

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DO TRIÂNGULO MINEIRO – CAMPUS UBERABA
MESTRADO PROFISSIONAL EM PRODUÇÃO VEGETAL**

WILIAN RIBEIRO DOS SANTOS

**APLICAÇÃO ISOLADA E COMBINADA DE BIOINSUMOS E SUBSTÂNCIAS
HÚMICAS E FÚLVICAS NA CULTURA DA ALFACE**

**UBERABA - MG
2025**

WILIAN RIBEIRO DOS SANTOS

**APLICAÇÃO ISOLADA E COMBINADA DE BIOINSUMOS E SUBSTÂNCIAS
HÚMICAS E FÚLVICAS NA CULTURA DA ALFACE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Mestrado Profissional em Produção Vegetal, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, como requisito para obtenção do Título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Hamilton César de Oliveira Charlo

UBERABA - MG

2025

Ficha Catalográfica elaborada pelo Setor de Referência do IFTM –
Campus Uberaba

S59a Santos, Wilian Ribeiro dos.
Aplicação isolada e combinada de bioinsumos e substâncias
húmicas e fúlvicas na cultura da alface / Wilian Ribeiro dos Santos. –
2025.
39f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Hamilton César de Oliveira Charlo
Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Instituto Federal
do Triângulo Mineiro – *Campus Uberaba*, 2025.

1. *Lactuca sativa*. 2. Substâncias húmicas. 3. Biofertilizante. I.
Charlo, Hamilton César de Oliveira. II. Título.

CDD- 631.587

WILIAN RIBEIRO DOS SANTOS

“APLICAÇÃO ISOLADA E COMBINADA DE BIOINSUMOS E SUBSTÂNCIAS HÚMICAS E FÚLVICAS NA CULTURA DA ALFACE”

FOLHA DE APROVAÇÃO DEFESA DISSERTAÇÃO

Data da aprovação: 28/04/2025

MEMBROS COMPONENTES DA BANCA EXAMINADORA:

Presidente

Prof. Dr. Hamilton César de Oliveira Charlo

IFTM Campus Uberaba

Membro Titular

Prof. Dr. José Luiz Rodrigues Torres

IFTM Campus Uberaba

Membro Titular

Prof^ª. Dr^ª. Renata Castoldi

UFU Campus Monte Carmelo

Local: Google Meet link: meet.google.com/umt-cxtt-bfa

HAMILTON CÉSAR DE OLIVEIRA CHARLO
PROFESSOR DO ENSINO BÁSICO, TÉCNICO E TECNOLÓGICO



Documento assinado eletronicamente por HAMILTON CÉSAR DE OLIVEIRA CHARLO, PROFESSOR DO ENSINO BÁSICO, TÉCNICO E TECNOLÓGICO, em 28/04/2025, às 15:38, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 4º, § 3º, do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

JOSÉ LUIZ RODRIGUES TORRES
PROFESSOR DO ENSINO BÁSICO, TÉCNICO E TECNOLÓGICO



Documento assinado eletronicamente por JOSÉ LUIZ RODRIGUES TORRES, PROFESSOR DO ENSINO BÁSICO, TÉCNICO E TECNOLÓGICO, em 28/04/2025, às 15:38, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 4º, § 3º, do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

RENATA CASTOLDI
MEMBRO EXTERNO DE BANCA DE QUALIFICAÇÃO E DEFESA DE MESTRADO E DOUTORADO



Documento assinado eletronicamente por RENATA CASTOLDI, MEMBRO EXTERNO DE BANCA DE QUALIFICAÇÃO E DEFESA DE MESTRADO E DOUTORADO, em 28/04/2025, às 15:48, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 4º, § 3º, do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://iftm.edu.br/autenticacao/> informando o código verificador **9633D95** e o código CRC **53649410**.

Referência: NUP: 23200.005753/2025-17

DOCS nº 0000713108

RESUMO

Neste estudo, objetivou-se avaliar os efeitos da aplicação de substâncias húmicas, fúlvicas e bioinsumos, tanto de forma isolada quanto combinada, sobre o desenvolvimento agrônomo e a produtividade da alface crespa e americana, visando identificar as melhores estratégias para o uso dessas substâncias na agricultura. Dois estudos foram conduzidos em casa de vegetação: um com alface crespa e outro com alface americana. O delineamento utilizado foi de blocos casualizados, com seis tratamentos: T1: sem aplicação (testemunha); T2: produto a base de Substâncias húmicas e fúlvicas (SHF) + Biomaphós®; T3: Biomaphós®; T4: SHF + Biomaphós® + Auras®; T5: Biomaphós® + Auras®; e T6: Auras®, todos com 18 repetições. Avaliaram-se diâmetro do caule (DCa), altura (AC), diâmetro (DC), circunferência (CC), massa seca (MSC) e massa fresca (MFC) da cabeça. Foi feita a análise foliar para determinação dos macronutrientes e micronutrientes. Constatou-se que a aplicação dos bioinsumos Biomaphós® e Auras® de forma combinada ou isolada não promoveram incrementos no desenvolvimento, produção e acúmulo de nutrientes, pois os resultados foram semelhantes aos obtidos no tratamento sem aplicação. O DCa, a MSC, a MFC e o acúmulo de todos os nutrientes foram inferiores nos tratamentos com os ácidos húmicos e fúlvicos em relação à testemunha e aos demais tratamentos com a aplicação isolada ou combinada dos bioinsumos à base de *Bacillus* spp.

