acesso em: 26 ago. 2025.

SIQUEIRA, Ana Paula de Oliveira *et al.* **Cultura da alface**. Vitória, ES: Incaper, 2022.