



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS
CAMPUS ARAGUATINS
CURSO SUPERIOR BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRONÔMICA**

**ANA LUIZA SOUSA DE OLIVEIRA
CAROLINE NUNES SILVA**

**EFEITO DO USO DE BIOFERTILIZANTE NO DESENVOLVIMENTO DA ALFACE
CRESPA (*Lactuca sativa* L.) EM ARAGUATINS - TO**

**ARAGUATINS – TO
2026**

ANA LUIZA SOUSA DE OLIVEIRA
CAROLINE NUNES SILVA

**EFEITO DO USO DE BIOFERTILIZANTE NO DESENVOLVIMENTO DA ALFACE
CRESPA (*Lactuca sativa* L.) EM ARAGUATINS - TO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação do Curso de
Bacharelado em Engenharia Agrônoma
do Instituto Federal de Educação, Ciência
e Tecnologia do Tocantins – IFTO/*Campus*
Araguatins, como exigência à obtenção do
título de Bacharel em Engenharia
Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. Raimundo Laerton de
Lima Leite

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

O48eOliveira, Ana Luiza Sousa de

Efeito do uso de biofertilizante no desenvolvimento da alface crespa
(Lactuca sativa L.) em Araguatins - TO / Ana Luiza Sousa de Oliveira,
Caroline Nunes Silva. – Araguatins, TO, 2026.

43 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia
Agrônômica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do
Tocantins, Campus Araguatins, Araguatins, TO, 2026.

Orientador: Dr. Raimundo Laerton de Lima Leite

1. Biofertilizante. 2. Alface fresca. 3. Agricultura sustentável. I.
Silva, Caroline Nunes. II. Leite, Raimundo Laerton de Lima III. , . IV. Título.

CDD 630

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).



Ministério da Educação
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins
Campus Araguatins
Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Agrônoma

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO: “ EFEITO DO USO DE BIOFERTILIZANTE NO DESENVOLVIMENTO DA ALFACE CRESPA (*Lactuca sativa* L.) EM ARAGUATINS -TO”

AUTORAS: **Caroline Nunes Silva e Ana Luiza Sousa de Oliveira**
ORIENTADOR: **Profº. Dr. Raimundo Laerton de Lima Leite**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, *Campus Araguatins*, como parte das exigências para a conclusão do Curso de Bacharelado em Engenharia Agrônoma.

Aprovado em 07 de agosto de 2026.



Documento assinado eletronicamente por **Raimundo Laerton de Lima Leite, Servidor**, em 07/08/2026, às 09:27, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Roberta de Freitas Souza Lobo, Servidora**, em 07/08/2026, às 09:32, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ruy Borges da Silva, Servidor**, em 07/08/2026, às 09:32, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.iftoc.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **3238584** e o código CRC **A414439B**.

Dedicamos este trabalho aos
nossos familiares, pelo amor,
apoio e incentivo, e a nós
mesmas, pela dedicação e
perseverança ao longo dessa
ádua caminhada.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradecemos a Deus, pois sem sua constante intercessão em hipótese alguma conseguiríamos chegar até o fim desse ciclo tão marcante e especial.

Agradecemos aos nossos pais, pelo amor incondicional, apoio, incentivo e compreensão. Agradecemos também aos nossos demais familiares.

Aos nossos amigos, pela amizade, companheirismo e todo o apoio, vocês tornaram o processo mais leve.

Ao nosso querido orientador, Professor Dr. Raimundo Laerton de Lima Leite, agradecemos pela orientação, dedicação, paciência e valiosos ensinamentos ao longo da realização deste trabalho. O senhor é um verdadeiro exemplo a ser seguido e admirado.

Aos membros da nossa banca, Professora Dra. Roberta de Freitas Lobo, Professor Me. Ruy Borges da Silva e Professor Dr. Edvar de Sousa da Silva, pela disponibilidade e pelas valiosas contribuições para o aprimoramento deste trabalho.

Em especial, eu, Caroline, agradeço à minha mãe, Janice Nunes, mulher de garra, força e coragem. Que, debaixo de muito sol, sempre pôde me proporcionar sombra, acolhimento e proteção nos momentos mais difíceis. Sua dedicação, apoio incondicional e confiança em mim foram fundamentais para que eu pudesse superar os desafios e alcançar esta conquista. Palavra nenhuma é capaz de mensurar o meu amor e gratidão. Agradeço e dedico ao meu amado irmão, João Antonio Nunes, pela sua presença fundamental na minha vida. Essa conquista é nossa, família. Eu amo vocês infinitamente.

Aos meus pais, Elias e Delma, eu, Ana Luiza, dedico minha mais profunda gratidão. Vocês foram meu maior alicerce durante toda essa caminhada. Cada conquista alcançada até aqui também pertence a vocês, que nunca mediram esforços para me proporcionar oportunidades e acreditar nos meus sonhos, mesmo quando eu mesma duvidei. Durante esta jornada, enfrentei desafios, momentos de cansaço, inseguranças e obstáculos que pareciam impossíveis de superar. Em todos eles, encontrei em vocês o meu porto seguro, meu refúgio e minha maior fonte de inspiração. O incentivo, as orações, o carinho e o apoio incondicional de vocês fizeram toda a diferença para que eu chegasse até aqui. Esta conquista não é apenas minha. Ela é nossa. Eu amo vocês infinitamente.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do uso de biofertilizante no desenvolvimento da alface crespa (*Lactuca sativa* L.) cultivada no município de Araguatins–TO. O experimento foi conduzido em canteiros, utilizando diferentes doses de biofertilizante aplicadas via drench na região radicular das plantas, em delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. Foram avaliadas características relacionadas ao crescimento e produtividade da cultura, como altura das plantas, número de folhas, diâmetro da cabeça e massa fresca da parte aérea. A metodologia incluiu avaliações periódicas do desenvolvimento das plantas, além da coleta e pesagem da massa fresca da parte aérea. Os resultados demonstraram que as doses de biofertilizante não influenciaram significativamente as variáveis avaliadas, enquanto as épocas de avaliação apresentaram efeito sobre o desenvolvimento das plantas ao longo do ciclo da cultura. Conclui-se que, nas condições estudadas, as doses utilizadas não promoveram incrementos significativos no desenvolvimento da alface, sendo necessários novos estudos com diferentes condições de cultivo e manejo para melhor avaliar o potencial do biofertilizante.

Palavras-chave: Biofertilizante, alface crespa, *Lactuca sativa* L., agricultura sustentável, produtividade, adubação orgânica.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effect of biofertilizer use on the development of curly lettuce (*Lactuca sativa* L.) cultivated in the municipality of Araguatins, Tocantins, Brazil. The experiment was conducted in beds using different biofertilizer doses applied via drench in the plant root zone, in a randomized block design with four replications. Growth and production-related characteristics of the crop were evaluated, including plant height, number of leaves, head diameter, and fresh shoot mass. The methodology included periodic evaluations of plant development, as well as the collection and weighing of fresh shoot mass. The results showed that biofertilizer doses did not significantly influence the evaluated variables, while evaluation periods affected plant development throughout the crop cycle. It was concluded that, under the conditions studied, the applied doses did not promote significant increases in lettuce development. Further studies with different cultivation conditions, soil characteristics, doses, and application periods are recommended to better understand the potential use of biofertilizer in lettuce production.

Keywords: biofertilizer, curly lettuce, *Lactuca sativa* L., sustainable agriculture, productivity, organic fertilization.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Arranjo das plantas na parcela experimental.....	23
Figura 2 – Descompactação do solo (A), Levantamento dos canteiros (B), Adubação de plantio (C)	24
Figura 3 – Irrigação da área.....	25
Figura 4 – Cobertura com o plástico mulching.....	25
Figura 5 – Confeção das covas.....	25
Figura 6 – Coleta do solo.....	26
Figura 7 – Preparo da amostra de solo para envio ao laboratório.....	26
Figura 8 – Amostra de solo para envio ao laboratório.....	26
Figura 9 – Resíduos Orgânicos (A), Adição de água (B), Farinha de osso (C).....	29
Figura 10 – Tiririca (A), Esterco bovino (B), Processo de fermentação (C).....	29
Figura 11 – Sementes utilizadas na semeadura	30
Figura 12 – Sementes semeadas na bandeja	30
Figura 13 – Mudas após 6 dias da semeadura	30
Figura 14 – Muda para transplântio	30
Figura 15 – Realização da etapa de transplântio de mudas.....	30
Figura 16 – Medição da altura das plantas (A), Contagem do nº de folhas (B), Medição do diâmetro da copa (C), Determinação da massa fresca (D).....	31
Figura 17 – 1º Avaliação da parte aérea da planta	32
Figura 18 – 2º Avaliação da parte aérea da planta.....	32
Figura 19 – Última Avaliação da parte aérea da planta.....	32
Figura 20 – Preparação da calda do biofertilizante (A e B).....	34
Figura 21 – Aplicação da calda do biofertilizante.....	34
Figura 22 – Processo da colheita (A), Alface retirada (B), embalando a planta (C)..	35
Figura 23 – Plantas embaladas (A), Pesagem da planta (B).....	35
Figura 24 – Altura de plantas de alface em função das doses da aplicação do biofertilizante ($p < 0,01$).....	37
Figura 25 – Médias do número de folhas em função das doses aplicadas de biofertilizante.....	38
Figura 26 Diâmetro das plantas de alface em função das doses da aplicação do biofertilizante ($p < 0,01$).....	40
Figura 27 – Médias da massa fresca da parte aérea em função das doses aplicadas.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultado da análise química de solo da área experimental.....	26
Tabela 2 – Resultado da análise física do solo da área experimental.....	26
Tabela 3 – Composição das caldas utilizadas nos tratamentos com biofertilizante.....	27
Tabela 4 – Formulação adaptada do biofertilizante utilizado no experimento.....	28
Tabela 5 – Resumo da análise de variância para a variável altura de plantas de alface.....	36
Tabela 6 – Análise de variância para a variável número de folhas por plantas de alface.....	38
Tabela 7 – Resumo da análise de variância para a variável diâmetro em função dos fatores época de avaliação, tratamento e doses.....	39
Tabela 8 – Análise de variância para a massa fresca das plantas.....	41