Palavras-chave: *Lactuca sativa*; substâncias húmicas; biofertilizante.

ABSTRACT

In this study, the objective was to evaluate the effects of the application of humic substances, fulvic acids, and bioinputs, both individually and in combination, on the agronomic development and productivity of crisphead and loose-leaf lettuce, aiming to identify the best strategies for using these substances in agriculture. Two experiments were conducted in a greenhouse: one with loose-leaf lettuce and another with crisphead lettuce. The experimental design used was a randomized block design with six treatments: T1: no application (control); T2: Formulation based on humic and fulvic substances (HFS) + Biomaphós®; T3: Biomaphós®; T4: HFS + Biomaphós® + Auras®; T5: Biomaphós® + Auras®; and T6: Auras®, all with 18 replications. The following variables were evaluated: stem diameter (SD), plant height (PH), head diameter (HD), head circumference (HC), shoot dry mass (SDM), and shoot fresh mass (SFM). Leaf tissue analysis was performed to determine macro- and micronutrient content. It was found that the application of the bioinputs Biomaphós® and Auras®, whether in combination or applied individually, did not promote improvements in development, yield, or nutrient accumulation, as results were similar to those obtained in the untreated control. SD, SDM, SFM, and the accumulation of all nutrients were lower in the treatments with humic and fulvic acids compared to the control and to the other treatments that received *Bacillus* spp.-based bioinputs.

Keywords: *Lactuca sativa*; humic substances; biofertilizer.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	10
2.1 Importância econômica e agrônômica da alface (<i>Lactuca sativa</i> L.).....	10
2.2 Desafios da produção intensiva de alface	11
2.3 Substâncias húmicas como bioestimulantes no cultivo de hortaliças.....	13
2.4 Bioinsumos microbianos na promoção do crescimento vegetal	14
3 MATERIAL E MÉTODOS	20
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5 CONCLUSÃO	31
REFERÊNCIAS	32

1 INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma das hortaliças folhosas mais cultivadas e consumidas no Brasil e no mundo, devido ao seu alto valor nutritivo, sabor agradável e o fácil preparo (Santos *et al.*, 2025), sendo de grande importância para a agricultura, especialmente em sistemas de cultivo intensivo. Entretanto, esse cultivo tem desafios como a exigência de um manejo eficiente, sobretudo em relação à fertilização e a irrigação, pelo fato de a cultura apresentar ciclo curto e sistema radicular superficial (Pereira, 2024).

Diante dos desafios da produção convencional e da crescente demanda por alimentos cultivados de maneira mais sustentável, têm ganhado destaque práticas alternativas, como o uso de bioinsumos e substâncias húmicas. Originárias da decomposição da biomassa, as substâncias húmicas são reconhecidas por melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, promovendo maior disponibilidade de nutrientes, retenção de água, desenvolvimento radicular e, conseqüentemente, aumento da produtividade (Canellas *et al.*, 2015; Zandonadi *et al.*, 2014). Além disso, têm sido associadas ao aumento da resistência das plantas a estresses abióticos, como seca e salinidade (Olivares *et al.*, 2017).

Em paralelo, os bioinsumos microbianos, especialmente aqueles à base de *Bacillus spp.*, têm sido utilizados devido à sua capacidade de promover o crescimento vegetal por meio de mecanismos como a produção de fitormônios, a solubilização de fosfatos e a indução de resistência sistêmica (Calvo *et al.*, 2014; Roupael; Colla, 2020). Produtos como Biomaphós® (*Bacillus megaterium* e *Bacillus subtilis*) e Auras® (*Bacillus Aryabhatai*), que contêm cepas desses microrganismos, têm sido empregados em diferentes culturas com o intuito de melhorar a eficiência na absorção de nutrientes e a qualidade agrônômica da produção, mesmo em condições ambientais adversas (Roupael; Colla, 2020).

A associação entre substâncias húmicas e biofertilizantes representa uma estratégia promissora para intensificar os benefícios agrônômicos em hortaliças como a alface. Estudos sugerem que essa combinação pode potencializar os efeitos fisiológicos positivos sobre o crescimento e o desenvolvimento vegetal, promovendo ganhos em produtividade e qualidade dos produtos agrícolas (Du Jardin, 2015; Borcioni *et al.*, 2016).

Além disso outro ponto que também deve ser levado em consideração é a metodologia de aplicação dos produtos que podem impactar diretamente no rendimento agrônômico final da cultura. Yuri *et al.* (2016) aplicaram 200 a 300 mL de extratos húmicos e fúlvicos por 3 kg de solo, isoladamente ou em associação à adubação mineral (NPK), em vasos com alface. As substâncias foram incorporadas diretamente ao substrato antes da semeadura, tal associação dos ácidos húmicos com fertilizantes minerais foi mais eficaz do que o uso isolado de qualquer um dos dois. Isso reforça que o modo de aplicação (no solo, como condicionador e ativador de nutrientes) teve papel sinérgico com o manejo convencional. Lukte *et al.* (2021) relataram aplicação foliar de extratos húmicos e fúlvicos associados ou não à adubação química, com aumento na absorção de K e N, e maior acúmulo de biomassa. Observa-se que as diferentes metodologias promoveram efeitos nos trabalhos supracitados. Logo, a compreensão das interações entre as tecnologias de aplicação e seus impactos em diferentes variedades de alface ainda exige mais estudos científicos.