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 Aspectos gerais da Alface	14
2.2 Importância econômica e nutricional da alface	15
2.3 Fertilidade do solo e nutrição de hortaliças	16
2.4 Biofertilizantes na agricultura	18
2.5 Uso de biofertilizantes na cultura da alface	19
3 MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1 Delineamento experimental	20
3.2 Preparação da área de cultivo	21
3.3 Tratamentos	23
3.4 Produção e aplicação do biofertilizante	25
3.5 Implantação da cultura	26
3.6 Variáveis avaliadas	28
3.7 Cronograma de avaliações	29
3.8 Formulação da calda de aplicação	30
3.9 Colheita	31
3.10 Análise estatística	32
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1 Variáveis de resposta: Altura das plantas (cm)	33
4.2 Variáveis de resposta: Número de folhas	34
4.3 Variáveis de resposta: Diâmetro das plantas	36
4.4 Variável de resposta: Matéria fresca da parte aérea (MFPA)	38
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
REFERÊNCIAS	41

1 INTRODUÇÃO

A alface crespa (*Lactuca sativa* L.) é considerada uma das hortaliças folhosas de maior importância econômica e alimentar no Brasil, destacando-se pelo elevado consumo e ampla aceitação entre os consumidores. Seu cultivo apresenta ciclo curto, rápido retorno financeiro e grande relevância para agricultores familiares e pequenos produtores (FILGUEIRA, 2013). Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2010), a alface está entre as hortaliças mais produzidas e consumidas no país, sendo a variedade crespa responsável por aproximadamente 65% do mercado nacional, devido à preferência do consumidor e boa adaptação aos sistemas produtivos brasileiros.

O desenvolvimento adequado da cultura depende diretamente das condições climáticas, disponibilidade hídrica e manejo nutricional. A alface apresenta melhor desempenho em temperaturas moderadas, geralmente entre 15°C e 25°C, sendo o excesso de calor um fator limitante para o crescimento e qualidade comercial da planta, podendo ocasionar florescimento precoce e alterações nas folhas (EMBRAPA, 2019).

Entre os principais fatores que influenciam a produtividade da alface, destaca-se a fertilidade do solo. Tradicionalmente, a adubação química é utilizada para suprir as exigências nutricionais da cultura; contudo, o uso contínuo desses insumos pode aumentar custos de produção e provocar impactos ambientais. Diante disso, cresce o interesse por alternativas sustentáveis capazes de manter a produtividade agrícola associada à conservação dos recursos naturais (GLIESSMAN, 2015).

Nesse contexto, segundo a EMBRAPA (2021) os biofertilizantes têm sido amplamente estudados por sua capacidade de fornecer nutrientes, estimular a atividade microbológica do solo e melhorar propriedades físicas, químicas e biológicas do ambiente de cultivo. Conforme ressaltado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2021), o uso de insumos orgânicos contribui para sistemas produtivos mais sustentáveis, favorecendo a ciclagem de nutrientes e reduzindo a dependência de fertilizantes minerais.

Segundo Malavolta (2006), a nutrição equilibrada das plantas é essencial para o crescimento vegetal, influenciando diretamente variáveis como altura, número de folhas, biomassa e produtividade. Dessa forma, a utilização de biofertilizantes pode

representar alternativa promissora para produção de hortaliças, especialmente em cultivos de pequena escala e agricultura familiar.

Considerando a importância econômica da alface crespa e a necessidade crescente por práticas agrícolas sustentáveis, este estudo busca avaliar os efeitos da aplicação de biofertilizante no desenvolvimento e na produtividade da alface crespa (*Lactuca sativa L.*) cultivada no município de Araguatins - TO.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos gerais da Alface

A alface é uma hortaliça anual de seiva leitosa, tipicamente de inverno, cultivada há milhares de anos e que sofreu intenso melhoramento genético até chegarmos nas variedades atuais. Atualmente há inúmeras variedades, de características diversas e que propiciam o cultivo o ano inteiro. As principais variedades agrupam-se em alfaces de cabeça crespas, de cabeça lisa, romana, de folha e de haste. As variedades mais importantes comercialmente encaixam-se nos dois primeiros grupos, embora as demais sejam bastante conhecidas e populares em hortas domésticas também (FILGUEIRA, 2013).

A alface, de modo geral, apresenta folhas amplas, macias e de sabor suave e refrescante. Essas folhas desenvolvem-se ao redor de um caule reduzido, formando uma roseta, podendo apresentar bordas lisas ou onduladas, além de formar ou não uma cabeça compacta. A coloração das folhas varia entre diferentes tonalidades de verde e roxo. O sistema radicular da cultura é delicado, superficial e altamente ramificado, característica que favorece maior sensibilidade às condições do solo e à disponibilidade hídrica. A floração ocorre, predominantemente, no período de verão, sendo estimulada pelo aumento do fotoperíodo. Os frutos da alface são do tipo aquênio, apresentando formato pontiagudo, que pode variar entre ovalado, elíptico ou espatulado. Possuem estrias longitudinais em sua superfície e dimensões que variam de 2 a 5 mm de comprimento. (FILGUEIRA, 2013; TAIZ et al., 2017).

Deve ser cultivada sob sol pleno, protegidas nas horas mais quentes do dia. Multiplica-se por sementes postas a germinar em bandejas preparadas para a formação das mudas, que serão transplantadas ao local definitivo, podendo ser plantada também diretamente no local definitivo. O solo para o plantio deve ser convenientemente preparado, sendo que as alfaces apreciam solos soltos, férteis e ricos em matéria orgânica. (FILGUEIRA, 2013; EMBRAPA, 2010).

2.2 Importância econômica e nutricional da alface

Nos campos da nutrição e da culinária, a alface é um vegetal valioso e versátil que oferece diversas vantagens. A alface é uma cultura altamente lucrativa, pois seu período de produção é curto, o rendimento é alto e os preços de mercado são muito elevados. A alface se destaca por ser a folhosa mais consumida no Brasil (EMBRAPA, 2018). De acordo com Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudas (ABCSEEM, 2015) alface movimenta anualmente, em média, um montante de R\$ 8 bilhões apenas no varejo, com uma produção de mais de 1,5 milhão de toneladas ao ano. O desenvolvimento adequado da cultura depende diretamente das condições climáticas, disponibilidade hídrica e manejo nutricional. A alface apresenta melhor desempenho em temperaturas moderadas, geralmente entre 15°C e 25°C, sendo o excesso de calor um fator limitante para o crescimento e qualidade comercial da planta, podendo ocasionar florescimento precoce e alterações nas folhas (EMBRAPA, 2019).

A alface é uma boa fonte de nutrientes essenciais, como vitaminas (por exemplo, vitamina A, vitamina K, vitamina C, folato), minerais (por exemplo, potássio) e fibras alimentares. Esses nutrientes são cruciais para a manutenção da saúde geral, fortalecimento do sistema imunológico, promoção da saúde da pele e auxílio na digestão. Devido ao seu baixíssimo teor calórico, a alface é uma ótima opção para quem está tentando controlar o peso ou reduzir a ingestão de calorias. Ela oferece volume e crocância sem adicionar muitas calorias, sendo uma ótima base para saladas, wraps ou sanduíches. Devido ao seu alto teor de água, a alface pode auxiliar na manutenção da hidratação adequada. Muitos processos corporais, como a digestão, a regulação da temperatura e o fornecimento de nutrientes, dependem de uma hidratação suficiente. Além de estimular a regularidade intestinal e reduzir a prisão de ventre, a fibra presente na alface contribui para a saúde digestiva. Adicionalmente, aumenta a sensação de saciedade, o que pode ajudar a regular o apetite. A alface proporciona uma textura agradável e crocância a muitos pratos, realçando seu apelo sensorial geral. (UNICAMP, 2011; BRASIL, 2014).