Neste contexto, a hipótese deste estudo é que a aplicação combinada de substâncias húmicas e biofertilizantes poderá favorecer a colonização microbiana no solo, intensificando os efeitos benéficos desses produtos e promovendo maior produtividade e qualidade das culturas.

Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos da aplicação de substâncias húmicas, fúlvicas e bioinsumos de forma isolada e combinada sobre o desenvolvimento e produtividade da cultura da alface.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância econômica e agrônômica da alface (*Lactuca sativa* L.)

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma das hortaliças folhosas mais consumidas e cultivadas no Brasil, sua presença é marcante na alimentação *in natura*, principalmente em saladas, o que impulsiona demanda constante ao longo do ano (Santos *et al.*, 2025).

Além disso, sua produção é predominante em sistemas intensivos, frequentemente vinculados à agricultura familiar, e distribuída nos chamados "cinturões verdes" das grandes cidades, contribuindo para o abastecimento urbano e para a geração de renda no campo (Sala; Costa, 2012).

Cultivada em diferentes escalas — desde hortas domésticas até sistemas intensivos comerciais — sua produção demanda cuidados específicos, principalmente quanto à nutrição mineral e equilíbrio fisiológico, fatores determinantes para o desenvolvimento vegetativo, qualidade comercial e valor funcional do produto final (Silva *et al.*, 2022).

No Brasil, a área de hortaliças folhosas é estimada em 174.061 hectares cultivados com alface (49,9%) (Vilela; Luengo, 2017). Principais microrregiões do país que forneceram alface para as Ceasas analisadas neste em dezembro de 2024 pelo Boletim Hortigranjeiro da CONAB, sendo Piedade/SP com 1.804.847 Kg, Ibiapaba/CE com 458.500 Kg, Itapeverica da Serra/SP com 333.924 Kg e Vitória de Santo Antão/PE com 236.549 Kg (CONAB, 2025).

A alface americana, embora com menor expressão em volume, vem apresentando aumento na aceitação comercial, especialmente pelas características pós-colheita como crocância, resistência ao transporte e conservação em ambientes refrigerados (Sala; Costa, 2012).

Do ponto de vista agrônômico, trata-se de uma cultura de ciclo curto, sensível ao estresse hídrico e altamente exigente em nutrientes, principalmente nitrogênio, fósforo e potássio (Filgueira, 2008; Pereira, 2024).

Essas exigências agrônômicas tornam necessário o uso de práticas de manejo eficientes, tanto em fertilidade do solo quanto em irrigação e controle fitossanitário, para se obter alta produtividade e qualidade comercial, minimizando os desafios da produção intensiva da cultura.

2.2 Desafios da produção intensiva de alface

Apesar de sua importância, a alface enfrenta diversos desafios agrônômicos. Por ser de crescimento rápido e amplamente cultivada, demanda manejo intensivo de solo e nutrientes para atingir boa produtividade (Ferrazza *et al.*, 2024).

A alface apresenta exigências nutricionais elevadas e específicas, sendo considerada uma cultura de alta demanda por nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), especialmente durante o crescimento vegetativo inicial. Além dos macronutrientes, os micronutrientes como cálcio (Ca), magnésio (Mg) e ferro (Fe) também são essenciais para o desenvolvimento adequado da cultura (Ahmed *et al.*, 2021).

Segundo Filgueira (2008), dos macronutrientes essenciais, deve-se dar destaque para o N, o qual é responsável por promover o crescimento da parte aérea, aumentar a área foliar e intensificar a cor verde das folhas. Já o P atua no enraizamento e na divisão celular, sendo essencial nas fases iniciais do ciclo, enquanto o K está diretamente relacionado à regulação estomática, resistência a estresses e qualidade pós-colheita.

Além dos macronutrientes, os micronutrientes como cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) e boro (B) exercem papel importante na fisiologia da planta. O cálcio, por exemplo, é crucial para a integridade das membranas celulares e para o crescimento de tecidos jovens.

A deficiência de Ca pode provocar distúrbios fisiológicos como o “tipburn”, uma necrose das margens das folhas novas, comum em cultivos sob alta umidade ou crescimento rápido (Hochmuth *et al.*, 2023; Martins, 2022). De forma semelhante, a deficiência de boro compromete o desenvolvimento do meristema e a formação de folhas e raízes, podendo ser mitigada pela associação com substâncias húmicas (Ribeiro; Franco Jr.; Brigante, 2022).

O manejo da adubação da alface deve considerar não apenas as exigências quantitativas da cultura, mas também aspectos como forma de aplicação, disponibilidade dos nutrientes no solo, pH, textura e condições climáticas. Em solos tropicais intensamente cultivados, há tendência de baixa disponibilidade de fósforo, enxofre e micronutrientes, além de baixos teores de matéria orgânica, o que afeta a capacidade de troca catiônica (CTC) e a retenção de água e nutrientes (Yuri *et al.*,

2016). Assim, o uso de condicionadores de solo, como compostos orgânicos e biofertilizantes, tem sido amplamente recomendado para alface.

Além disso, solos pobres em matéria orgânica apresentam baixa retenção de água e estrutura desfavorável, prejudicando o crescimento radicular e a absorção de nutrientes pela alface (Ferrazza *et al.*, 2024).