2.3 Fertilidade do solo e nutrição de hortaliças

A fertilidade do solo refere-se à capacidade do solo de fornecer os nutrientes essenciais para o crescimento saudável das plantas. Um solo fértil contém uma combinação equilibrada de macro e micronutrientes, matéria orgânica, estrutura adequada e um pH favorável, permitindo que as plantas se desenvolvam plenamente. A fertilidade do solo influencia diretamente a produtividade das culturas, a qualidade dos alimentos produzidos e a sustentabilidade dos sistemas agrícolas. Solos férteis reduzem a necessidade de fertilizantes químicos, promovem a retenção de água e nutrientes e suportam uma microbiota saudável, essencial para a ciclagem de nutrientes. (NOVAIS et al., 2007; MALAVOLTA, 2006).

A fertilidade do solo é determinada por diversos fatores inter-relacionados, como:

- **Macronutrientes e Micronutrientes:** Os solos devem fornecer nutrientes em quantidades adequadas para atender às necessidades das plantas. Os macronutrientes são elementos necessários em maiores quantidades para o crescimento das plantas, incluindo nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S). Já os micronutrientes, requeridos em menores quantidades, englobam ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), cobre (Cu), boro (B), molibdênio (Mo) e cloro (Cl). (MALAVOLTA, 2006).
- **Equilíbrio do pH do Solo:** O pH indica o grau de acidez ou alcalinidade do solo e afeta diretamente a disponibilidade de nutrientes para as plantas. A maioria das culturas se desenvolve melhor em solos com pH entre 6,0 e 7,5. Valores fora dessa faixa podem limitar a absorção de nutrientes essenciais, comprometendo o crescimento vegetal. (NOVAIS et al., 2007).
- **Nível de Água:** A umidade do solo é indispensável, pois a água atua como meio de transporte para os nutrientes até as raízes das plantas. Tanto o excesso quanto a deficiência de água podem prejudicar a absorção de nutrientes, afetando negativamente a fertilidade do solo e o desenvolvimento das culturas. (REICHARDT, 2013).
- **Textura do Solo:** Uma textura equilibrada facilita a retenção de nutrientes e a disponibilidade de água para as plantas. A proporção de areia, silte e argila determina

a textura do solo, influenciando a aeração, drenagem e capacidade de retenção de nutrientes. Solos argilosos tendem a reter mais nutrientes e água devido à menor porosidade, enquanto solos arenosos possuem maior drenagem, levando à perda de nutrientes. (BRADY; WEIL, 2013).

- **Aeração:** A aeração diz respeito à circulação de ar nos poros do solo, fornecendo oxigênio necessário para a respiração das raízes e dos microrganismos benéficos. Uma boa aeração promove a decomposição da matéria orgânica e a liberação de nutrientes, contribuindo para a fertilidade do solo. (BRADY; WEIL, 2013).
- **Capacidade de Troca Catiônica (CTC):** A Capacidade de Troca Catiônica (CTC) é a habilidade do solo de reter e disponibilizar cátions nutrientes, como cálcio, magnésio e potássio, para as plantas. Solos com alta CTC podem armazenar mais nutrientes, tornando-os disponíveis conforme a necessidade das plantas, o que é fundamental para a manutenção da fertilidade. (NOVAIS et al., 2007).
- **Matéria Orgânica:** A presença de matéria orgânica, composta por resíduos de plantas e animais em decomposição, melhora a estrutura do solo e aumenta a capacidade de retenção de água e nutrientes. Além disso, ela serve de alimento para microrganismos benéficos, que auxiliam na ciclagem de nutrientes e na manutenção da saúde do solo. (BRADY; WEIL, 2013).

Os solos contêm inúmeros elementos químicos, no entanto nem todos são considerados nutrientes para o desenvolvimento das plantas. Os critérios de essencialidade dos elementos minerais ao desenvolvimento das plantas foram descritos em 1939 por Arnon e Stout. Para um elemento ser considerado essencial este deve atender a três critérios de essencialidade: Critério 1: um elemento é essencial se sua deficiência impede que a planta complete seu ciclo de vida, passando pelos estágios vegetativo e reprodutivo. Critério 2: a função metabólica de um elemento mineral não pode ser substituída por outro elemento com propriedades similares. Critério 3: o elemento tem que estar diretamente envolvido com o metabolismo da planta ou ser requerido em uma determinada etapa metabólica.

À medida que ocorre o crescimento radicular, as raízes absorvem nutrientes presentes no solo, reduzindo sua concentração na região próxima ao sistema radicular e formando um gradiente de concentração. O transporte desses nutrientes até as raízes ocorre principalmente pela água, por meio de três mecanismos: fluxo de massa, difusão e interceptação radicular. O fluxo de massa ocorre devido ao movimento da

água em direção às raízes, transportando nutrientes como Ca, N e S (MALAVOLTA, 2006; TAIZ et al., 2017).

A difusão acontece em função do gradiente de concentração, sendo o principal mecanismo para elementos como P e Zn. Já a interceptação radicular compreende a absorção direta dos nutrientes pelo crescimento das raízes, embora sua contribuição seja menor. Após o transporte, a absorção de água e nutrientes ocorre principalmente nos ápices radiculares, regiões mais permeáveis (MALAVOLTA, 2006; TAIZ et al., 2017).

2.4 Biofertilizantes na agricultura

Um dos maiores desafios da agricultura atualmente é o estabelecimento e desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis e neste contexto a agricultura orgânica é uma importante alternativa de cultivo. Nesses sistemas há a necessidade do uso de produtos que contribuam para a sustentabilidade, e o uso de biofertilizantes é uma boa alternativa em adubações nesses sistemas, pois possibilita o crescimento e a otimização dos processos de reciclagem dos resíduos orgânicos gerados pelas atividades agrícolas. Nesse sentido o uso de esterco animal e restos vegetais pelos agricultores após a transformação aeróbica ou anaeróbica é uma alternativa viável na fabricação de fertilizantes foliares (MEDEIROS et al., 2007).

O uso de produtos alternativos como os biofertilizantes vem crescendo em todo o Brasil, a busca por insumos menos agressivos ao ambiente e que possibilitem o desenvolvimento de uma agricultura menos dependente de produtos industrializados. Vários produtores têm aderido ao uso de biofertilizantes na produção de hortaliças (CRIVELARI et al., 2021). Brasil (2004), considera biofertilizante todo produto que contém princípio ativo ou agente orgânico, isento de substâncias agrotóxicas, capaz de atuar, direta ou indiretamente, sobre o todo ou parte das plantas cultivadas, elevando a sua produtividade, sem ter em conta o seu valor hormonal ou estimulante.

Os biofertilizantes mantêm o ambiente do solo rico em micronutrientes e macronutrientes por meio da fixação de nitrogênio, solubilização ou mineralização de fosfato e potássio, liberação de substâncias reguladoras do crescimento das plantas, produção de antibióticos e biodegradação de matéria orgânica no solo. Desta forma, proporcionando melhor absorção de nutrientes e maior tolerância à seca e ao estresse

por umidade. Entre os biofertilizantes tem-se os microrganismos eficientes, os quais são microrganismos benéficos que apresentam mecanismos diretos e indiretos que promovem o crescimento vegetal e apresentam um papel importante como uma tecnologia alternativa em busca de uma agricultura mais sustentável (SABKA, 2021).

2.5 Uso de biofertilizantes na cultura da alface

Na cultura da alface, o uso de biofertilizantes tem demonstrado resultados positivos no crescimento vegetativo, aumento da massa fresca e melhoria da qualidade comercial das folhas (SANTOS et al., 2007; SILVA et al., 2019). Estudos conduzidos pela Embrapa Hortaliças indicam que a substituição parcial de fertilizantes minerais por insumos orgânicos pode manter ou até aumentar a produtividade da cultura, além de reduzir custos de produção e impactos ambientais (EMBRAPA, 2021). Pesquisas nacionais também demonstram que a aplicação de biofertilizantes pode resultar em maior número de folhas por planta, aumento da área foliar e maior acúmulo de biomassa, sendo uma alternativa viável para sistemas de produção orgânicos e agroecológicos (SANTOS et al., 2017; SILVA et al., 2019).

3 MATERIAL E MÉTODOS

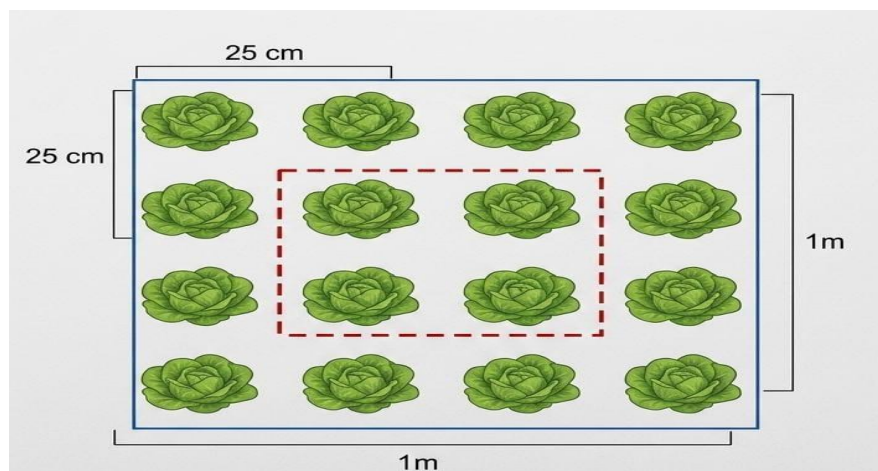
O experimento foi realizado em ambiente protegido, no Setor de Olericultura do *Campus Araguatins* do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins – IFTO. Localizado no povoado Santa Tereza, município de Araguatins, região Norte do Estado do Tocantins, com as seguintes coordenadas geográficas a latitude 5°38'40.5"S, longitude 48°04'19.5"W e altitude de 118 m (MAPCOORDINATES.ORG, 2025).

Segundo a classificação de Köppen (1948) o clima da região é do tipo Aw, tendo como característica chuvas no verão e inverno seco. No município de Araguatins o clima predominante é o tropical, com chuvas ocorrendo no mês outubro a abril e inverno seco que geralmente vai de maio a setembro, com uma temperatura média de 27,56°C e pluviosidade anual de aproximadamente 1664 mm (INMET, 2024).

3.1 Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos ao acaso (DBC), com 5 tratamentos e 4 repetições, totalizando 20 parcelas experimentais. Cada parcela foi composta por 16 plantas de alface, sendo avaliadas as plantas centrais para reduzir efeito de bordadura.

Figura 1 – Arranjo das plantas na parcela experimental.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

3.2 Preparação da área de cultivo

A área experimental foi constituída por dois canteiros, com 13 m de comprimento por 1 metro de largura cada um, realizou-se o levantamento e a descompactação do solo com auxílio de enxadas e rastelo de ferro (Figuras 2A, 2B e 2C), visando melhorar as condições físicas para o desenvolvimento radicular da cultura. Após o revolvimento, os canteiros foram nivelados e realizado a incorporação de cama de frango como fonte de matéria orgânica e nutrientes (Figura 2C).

Em seguida, os canteiros permaneceram em um período de estabilização da matéria orgânica por 8 dias, com irrigação diária, favorecendo a decomposição parcial do material orgânico. A irrigação da área foi realizada utilizando fita de irrigação de polietileno linear de baixa densidade da marca santeno, um sistema de micro aspersão localizada que garante uma distribuição uniforme de água (Figura 3). Posteriormente, foi realizada a cobertura dos canteiros com plástico mulching (Figura 4), com o objetivo de reduzir a perda de umidade, controlar plantas invasoras e melhorar as condições do solo.

Figura 2 – Descompactação do solo (A), Levantamento dos canteiros (B), Adubação de plantio (C)



Fonte: Arquivo pessoal, 2026.

Figura 3 – Irrigação da área



Fonte: Arquivo pessoal, 2026.

Figura 4 – Cobertura com o plástico mulching



Fonte: Arquivo pessoal, 2026.

Figura 5 – Confecção das covas



Fonte: Arquivo pessoal, 2026.

A coleta das amostras de solo foi realizada na área experimental destinada ao cultivo da alface crespa, antes da implantação do experimento. Para a obtenção de uma amostra representativa da área, foram coletadas 20 subamostras em diferentes pontos dos canteiros, na camada de 0–20 cm de profundidade, utilizando-se o trado manual holandês (Figura 6). As subamostras foram homogeneizadas em recipiente limpo, formando uma amostra composta (Figura 7), da qual foi retirada uma porção representativa para encaminhamento ao laboratório de análise de solos do *Campus Araguatins* (Figura 8). Esse procedimento teve como finalidade determinar as características químicas do solo e subsidiar o manejo da fertilidade durante a condução do experimento.

Após verificação da análise química do solo da área, observou-se teores elevados de nutrientes (Tabela 1). Entretanto, foi realizada adubação de plantio utilizando um litro de cama de frango por m² para evitar deficiência nutricional das plantas (Figura 2C).

Tabela 1. Resultado da análise química de solo da área experimental.

pH em H ² O	P --mg/dm ⁻³ --	K	Ca	Mg	Al	H+Al	S	T	V%	M.O.%
7.1	32,56	552	24,6	9,2	0,0	1,65	35,21	36,86	95,52	3,26

Fonte: Laboratório de solos, IFTO – *Campus Araguatins*.

Tabela 2. Resultado da análise física do solo da área experimental.

Análise Física			
Amostra	Areia%	Argila%	Silte%
7	43,49	39,95	16,56

Fonte: Laboratório de solos, IFTO – *Campus Araguatins*.

Figura 6 – Coleta do solo

Fonte: Arquivo pessoal, 2026.

Figura 7 – Preparo da amostra de solo para envio ao laboratório

Fonte: Arquivo pessoal, 2026.

Figura 8 – Amostra de solo para envio ao laboratório

Fonte: Arquivo pessoal, 2026.

3.3 Tratamentos

Os tratamentos consistiram na aplicação de diferentes concentrações de biofertilizante diluído em água. O experimento foi constituído por cinco tratamentos, avaliados em quatro blocos experimentais, sendo cada tratamento distribuído uma vez em cada bloco. Cada parcela foi composta por 16 plantas, todas submetidas ao respectivo tratamento, totalizando 64 plantas por tratamento (16 plantas × 4 blocos).

A aplicação foi realizada utilizando-se um volume padronizado de 200 ml da calda de aplicação (biofertilizante + água) por planta. Para o preparo das caldas, cada tratamento foi preparado separadamente, considerando a quantidade necessária para atender todas as parcelas correspondentes aos quatro blocos experimentais. Dessa forma, para cada tratamento, foi preparada uma única calda contendo biofertilizante e água na proporção estabelecida, em volume suficiente para a aplicação em todas as plantas pertencentes ao respectivo tratamento.

Como exemplo, para o tratamento T2, foi preparada uma calda com concentração de 12,5% de biofertilizante, composta pela proporção estabelecida de biofertilizante e água, sendo essa solução distribuída entre as plantas correspondentes ao tratamento nos quatro blocos experimentais. O mesmo procedimento foi realizado para os demais tratamentos, mantendo-se constante o volume aplicado por planta e variando apenas a concentração de biofertilizante na solução. A composição das caldas utilizadas em cada tratamento está apresentada na Tabela 3. Os volumes apresentados correspondem à quantidade total de calda preparada para cada tratamento, considerando as quatro repetições experimentais.

Tabela 3. Composição das caldas utilizadas nos tratamentos com biofertilizante.

Tratamento	Concentração de biofertilizante	Biofertilizante (ml)	Água (ml)	Volume total da calda
T1	0%	0	12.800	12.800
T2	12,5%	1.600	11.200	12.800
T3	25%	3.200	9.600	12.800
T4	37,5%	4.800	8.000	12.800
T5	50%	6.400	6.400	12.800

NOTA: O volume total de 12.800 ml corresponde à aplicação de 200 ml de calda por planta em 64 plantas de cada tratamento.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

3.4 Produção e aplicação do biofertilizante

O biofertilizante utilizado no experimento foi produzido em um vasilhame (tambor) com capacidade de 200 L, a partir de uma formulação adaptada da receita original. A adaptação consistiu na substituição do fosfato natural por farinha de osso e na exclusão do pó de rocha da composição final, conforme apresentado na tabela a seguir.

Tabela 4. Formulação adaptada do biofertilizante utilizado no experimento.

Componente	Quantidade utilizada
Água	70 L
Esterco bovino fresco	30 kg
Restos de hortaliças e frutas orgânicos, não temperados	5 kg
Tiririca	50 g
Farinha de osso	50 g
Vasilhame	Tambor plástico 200 L

Fonte: Adaptado de BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) Biofertilizante Biogeo. Brasília, DF, 2016. Elaborado pelos autores, 2026.

O biofertilizante foi produzido sob condições de fermentação em sistema semicoberto, com agitação periódica ao longo do processo. (Figuras 9A, 9B e 9C, 10A, 10B e 10C).

Esses materiais foram inseridos no recipiente no dia 19 de março de 2026, dando início ao processo de fermentação. Durante o período de decomposição, a mistura foi agitada manualmente de 2 a 3 vezes ao dia, permanecendo em recipiente semiaberto, favorecendo um processo de fermentação aeróbica parcial. O biofertilizante foi mantido nessas condições até sua utilização no experimento.