Outro desafio são as pragas e doenças que acometem a cultura – insetos, moluscos e patógenos de solo como *Fusarium* e *Sclerotinia* - muitas vezes agravados em cultivos sucessivos e intensivos. Variedades sensíveis podem sofrer perdas significativas, indicando a necessidade de resistência genética e manejo fitossanitário adequado (Agrofy News, 2023).

Outro desafio são os estresses abióticos que também limitam a produção, pois a alface é exigente em água e clima ameno, sendo suscetível a altas temperaturas, pois quando o fotoperíodo é longo induz o pendoamento e as altas temperaturas induzem a planta transpirar mais, então o cálcio ser translocado para folhas mais velhas, ocasionando nas folhas mais novas a deficiência do Ca (Tip Burn ou popularmente conhecido como queima de bordos).

Além disso, à salinidade do solo ou da água de irrigação, podendo reduzir o crescimento e a produtividade da alface, por ocasionar desequilíbrio osmótico e nutricional atenuando esses efeitos como a inoculação com bactérias benéficas *Bacillus velezensis* que foi capaz de aliviar o impacto negativo do sal sobre o desenvolvimento da alface, mantendo o crescimento mesmo em condições de alta salinidade (Bai *et al.*, 2023).

Portanto, compreender os desafios da alface envolve uma abordagem multifatorial, considerando os aspectos fisiológicos da cultura, a dinâmica dos nutrientes no solo e de tecnologias como substâncias que podem auxiliar na produção da cultura e diminuir o nível de estresse.

A integração entre tecnologias naturais (como substâncias húmicas e microrganismos promotores de crescimento) e estratégias de manejo eficientes pode resultar em alta produtividade, maior qualidade e sustentabilidade nos sistemas de produção.

2.3 Substâncias húmicas no cultivo de hortaliças

As substâncias húmicas (SH) são compostos orgânicos complexos derivados da decomposição da matéria orgânica do solo, englobando principalmente ácidos húmicos, ácidos fúlvicos e huminas (Martin Neto *et al.*, 2008). Essas substâncias representam parcela expressiva do carbono orgânico total (COT), podendo corresponder até 80% do conteúdo húmico do solo, e são fundamentais para a fertilidade e saúde dos sistemas agrícolas (Rodrigues *et al.*, 2020).

Nos últimos anos, tem ganhado destaque o uso de substâncias húmicas (SH) — compostos orgânicos complexos resultantes da decomposição da matéria orgânica — que atuam como bioestimulantes naturais, promovendo o crescimento vegetal e melhorando a eficiência de uso de nutrientes.

Estudos mostram que a aplicação de SH, via solo ou foliar, favorece o alongamento radicular, aumentando a área de absorção e melhorando a captação de N, P, K, Ca e Mg (Borcioni *et al.*, 2016).

No caso da alface, há evidências de que a aplicação de SH promove ganhos significativos em crescimento e produtividade. Rodrigues *et al.* (2020) observaram, em estudo com mudas de alface, que a adição de ácidos húmicos ao substrato resultou em maior desenvolvimento do sistema radicular, sugerindo efeito de auxinas exógenas e maior capacidade de absorção de nutrientes pelas raízes. Esse incremento radicular tende a refletir em plantas mais vigorosas e produtivas, pois raízes maiores exploram melhor o solo e captam mais água e nutrientes.

Além disso, as SHs podem facilitar a nutrição mineral das plantas ao formar complexos quelantes com nutrientes no solo, tornando elementos como ferro, zinco e manganês mais disponíveis às raízes (Colla *et al.*, 2017).

Em experimento conduzido em casa de vegetação, Ludkte *et al.* (2021) verificaram que a aplicação foliar de ácidos húmicos e fúlvicos, associada ou não à adubação química, aumentou significativamente o acúmulo de macronutrientes (especialmente potássio e nitrogênio), além de promover maior massa seca da parte aérea.

Outra vantagem importante das substâncias húmicas é a mitigação de estresses abióticos. Atero-Calvo *et al.* (2025) demonstraram que a aplicação de um bioproduto húmico melhorou significativamente a tolerância da alface ao estresse por cádmio (Cd), mantendo maior biomassa e capacidade fotossintética em plantas

tratadas com SH, além de ativar sistemas antioxidantes e aumentar a síntese de tióis. Interessantemente, foi observado que a forma de aplicação das SHs influencia seu efeito: quando aplicadas ao solo, aumentaram a fitoextração de Cd; já via foliar, reduziram a acumulação do metal nas folhas.

Em estudo realizado por Atero-Calvo *et al.* (2024), o uso de um produto húmico à base de leonardita, permitiu manter o crescimento da alface mesmo com redução de 50% na dose de nitrogênio, além de ocasionar aumento da eficiência de uso do nutriente (NUE).

Da mesma forma, Ikiz *et al.* (2024) constataram que a alface cultivada com 20% menos adubo mineral e inoculada com bioestimulantes (incluindo SHs) apresentou rendimento equivalente ao manejo convencional, reforçando o potencial dessas substâncias na otimização da nutrição e sustentabilidade da produção.

Portanto, as substâncias húmicas contribuem amplamente para a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, estimulam o crescimento radicular e a absorção de nutrientes, aumentam a tolerância a estresses e promovem maior produtividade e qualidade fisiológica da alface.