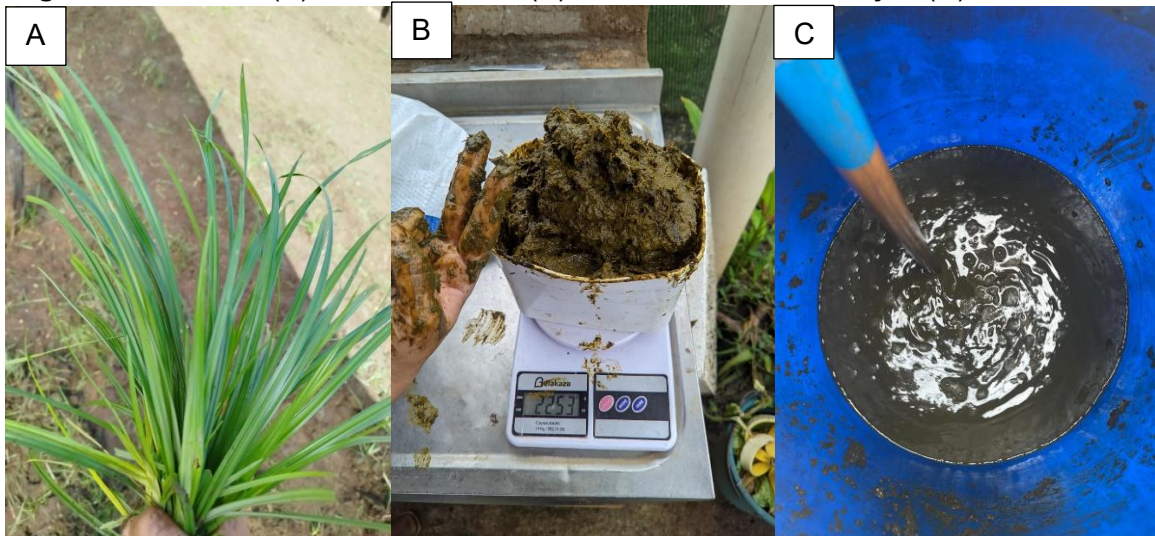
A primeira aplicação ocorreu no dia 28 de maio de 2026, 15 dias após o transplante das mudas de alface para os canteiros definitivos na estufa. Foram realizadas duas aplicações ao longo do ciclo da cultura, com intervalo de 15 dias entre elas. A aplicação foi realizada via solo, utilizando volume fixo de 200 ml por planta.

Figura 9 – Resíduos Orgânicos (A), Adição de água (B), Farinha de osso (C)



Fonte: Arquivo pessoal, 2026.

Figura 10 – Tiririca (A), Esterco bovino (B), Processo de fermentação (C)



Fonte: Arquivo pessoal, 2026.

3.5 Implantação da cultura

Foram utilizadas sementes de Alface crespa (*Lactuca Sativa L.*), cultivar Elba, da marca Topseed Premium (Figura 11). As sementes de alface foram semeadas em bandejas de isopor com 200 células (Figura 12) no dia 22 de abril, destinadas à formação de mudas. Durante esse período, as mudas receberam manejo adequado de irrigação até atingirem o ponto ideal de transplante. O transplante para os

canteiros definitivos em estufa ocorreu no dia 14 de maio (Figura 15), ou seja, 22 dias após a semeadura, quando as mudas apresentavam desenvolvimento suficiente para adaptação ao campo. O espaçamento adotado foi de 25 cm entre plantas e 25 cm entre linhas, proporcionando condições adequadas para o crescimento e desenvolvimento da cultura.

A escolha da cultivar ocorreu em função da sua ampla adaptação às condições climáticas brasileiras, boa produtividade e elevada aceitação comercial (SANTOS et al., 2009).

Figura 11 – Sementes utilizadas a semeadura



Fonte: Arquivo pessoal, 2026.

Figura 12 – Sementes semeadas na bandeja



Fonte: Arquivo pessoal, 2026.

Figura 13 – Mudas após 6 dias da semeadura



Fonte: Arquivo pessoal, 2026.

Figura 14 – Muda para transplântio



Fonte: Arquivo pessoal, 2026.

Figura 15 – Realização da etapa de transplântio de mudas



Fonte: Arquivo pessoal, 2026.

3.6 Variáveis avaliadas

Foram avaliadas as seguintes variáveis de crescimento e produtividade da cultura da alface:

Altura das plantas (cm): a medição foi realizada com o auxílio de uma régua graduada, medindo-se do nível do solo até o ápice da folha mais alta (Figura 16A).

Número de folhas por planta: o número de folhas foi obtido por meio da contagem manual das folhas completamente desenvolvidas de cada planta (Figura 16B).

Diâmetro da planta (cm): O diâmetro da cabeça foi determinado com o auxílio de uma régua graduada, medindo-se a maior distância entre as extremidades opostas da planta (Figura 16C).

Massa fresca (g planta^{-1}): A massa fresca da parte aérea foi determinada com o auxílio de uma balança de precisão, por meio da pesagem da parte aérea das plantas imediatamente após a colheita (Figura 16D).

Figura 16 – Medição da altura das plantas (A), Contagem do nº de folhas (B), Medição do diâmetro da copa (C), Determinação da massa fresca (D).



Fonte: Arquivo pessoal, 2026.

3.7 Cronograma de avaliações

As avaliações foram realizadas em três momentos do ciclo da cultura, sendo:

1ª avaliação: dia 28 de maio de 2026, antes da primeira aplicação do biofertilizante (Figura 17);

2ª avaliação: dia 11 de junho de 2026, antes da segunda aplicação do biofertilizante (Figura 18);

3ª avaliação: dia 17 de junho de 2026 na fase final da cultura, em seguida foi realizada a colheita (Figura 19).

Esse esquema permitiu acompanhar o desenvolvimento das plantas ao longo do ciclo e avaliar o efeito das diferentes concentrações de biofertilizante sobre o crescimento e a produtividade da alface.

Figura 17 – 1º Avaliação da parte aérea da planta



Fonte: Arquivo pessoal, 2026.

Figura 18 – 2º Avaliação da parte aérea da planta



Fonte: Arquivo pessoal, 2026.

Figura 19 – Última avaliação da parte aérea da planta.



Fonte: Arquivo pessoal, 2026.

3.8 Formulação da calda de aplicação

A calda de aplicação do biofertilizante foi preparada no momento das aplicações (Figura 20), conforme os tratamentos estabelecidos no experimento. A diluição foi realizada com água, obedecendo as proporções definidas para cada concentração.

Como exemplo, no tratamento T3 (25%), a calda foi preparada utilizando 800 ml de biofertilizante para 2400 ml de água, totalizando 3200 ml de solução. Essa mistura foi homogeneizada manualmente antes da aplicação, garantindo a uniformidade da solução.

O volume de 200 ml por planta foi definido a partir de testes preliminares realizados pelos próprios autores, uma vez que não foi encontrada, na literatura consultada, uma recomendação específica para o uso direto desse volume em aplicações de biofertilizante na cultura da alface. Nos testes realizados, observou-se que o volume de 150 ml apresentou rápida evaporação, reduzindo o tempo de permanência da solução na região radicular das plantas. Por outro lado, o volume de 250 ml ocasionou escorrimento excessivo da calda, podendo resultar em perdas do produto aplicado. Dessa forma, o volume de 200 ml mostrou-se o mais viável, por proporcionar melhor permanência da solução no solo e distribuição uniforme na região radicular da alface, hortaliça que apresenta sistema radicular superficial.

Além disso, esse volume foi mantido constante em todos os tratamentos, garantindo a padronização experimental e permitindo que apenas a concentração do biofertilizante variasse entre as parcelas. A utilização de biofertilizantes líquidos em hortaliças é uma prática recomendada para o fornecimento de nutrientes e melhoria das condições de cultivo (EMBRAPA, 2021).

A calda foi aplicada imediatamente após o preparo, evitando fermentação adicional ou alteração das características do produto. A aplicação foi realizada via solo, com volume padronizado de 200 ml por planta, conforme cada tratamento (Figura 21).

Figura 20 – Preparação da calda do biofertilizante (A e B)



Fonte: Arquivo pessoal, 2026.

Figura 21 – Aplicação da calda do biofertilizante



Fonte: Arquivo pessoal, 2026.

3.9 Colheita

A colheita foi realizada dia 17 de junho de 2026, 35 dias após o transplântio quando as plantas apresentaram ponto ideal de comercialização (Figuras 22 A, B e C e 23B).

Figura 22 – Processo da colheita (A), Alface retirada (B), embalando a planta (C)



Fonte: Arquivo pessoal, 2026.

Figura 23 – Plantas embaladas (A), Pesagem da planta (B)



Fonte: Arquivo pessoal, 2026.

3.10 Análise estatística

Por se tratar de um experimento com doses, foi realizada análise de regressão para as variáveis avaliadas, a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SISVAR. Para altura, diâmetro e número de folhas, consideraram-se três épocas de avaliação, em esquema fatorial 5×3 , correspondente a cinco doses de biofertilizante e três épocas de avaliação. Para massa fresca da parte aérea, consideraram-se apenas as cinco doses de biofertilizante.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Variáveis de resposta: Altura das plantas (cm)

A análise de variância demonstrou efeito significativo dos blocos ($p < 0,001$), das épocas de avaliação ($p < 0,001$) e das doses ($p = 0,0063$) sobre a altura das plantas de alface (Tabela 5). Por outro lado, o fator tratamento ($p = 0,0771$) e a interação entre doses e épocas ($p = 0,3555$) não apresentaram efeito significativo. O coeficiente de variação foi de 9,25%, indicando boa precisão experimental.

Tabela 5. Resumo da análise de variância para a variável altura de plantas de alface.

FV	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Épocas	5391.134130	2695.567065	927.188	0.0000 **
Tratamentos	26.945613	6.736403	2.317	0.0771 ns
Doses	57.379224	11.475845	3.947	0.0063 *
Doses × Épocas	33.482785	3.348278	1.152	0.3555 ns

CV = 9,25% ns = não significativo ($p > 0,05$); * = significativo a 1%; ** significativo a 0,1%. ($p \leq 0,001$).

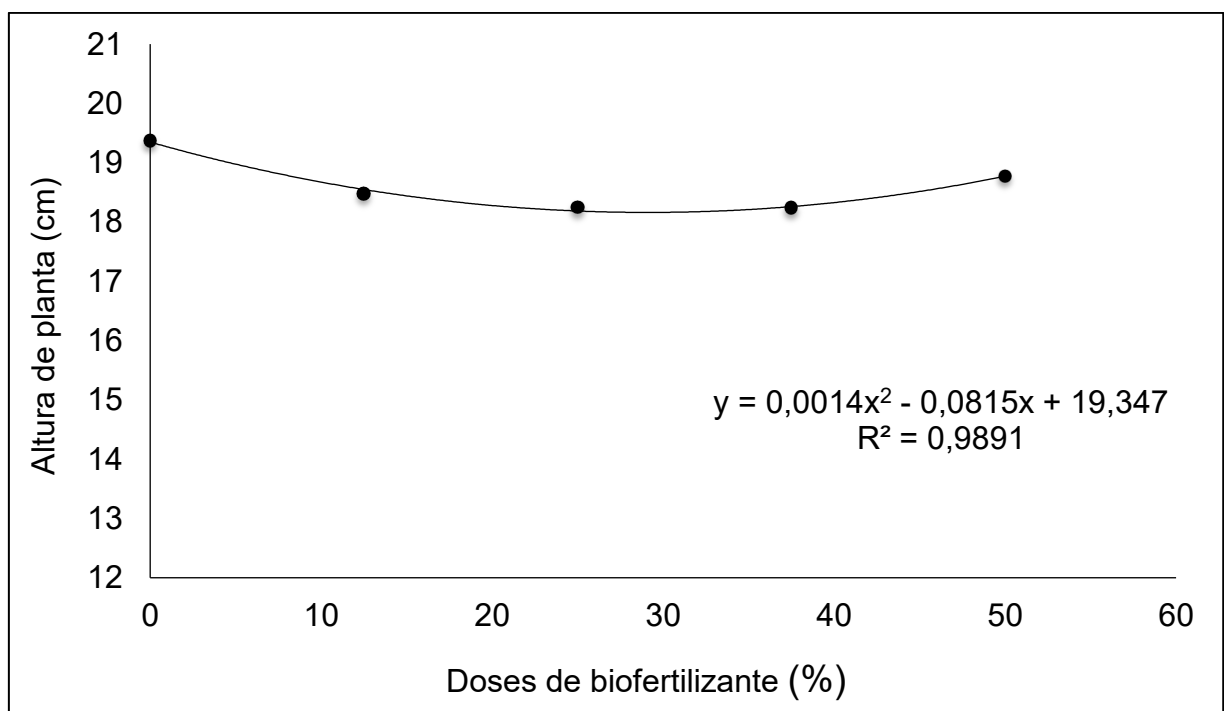
Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

O aumento da altura das plantas ao longo das épocas era esperado, uma vez que a alface apresenta crescimento vegetativo contínuo até a colheita, caracterizado por intensa divisão e expansão celular e consequente incremento da biomassa. De acordo com Filgueira (2013), a altura das plantas é influenciada pelo estágio de desenvolvimento, pelas condições ambientais e pelo adequado suprimento de água e nutrientes. Taiz et al. (2017) destacam que o crescimento vegetal resulta da interação entre processos fisiológicos, disponibilidade de fotoassimilados e absorção de nutrientes, fatores que determinam o desenvolvimento da parte aérea.

A ausência de efeito significativo das doses sobre a altura das plantas indica que a quantidade aplicada de biofertilizante não influenciou o crescimento da alface nas condições avaliadas, enquanto a ausência de efeito significativo dos tratamentos e da interação entre doses e épocas demonstra que o padrão de crescimento foi semelhante ao longo do ciclo experimental. Em contraste com os resultados obtidos neste estudo, Chiconato et al. (2013) observaram incremento na altura das plantas de alface com o aumento das doses de biofertilizante aplicado ao solo, sendo a maior dose responsável pelos melhores resultados para essa variável. No presente trabalho,

entretanto, as diferentes concentrações de biofertilizante não promoveram diferenças significativas para essa variável. Essa divergência pode estar relacionada às diferenças na composição do biofertilizante, na forma de aplicação, nas doses utilizadas, nas condições de cultivo e no manejo adotado em cada experimento. Entretanto, as diferentes concentrações de biofertilizante não promoveram diferenças significativas na altura das plantas. Essa divergência pode estar relacionada às diferenças na composição do biofertilizante, nas doses utilizadas, no ambiente de cultivo e nas condições edafoclimáticas em que os experimentos foram conduzidos.

Figura 24. Altura de plantas de alface em função das doses da aplicação do biofertilizante ($p < 0,01$).



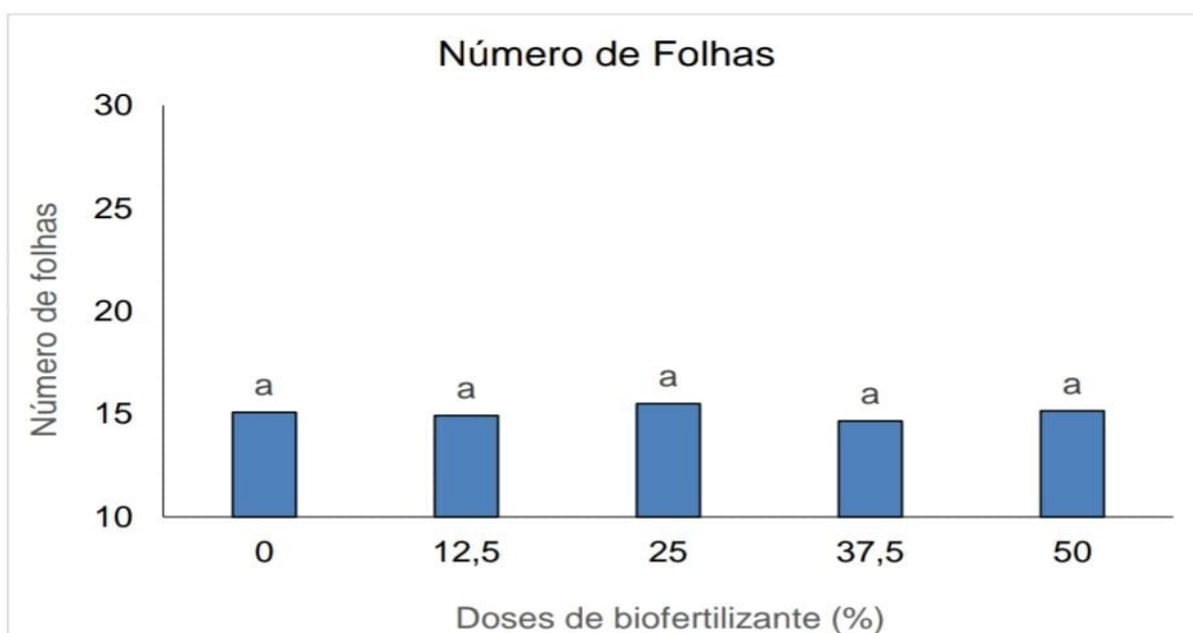
Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

4.2 Variáveis de resposta: Número de folhas

A análise de variância para o número de folhas demonstrou efeito significativo da época de avaliação, com diferença entre os períodos avaliados ($p < 0,01$). O número médio de folhas aumentou de 5,10 na primeira época para 15,64 e 23,02 folhas nas épocas subsequentes, respectivamente, conforme teste de Tukey a 5% de probabilidade (Tabela 6).

Não foram observados efeitos significativos dos tratamentos, doses ou da interação doses $\times$ épocas, indicando que os tratamentos aplicados não influenciaram a emissão de folhas nas condições avaliadas. A análise de regressão das doses não apresentou ajuste significativo aos modelos linear e quadrático, demonstrando ausência de resposta do número de folhas ao aumento das doses. Portanto, o gráfico de colunas (Figura 25) foi utilizado apenas para representar descritivamente as médias obtidas em cada dose, permitindo melhor visualização do comportamento da variável, sem indicar diferenças estatísticas entre os tratamentos.

Figura 25. Médias do número de folhas em função das doses aplicadas de biofertilizante.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

Tabela 6. Análise de variância para a variável número de folhas por plantas de alface.

FV	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Épocas	3242.842212	1621.421106	293.862	0.0000 **
Tratamentos	14.593893	3.648473	0.661	0.6232 ns
Doses	50.294518	10.058904	1.823	0.1346 ns
Doses $\times$ Épocas	34.600836	3.460084	0.627	0.7802 ns

CV = 9,25% ns = não significativo ($p > 0,05$); * = significativo a 1%; ** significativo a 0,1%. ($p \leq 0,001$).