2.4 Bioinsumos na promoção do crescimento vegetal

O termo bioinsumos abrange todos os insumos de origem biológica utilizados na agricultura, incluindo produtos com microrganismos benéficos (biofertilizantes, inoculantes), extratos naturais (bioestimulantes como algas, aminoácidos) e adubos orgânicos em geral. Tais insumos vêm ganhando destaque como alternativas aos químicos convencionais, buscando maior sustentabilidade e redução de impactos ambientais (Silva *et al.*, 2022; Santos *et al.*, 2025).

No cultivo de alface, diversas categorias de bioinsumos têm sido empregadas com sucesso como biofertilizantes (inoculantes), incluindo bactérias promotoras de crescimento de plantas (PGPR – *plant growth-promoting rhizobacteria*) e fungos benéficos, como rizobactérias dos gêneros *Azospirillum*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, além de fungos micorrízicos arbusculares.

Esses microrganismos atuam de várias formas positivas: fixam ou mobilizam nutrientes (por exemplo, fixação biológica de nitrogênio atmosférico e solubilização de fosfatos), produzem fitormônios como auxinas, giberelinas e ácido indolacético, e estimulam mecanismos de defesa contra patógenos (Rouphael; Colla, 2020).

Além disso, esses biofertilizantes contribuíram para a qualidade nutricional das folhas, com incremento de vitamina C, fenóis e flavonoides. Stojanović *et al.* (2020), verificaram melhorias no teor nutricional e produtividade da alface em diferentes estações.

Fertilizantes orgânicos e compostos, como esterco curtido, composto orgânico, vermicomposto (húmus de minhoca) e biofertilizantes líquidos fermentados (como o *bokashi*), são amplamente utilizados. Eles fornecem nutrientes de forma gradativa, melhoram o teor de matéria orgânica e aumentam a retenção de água no solo, além de estimular a microbiota benéfica (Ferrazza *et al.*, 2024; Silva *et al.*, 2022). Na cultura da alface, é comum o uso de cama de aviário e torta de mamona como fontes orgânicas de nutrientes.

Ferrazza *et al.* (2024), avaliando a cultivar americana ‘Lucy Brown’, observaram que a aplicação de vermicomposto elevou significativamente o diâmetro da cabeça e a massa fresca das plantas, principalmente quando associada à cobertura morta. Já Montanha *et al.* (2022) destacam que o uso de *bokashi* estimula o crescimento radicular e a fotossíntese, aumentando a massa fresca da parte aérea da alface, devido à liberação rápida de nutrientes e à introdução de microrganismos ativos durante o processo fermentativo.

Em conjunto, os bioinsumos microbianos e orgânicos promovem melhoria ampla no agroecossistema, mantendo a estrutura e a biologia do solo, favorecendo a reciclagem de nutrientes e reduzindo a dependência de agroquímicos externos (Ghimerey *et al.*, 2024).

A busca por práticas agrícolas sustentáveis e eficientes tem impulsionado o uso de bioinsumos microbianos, entre os quais as bactérias do gênero *Bacillus spp.* se destacam como promissoras ferramentas para o incremento da produtividade e da qualidade de hortaliças, especialmente da alface (*Lactuca sativa* L.). Esses microrganismos fazem parte do grupo conhecido como bactérias promotoras de crescimento de plantas (PGPR) e estão sendo aplicados com sucesso em diversos sistemas de cultivo, devido à sua ampla gama de mecanismos de ação benéfica (Silva *et al.*, 2022; Santos *et al.*, 2025).

As principais formas de atuação de *Bacillus spp.* na rizosfera incluem: produção de fitormônios como auxinas e giberelinas; solubilização de fósforo e outros nutrientes pouco disponíveis no solo; indução de resistência sistêmica (ISR); e síntese de antibióticos e sideróforos, que inibem o desenvolvimento de fitopatógenos (Rouphael;

Colla, 2020). Além disso, essas bactérias formam esporos altamente resistentes, o que garante sua sobrevivência em condições adversas e facilita a formulação de bioinsumos comerciais com longa vida útil (Silva *et al.*, 2022).

No cultivo da alface, diferentes estudos evidenciam o potencial agrônomico e fisiológico do uso de *Bacillus spp.* Lüdtke *et al.* (2021), por exemplo, avaliaram o efeito de bioinsumos à base de *Bacillus subtilis* na cultura da alface e observaram incrementos significativos na altura de plantas, número de folhas, comprimento da raiz e massa fresca da parte aérea, demonstrando ação estimulante no crescimento vegetativo. Borcioni *et al.* (2016) verificaram que a inoculação com *Bacillus spp.* associadas a diferentes fontes de fósforo aumentou o desenvolvimento radicular e a eficiência de absorção de nutrientes.

Além dos efeitos morfológicos, o uso de *Bacillus spp.* também influencia positivamente aspectos fisiológicos da alface. Ribeiro, Franco Júnior e Brigante (2022) observaram que a aplicação combinada de ácido fúlvico com *Bacillus subtilis* e boro proporcionou melhor desempenho nutricional da planta, com maior acúmulo de massa seca das raízes, refletindo em maior eficiência na absorção e translocação de nutrientes. Esse tipo de interação entre bioestimulantes húmicos e microrganismos benéficos tende a amplificar os efeitos agrônomicos desejáveis no sistema solo-planta.

Outro ponto relevante é o uso de *Bacillus spp.* como agente mitigador de estresses abióticos, como salinidade e déficit hídrico. Estudos internacionais mostram que essas bactérias são capazes de modular a expressão gênica da planta hospedeira, ativando rotas metabólicas relacionadas ao acúmulo de osmólitos, ao aumento da atividade antioxidante e à integridade das membranas celulares (Bai *et al.*, 2023). Tais efeitos foram observados em cultivos de alface submetidos a condições salinas, nos quais a aplicação de *Bacillus velezensis* permitiu o crescimento normal das plantas mesmo em ambientes com altos teores de sal.