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

O aumento significativo do número de folhas observado entre as épocas de avaliação está relacionado ao crescimento natural das plantas, uma vez que a emissão foliar ocorre de maneira contínua durante o desenvolvimento vegetativo. Segundo Taiz et al. (2017), a expansão dos órgãos vegetativos acompanha o avanço fenológico da cultura, resultando em incremento progressivo da área foliar e do número de folhas. Resultados semelhantes foram descritos por Fageria (2009), que destaca a influência predominante do estágio de desenvolvimento sobre características morfológicas das plantas.

A ausência de efeito significativo das doses e da interação doses $\times$ épocas sugere que os níveis aplicados não foram limitantes ao desenvolvimento foliar, possivelmente devido à disponibilidade adequada de nutrientes no ambiente de cultivo. Conforme Marschner (2012), respostas positivas à fertilização ocorrem principalmente quando há restrição nutricional; em condições de adequada disponibilidade, incrementos adicionais podem não promover alterações significativas no crescimento vegetativo. Dessa forma, a ausência de ajuste dos modelos linear e quadrático confirma que não houve relação consistente entre aumento das doses e incremento no número de folhas.

4.3 Variáveis de resposta: Diâmetro das plantas

A análise de variância revelou efeito significativo dos fatores época de avaliação, tratamento e doses sobre o diâmetro das plantas. A interação entre doses e épocas de avaliação não apresentou significância estatística, indicando que o efeito das doses foi independente do período de avaliação. O fator época de avaliação apresentou a maior contribuição para a variação observada, com elevado valor de F calculado (610,309), demonstrando que o desenvolvimento das plantas ao longo do ciclo foi o principal responsável pelo aumento do diâmetro (Tabela 7). O coeficiente de variação experimental foi de 7,83%, indicando boa precisão dos dados obtidos.

Tabela 7. Resumo da análise de variância para a variável diâmetro em função dos fatores época de avaliação, tratamento e doses.

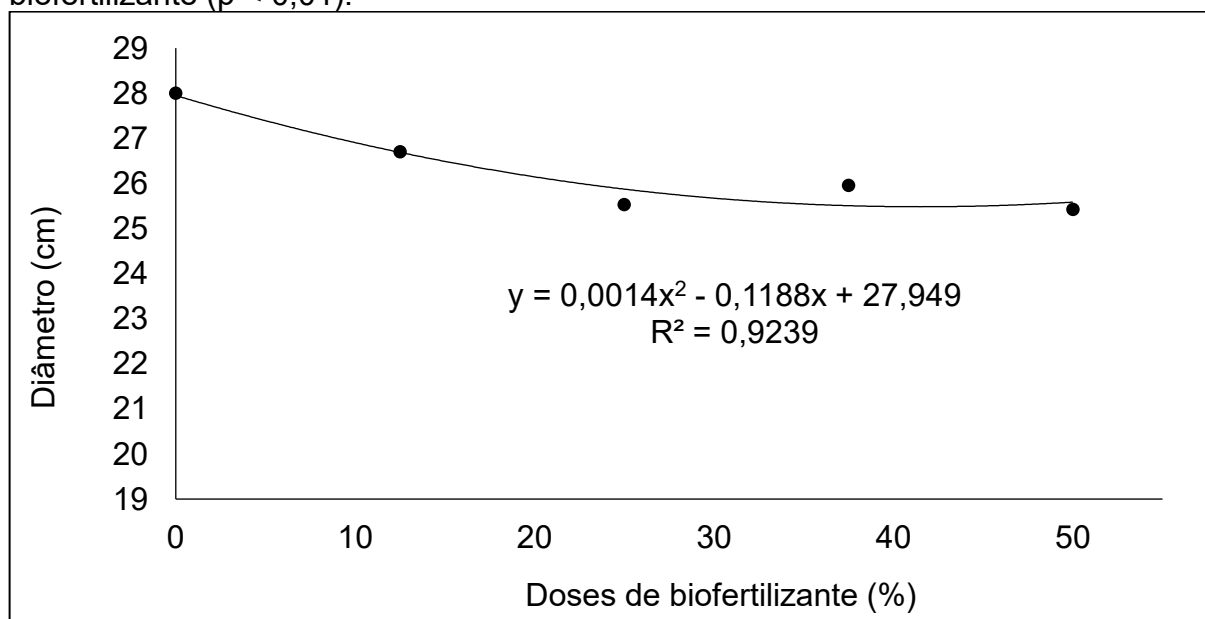
FV	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Épocas	5123.173295	2561.586648	610.309	0.0000 **
Tratamentos	73.390507	18.347627	4.371	0.0059 **
Doses	105.823532	21.164706	5.043	0.0015 **
Doses × Épocas	35.004386	3.500439	0.834	0.5999 ns

CV = 7,83% ns = não significativo ($p > 0,05$); * = significativo a 1%; ** significativo a 0,1%. ($p \leq 0,001$).

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

A resposta significativa às doses aplicadas demonstra que houve influência do fator avaliado sobre o crescimento estrutural das plantas. O ajuste significativo aos modelos linear e quadrático, com maior explicação pelo modelo quadrático ($R^2=92,39\%$), indica que a resposta não ocorreu de forma proporcional ao aumento das doses (Figura 26). De acordo com Marschner (2012) e Fageria (2009), a resposta das plantas aos nutrientes ou compostos aplicados frequentemente apresenta comportamento não linear, pois concentrações adequadas estimulam processos fisiológicos, enquanto doses excessivas podem provocar redução do crescimento devido ao desequilíbrio metabólico.

Figura 26. Diâmetro das plantas de alface em função das doses da aplicação do biofertilizante ($p < 0,01$).



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Observou-se que o tratamento testemunha (0% de biofertilizante) apresentou a maior média de diâmetro, seguida por redução nas doses intermediárias e discreto aumento na dose de 50%, sem que esta superasse a testemunha. Esses resultados indicam que, embora tenha sido detectado efeito estatístico das doses, a aplicação do biofertilizante não proporcionou incremento expressivo no diâmetro das plantas nas condições em que o experimento foi conduzido. Uma possível explicação para esse comportamento é a elevada fertilidade do solo da área experimental, associada à adubação de base com cama de frango, que provavelmente forneceu nutrientes em quantidade suficiente para atender às exigências da cultura, reduzindo a resposta à aplicação do biofertilizante.

4.4 Variável de resposta: Matéria fresca da parte aérea (MFPA)

A análise de variância revelou efeito significativo apenas para o fator época de avaliação, enquanto tratamentos, doses e a interação entre doses e épocas não influenciaram significativamente a massa fresca das plantas (Tabela 8). O coeficiente de variação foi de 28,74%, indicando variabilidade experimental relativamente elevada para essa característica, situação frequentemente observada em variáveis relacionadas à biomassa fresca devido à influência do conteúdo de água nos tecidos vegetais (BENINCASA, 2003).

O efeito altamente significativo observado para a época de avaliação deve ser interpretado com cautela, pois a massa fresca foi determinada exclusivamente na terceira época, correspondente à colheita. Dessa forma, as duas primeiras épocas não constituíram avaliações dessa variável, razão pela qual os valores registrados foram nulos.

Tabela 8. Análise de variância para a massa fresca das plantas.

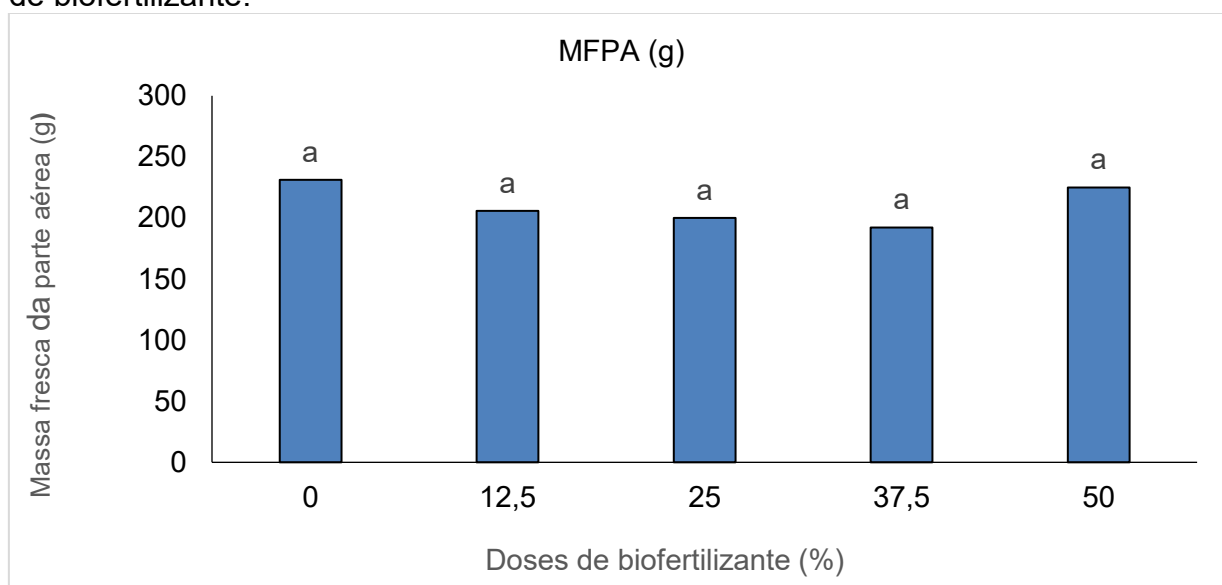
FV	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Épocas	567573.477966	283786.738983	696.651	0.0000 **
Tratamentos	1842.438383	460.609596	1.131	0.3585 ns
Doses	2948.000883	589.600177	1.447	0.2327 ns
Doses × Épocas	3068.480367	306.848037	0.753	0.6708 ns

CV = 28,74 % ns = não significativo ($p > 0,05$); * = significativo a 1%; ** significativo a 0,1%. ($p \leq 0,001$).