O uso de bioinsumos comerciais contendo *Bacillus spp.* também tem se consolidado. Produtos como Biomaphós® e Auras® apresentam formulações com cepas específicas dessas bactérias e são recomendados para diversas culturas, incluindo a alface.

Segundo Santos *et al.* (2025), o uso desses produtos promoveu incremento na produtividade, no número de folhas e na qualidade visual da alface, quando comparado ao controle sem aplicação.

Dessa forma, o uso de *Bacillus spp.* como bioinsumo no cultivo da alface apresenta evidências científicas robustas que sustentam sua adoção como estratégia viável para a agricultura sustentável. Além de contribuir para o crescimento e produtividade da cultura, essas bactérias proporcionam maior eficiência na utilização de recursos, maior resiliência às adversidades ambientais e menor dependência de insumos sintéticos, alinhando-se às diretrizes da agricultura de base biológica.

2.5 Associação entre substâncias húmicas e bioinsumos

A associação das substâncias húmicas com bioinsumos microbianos, como *Bacillus spp.* e *Trichoderma harzianum*, também tem sido eficiente para melhorar a nutrição e o crescimento da alface. Produtos como Biomaphós® e Auras®, que contêm cepas de microrganismos promotores de crescimento (PGPR), estimulam a produção de fitormônios, aumentam a solubilização de fosfatos e ativam mecanismos de defesa sistêmica (Rouphael; Colla, 2020; Santos *et al.*, 2025).

Quando aplicados em conjunto com ácidos húmicos, observa-se uma sinergia positiva, resultando em maior biomassa, área foliar e eficiência no aproveitamento de nutrientes (Colla *et al.*, 2017; Du Jardin, 2015).

Borcioni *et al.* (2016) observaram que o uso de ácidos fúlvicos durante a fase de mudas influenciou positivamente o crescimento inicial da alface americana, promovendo maior desenvolvimento radicular e vigor inicial, o que impacta na uniformidade e qualidade final das plantas. A melhora na circunferência das cabeças também é um indicador importante de qualidade comercial.

Meireles *et al.* (2017) relataram que a aplicação conjunta de ácidos húmicos e bactérias promotoras de crescimento (BPC) elevou significativamente a massa fresca da parte aérea e o diâmetro da roseta da alface cv. Vanda. O efeito sinérgico favoreceu não só o crescimento, mas também a formação de folhas com maior turgidez e coloração intensa, indicadores de maior qualidade comercial e nutricional.

Em estudo conduzido por Lüdtkke *et al.* (2021), a aplicação de bioestimulantes ricos em ácidos húmicos e fúlvicos, combinados com adubação mineral, resultou em maior absorção de potássio e ferro, nutrientes essenciais para a qualidade fisiológica das folhas de alface. Além disso, houve aumento no comprimento de raiz, número de folhas e altura das plantas, aspectos diretamente relacionados à qualidade da hortaliça.

Ribeiro *et al.* (2022), ao estudarem a aplicação combinada de boro e ácidos fúlvicos, observaram incrementos significativos na massa seca de raízes, indicando maior eficiência nutricional da planta. Martins (2022) relata que a aplicação de bioestimulantes à base de substâncias húmicas e aminoácidos aumentou a absorção de nutrientes e resistência a estresses abióticos, resultando em folhas com maior teor de compostos funcionais como antioxidantes e clorofila, atributos associados ao valor nutricional da alface.

A nutrição adequada da alface também está diretamente relacionada à qualidade nutricional e funcional das folhas, influenciando o teor de compostos antioxidantes, vitaminas e minerais. Segundo Cavalheiro *et al.* (2021), o uso de resíduos vegetais processados como fonte de adubação orgânica aumentou significativamente a atividade antioxidante e o teor de compostos fenólicos das folhas de alface, sem comprometer a produtividade. Essa estratégia também contribui para o manejo sustentável, reduzindo a dependência de fertilizantes químicos e promovendo a reciclagem de resíduos agroindustriais.

Outro fator determinante na eficiência da nutrição é a interação com fatores ambientais, como temperatura, umidade e disponibilidade hídrica. A cultura da alface é sensível ao estresse hídrico, que pode comprometer a absorção de nutrientes e a fotossíntese. O uso de hidrogéis, como relatado por Pereira (2024), tem se mostrado eficaz para reduzir a necessidade de irrigação e manter o fornecimento de água às raízes, potencializando o aproveitamento dos nutrientes e o crescimento das plantas, mesmo em períodos de déficit hídrico.

Em sistemas de produção intensiva, a fertirrigação se apresenta como técnica eficaz para fornecer nutrientes de forma parcelada e precisa, especialmente em cultivos protegidos. Contudo, em sistemas orgânicos ou de base agroecológica, o manejo da fertilidade do solo depende fortemente da qualidade dos insumos orgânicos e da atividade microbiana do solo, sendo as substâncias húmicas e os bioinsumos fundamentais para a manutenção da fertilidade ao longo dos ciclos (Silva *et al.*, 2022; Santos *et al.*, 2025).

Embora os benefícios agrônômicos já sejam evidentes, ainda há lacunas no entendimento dos mecanismos fisiológicos e moleculares pelos quais SHs e bioinsumos atuam em plantas. Esse conhecimento permitirá refinar recomendações de doses e modos de aplicação, evitando desperdício e maximizando respostas.

Estudos de longo prazo em campo, monitorando safras sucessivas, também serão importantes para confirmar os efeitos benéficos acumulativos no solo (sequestro de carbono, melhoria estrutural) e na produtividade.

Portanto, compreender a exigência nutricional da alface envolve uma abordagem multifatorial, considerando os aspectos fisiológicos da cultura, a dinâmica dos nutrientes no solo e o uso racional de biofertilizantes e condicionadores.

A integração entre tecnologias naturais (como substâncias húmicas e microrganismos promotores de crescimento) e estratégias de manejo eficiente pode resultar em alta produtividade, maior qualidade e sustentabilidade nos sistemas de produção de alface, em consonância com as exigências do mercado e as demandas ambientais.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no município de Uberaba, MG, Brasil, cujas coordenadas geográficas são: 19°45'26" S, 47°55'27" W e altitude de 800 m. O clima, segundo a classificação atualizada de Köppen é classificado como Aw, com verões quentes e chuvosos e invernos frios e secos, com médias anuais de temperatura e umidade relativa do ar de 22,6 °C e 68 %, respectivamente (INMET, 2024).

Foram realizados dois experimentos durante o período de 01/05/2023 a 17/07/2023 com a alface crespa e de 01/05/2023 a 30/07/2023 com a alface americana, ambos em casa de vegetação, do tipo arco, coberta por filme plástico difusor de luz com 150 micra e laterais fechadas com tela de sombreamento de 50%.

As cultivares de alfaces utilizadas neste estudo foram a Vanda, alface do grupo crespa e a Lucy Brown, alface do grupo americana.

A semeadura foi realizada em bandejas de polietileno com células de 12,5 cm³, preenchidas com substrato Bioplant Plus®. As mudas foram mantidas em casa de vegetação, coberta com plástico transparente anti-UV de 150 micra e irrigadas diariamente para manter o substrato sempre úmido e ideal para o desenvolvimento das mudas.

Decorridos dias após semeadura, respectivamente para a alface Vanda e Lucy Brown, as mudas foram transplantadas, quando haviam 4 ou 5 folhas definitivas, para vasos plásticos de 5 dm³, preenchidos com solo, e mantidas sobre suporte de madeira a 15 cm de altura do solo, em casa de vegetação. O solo utilizado para preenchimento dos vasos foi coletado de área de barranco no setor de Olericultura do IFTM de 0 a 20 cm, sendo do tipo Latossolo Vermelho Distrófico, de textura areno-argilosa (Santos *et al.*, 2018), cujos resultados da análise química para fins de calagem e cálculo de adubação de plantio estão apresentados na Tabela 1.

Os tratamentos consistiram da combinação da aplicação de produtos comerciais à base, sendo: um produto a base de Substâncias Húmicas e Fúlvicas (SHF) (com 11% de N, 2% de K₂O e 6% de carbono orgânico total), Biomaphós® (cepas de *Bacillus subtilis* (CNPMS B2084 (BRM034840) e *Bacillus megaterium* (CNPMS B119 (BRM033112), e Auras®(contém bactéria *Bacillus aryabhattai* cepa CMAA 1363) isolados ou em misturas.

Tabela 1 - Análise química do solo da camada de 0 – 20 cm, utilizado nos experimentos com alface. Uberaba, MG, 2025

pH	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	V%	P	SB	C.T	M.O	
(CaCl ₂)	-----mmol _c dm ⁻³ -----						-----mg dm ⁻³ -----			dm ⁻³	
5,7	14	6,1	0,1	24	45	6,63	8,8	34	21	0,78	0,78

B	Cu	Fe	Mn	Zn	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K
-----mg dm ⁻³ -----							
0,04	0,8	97,8	11,1	1,2	2,3	16,10	7,02

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Nota: Ca, Mg, Al = KCl solução (1 mol L⁻¹); H + Al = SMP solução tampão (pH 7.5); CTC = capacidade de troca de cátions a pH 7; V = saturação de bases; P = resina; K = 0,05 mol L⁻¹ HCl + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹; SB = Soma de bases; S-SO₄ = fosfato de cálcio; C.T = Carbono total; M.O. = Matéria orgânica (método colorimétrico); B, Cu, Fe, Mn, Zn = DTPA (ácido dietilenotriaminopentacético).

O delineamento experimental de cada experimento foi de blocos casualizados, com seis tratamentos: T1 - Sem aplicação (Testemunha); T2 - SHF+ Biomaphós®; T3 - Biomaphós®; T4 - SHF+ Biomaphós® + Auras®; T5 - Biomaphós® + Auras® e T6 - Auras®, com 18 repetições.

A calagem foi realizada 45 dias antes do plantio, com a aplicação de calcário dolomítico, com PRNT de 90%, na dose necessária para elevar a saturação por bases a 70%. Para o cálculo da dose por vaso, considerou-se o volume da camada arável de 1,0 hectare e a dose recomendada para esta área, extrapolando-se para o volume dos vasos utilizados, o que correspondeu a uma dose de 1,2 t ha⁻¹. Após a calagem os vasos permaneceram em incubação por 45 dias, sendo irrigados semanalmente.