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Embora tenham sido observadas diferenças numéricas entre as médias da massa fresca da parte aérea em função das doses aplicadas (Figura 26), essas diferenças não foram estatisticamente significativas ($p = 0,2327$). A maior média foi observada na dose de 0 %, com $231,13 \text{ g planta}^{-1}$, enquanto a menor ocorreu com 37,5 %, com $192,12 \text{ g planta}^{-1}$. Entretanto, tais variações devem ser interpretadas apenas como tendências numéricas, não sendo possível afirmar que as doses promoveram incremento na produção de biomassa.

Figura 27. Médias da massa fresca da parte aérea em função das doses aplicadas de biofertilizante.



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Ausência de resposta significativa às doses sugere que, nas condições experimentais, o fator avaliado não foi limitante ao crescimento das plantas. De acordo com Marschner (2012), incrementos na disponibilidade de nutrientes ou de outros insumos nem sempre resultam em aumento do crescimento vegetal, especialmente quando as exigências fisiológicas da cultura já estão sendo plenamente atendidas.

Segundo Fageria (2009), a resposta das culturas à aplicação de nutrientes depende de diversos fatores, como fertilidade do solo, disponibilidade hídrica, condições climáticas e potencial genético da espécie. Assim, quando esses fatores não limitam o desenvolvimento da planta, é comum que diferentes doses não promovam aumentos significativos na produção de biomassa.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas condições em que o experimento foi realizado, as diferentes doses de biofertilizante não promoveram efeitos significativos sobre o desenvolvimento da alface crespa, não sendo observadas diferenças estatísticas para as variáveis altura de plantas, número de folhas, diâmetro de cabeça e massa fresca da parte aérea.

Apesar da ausência de efeito significativo dos tratamentos, observou-se aumento das características avaliadas ao longo das épocas de avaliação, demonstrando o crescimento natural das plantas durante o ciclo da cultura.

A ausência de resposta às doses de biofertilizante pode estar relacionada às condições de fertilidade do solo, que apresentava nutrientes disponíveis em quantidade suficiente para atender à demanda da cultura durante o período avaliado, reduzindo a resposta à aplicação adicional de nutrientes. Além disso, o ciclo curto da alface e a liberação gradual dos nutrientes presentes em fontes orgânicas podem ter limitado a expressão dos efeitos do biofertilizante.

Dessa forma, nas condições avaliadas, as doses utilizadas não foram suficientes para proporcionar incrementos significativos no desenvolvimento da alface. Entretanto, o biofertilizante apresenta potencial como alternativa sustentável de manejo, sendo necessários novos estudos com diferentes condições de solo, doses e períodos de aplicação para melhor compreender sua influência sobre a cultura.

REFERÊNCIAS

ABCSEM – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO COMÉRCIO DE SEMENTES E MUDAS. **Alface é a folha mais consumida no Brasil**. Holambra, SP, 2015.

ALFACE é a folhosa mais consumida no Brasil. **Revista Cultivar**, Pelotas, 12 mar. 2015. Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/noticias/alface-e-a-folhosa-mais-consumida-no-brasil>. Acesso em: 19 maio 2026.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP, 2003.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Normas e definições para fertilizantes e biofertilizantes**. Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004. Regulamenta a Lei nº 6.894/1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes. Brasília, DF, 2004. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br>. Acesso em: 26 maio 2026.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Guia Alimentar para a População Brasileira**. 2. ed. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2014.

CHICONATO, Denise Aparecida; DE SIMONI, Fabiana; GALBIATTI, João Antonio; FRANCO, Claudenir Facincani; CAMELO, Anaira Denise. **Resposta da alface à aplicação de biofertilizante sob dois níveis de irrigação**. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 29, n. 2, p. 392–399, mar./abr. 2013. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/14077>. Acesso em: 27 jul. 2026.

CRIVELARI, A. D.; SILVA, C. P. da; CORREA, J. S. Desenvolvimento de mudas de alface e rúcula tratadas com biofertilizante de extrato de algas. *Cientific@ – Multidisciplinary Journal*, v. 8, n. 1, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.37951/2358-260X.2021v8i1.5652>. Acesso em: 26 maio 2026.

EMBRAPA AGROBIOLOGIA. **Microrganismos promotores de crescimento vegetal**. Seropédica: Embrapa, 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agrobiologia>. Acesso em: 26 maio 2026.

EMBRAPA HORTALIÇAS. **Sistema de produção de alface**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2010. Disponível em: <https://www.embrapa.br/hortalicas>. Acesso em: 26 maio 2026.

RESENDE, G. M. de YURI, J. E.; COSTA, N. D. **Cultivo de alface-crespa no Submédio do Vale São Francisco**, 2018.

EMBRAPA HORTALIÇAS. **Tecnologias para produção de hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/hortalicas>. Acesso em: 26 maio 2026.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Biofertilizantes líquidos: o que são e como utilizá-los na agricultura**. Brasília, DF: Embrapa, 2021.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Novas cultivares de alface crespa suportam até dez dias mais o calor**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2019. Acesso em: 1 jun. 2026.

FAGERIA, N. K. **The Use of Nutrients in Crop Plants**. Boca Raton: CRC Press, 2009.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2013.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecology: the ecology of sustainable food systems**. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 2015.

GOMES, B. V. C.; DELMANTO JUNIOR, O. **Benefícios do uso de biofertilizante em plantações de alface (*Lactuca sativa* L.)**. In: JORNADA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA, 12., Botucatu. Anais [...]. Botucatu: FATEC, 2023. Acesso em: 19 maio 2026.

JARDINEIRO.NET. **Alface (*Lactuca sativa*)**. Disponível em: <https://www.jardineiro.net>. Acesso em: 19 maio 2026.

KANO, C.; CARDOSO, A. I. I.; VILLAS BÔAS, R. L. **Desenvolvimento e produtividade de alface em função da adubação fosfatada**. Horticultura Brasileira, v. 30, p. 193-198, 2012.

LAL, B.; BHANDARI, S.; UPADHYAY, A.; SINGH, P.; SINGH, V. P. **Lettuce: a dive into its nutritional value and economic significance**. AGBIR, v. 40, n. 2, p. 954-956, 2024. Disponível em: <https://www.abrinternationaljournal.org/articles/lettuce-a-dive-into-its-nutritional-value-and-economic-significance-106492.html>. Acesso em: 29 maio 2026.

LUZ, J. M. Q.; SILVA, M. A. D.; HABER, L. L. et al. **Produção de alface em função da adubação**. Horticultura Brasileira, v. 27, p. 392-397, 2009.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006.

MAPCOORDINATES.ORG. **Coordenadas geográficas**. 2025. Disponível em: <https://www.mapcoordinates.org>. Acesso em: 19 maio 2026.

MARJOTTA-MAISTRO, M. C.; MONTEBELLO, A. E. S.; SANTOS, J. A. dos; PEDROSO, M. T. M. **Fluxo de abastecimento de alface e suas variedades: principais regiões de origem e destino**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2022.

MARSCHNER, P. **Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants**. 3. ed. London: Academic Press, 2012.

MEDEIROS, M. A. et al. **Biofertilizantes líquidos: características e uso na agricultura orgânica**. Revista Brasileira de Agroecologia, 2007. Disponível em: <https://revistas.aba-agroecologia.org.br>. Acesso em: 29 maio 2026.

MELLO, S. da C.; MENDONÇA, J. A. **Nutrição de olerícolas**. Curitiba: SENAR-PR, 2017. 80 p.

NOVAIS, R. F. et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística Aplicada a Experimentos Agrônômicos e Florestais**. Piracicaba: FEALQ, 2002.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. 2. ed. Barueri, SP: Manole, 2012.

SABKA, R. **Microrganismos eficientes e agricultura sustentável**. 2021.

SANTOS JUNIOR, A. M. **Microrganismo eficientes como biofertilizante na cultura da alface**. Pato Branco, 2022. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/29048>. Acesso em: 19 maio 2026.

SANTOS, A. M. et al. Uso de biofertilizantes na cultura da alface. **Revista Brasileira de Agroecologia**, 2017.

SANTOS, R. H. S. et al. Produção de alface em sistemas orgânicos. **Horticultura Brasileira**, 2007.

SILVA, C. P. da et al. Biofertilizantes e crescimento de hortaliças folhosas. **Revista de Agricultura Sustentável**, 2019.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS (UNICAMP). **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO**. 4. ed. rev. e ampl. Campinas: NEPA-UNICAMP, 2011.