Para a adubação de plantio, para todos os tratamentos, em ambos os experimentos, foram aplicados em um sulco aberto na superfície dos vasos: 52,8 kg ha⁻¹ de N; 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅; e, 60 kg ha⁻¹ de K₂O, aplicados. Já na adubação de cobertura, aplicaram-se, também em ambos os experimentos: 150 kg de N ha⁻¹ e 90 kg de K₂O ha⁻¹, divididas em três adubações de cobertura aos 10, 20 e 30 dias após o transplante, adaptadas das recomendações feitas por Ribeiro *et al.* (1999).

Quando as mudas se apresentaram no ponto de transplante, com 4 a 5 folhas expandidas definitivas, o sistema radicular de cada muda foi imerso por 30 segundos em seus respectivos tratamentos, antes de serem transplantadas para os vasos. Deste modo, a aplicação nos tratamentos T2, T3, T4, T5 e T6 foram realizadas no pré-plantio, por meio da imersão dos “torrões” das mudas em solução preparada com cada

um dos respectivos tratamentos, em uma única aplicação. Essa técnica foi idealizada, visto a possibilidade de uma aplicação simples para culturas em que se realiza o transplante de mudas, sem a necessidade de utilizar máquinas.

Previamente à aplicação, foram preparadas as caldas, contendo cada um dos tratamentos, utilizando-se os produtos comerciais como fonte. Para os produtos comerciais Biomaphós® e Auras®, adotou-se a dose de 200 ml de cada produto por hectare, enquanto que para o produto a base de SHF, adotou-se a dose de 2 L ha⁻¹. O volume de calda adotado foi 20 L ha⁻¹.

O manejo e tratos culturais realizados (pulverizações e capinas), foram realizados quando necessário, da mesma forma em todos os tratamentos.

Após o transplante, as mudas de alface foram irrigadas diariamente por gotejamento, considerando a evapotranspiração de referência (ET_o), estimada com dados obtidos pela estação meteorológica do Instituto Federal do Triângulo Mineiro Campus Uberaba e corrigida para casa de vegetação.

Quando as plantas atingiram o ponto comercial de colheita, iniciou-se a avaliação dos experimentos. No momento da colheita, avaliaram-se: diâmetro da cabeça (DC), circunferência da cabeça (CC), altura da cabeça (AC), diâmetro do caule (DCa), e massa fresca da cabeça (MFC).

Em seguida, toda a parte aérea das plantas (cabeça) foi lavada em água com sabão, enxaguada em água corrente e água destilada; e colocadas em sacos de papel e secas em estufa de circulação de ar forçado a 65^o por 72 h, até atingirem massa constante, para determinação da produção de massa seca da cabeça (MSC).

Após a secagem, o material foi moído, para realização dos acúmulos foliares dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, conforme a metodologia proposta pela Teixeira *et al.* (2017).

Os dados foram testados quanto aos pressupostos de normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias residuais, por meio dos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett. Os valores das características avaliadas foram submetidos à análise de variância aplicando-se o teste F. Quando significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ao nível de probabilidade de 5%. A análise foi realizada utilizando o Software R Core (R CORE TEAM, 2024).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foram detectados efeitos significativos dos tratamentos sobre o diâmetro da cabeça (DC), circunferência da cabeça (CC) e altura da cabeça (AC) no estudo conduzido com alface crespa (Tabela 2), o que indica que as dimensões da parte comercial da planta não foram afetadas pelos tratamentos.

Contudo, observou-se que a aplicação de substâncias húmicas associadas aos bioinsumos (T2 - SHF+ Biomaphós®) apresentou os menores valores para diâmetro do caule (DCa), massa seca da cabeça (MSC) e massa fresca da cabeça (MFC), com reduções de 31%, 31% e 18% comparativamente a testemunha, respectivamente; enquanto que no tratamento T4 (SHF+ Biomaphós® + Auras®) a redução nos parâmetros DCa e MSC foi de 18% e 18%, respectivamente, quando comparados à testemunha.

Para a alface americana, os tratamentos T2 e T4 afetaram negativamente todos os parâmetros avaliados (DC, CC, DCa, MSC e MFC), exceto a AC, pois os valores obtidos foram significativamente inferiores aos valores observados na testemunha (Tabela 2).

Para os tratamentos T3 (Biomaphós®), T5 (Biomaphós® + Auras®) e T6 (Auras®), não houve qualquer alteração significativa em todos os parâmetros avaliados (DC, CC, AC, DCa, MSC e MFC) para alface crespa ou alface americana, quando comparados à testemunha T1 (Sem aplicação), evidenciando que a aplicação desses produtos não proporcionou qualquer vantagem para a planta (Tabela 2).

Em seu estudo, ao aplicar doses de ácido fúlvico em mudas de alface americana no campo, Borcioni *et al.* (2016) observaram que ao avaliarem doses de ácido fúlvico na alface americana, em condições de campo, observaram que a aplicação de diferentes doses de ácido fúlvico promoveu o crescimento das plantas de alface, em especial do sistema radicular; e que as diferentes concentrações de ácido fúlvico proporcionaram incrementos no número de folhas e na circunferência média da cabeça. Estes resultados são diferentes dos observados neste estudo, que não identificou qualquer alteração significativa.

Avaliando o desempenho produtivo e bioquímico de alface crespa sob diferentes ambientes de cultivo, Nascimento *et al.* (2021) observaram que a cultivar Vanda produzida em casa de vegetação apresentou DC de 32,83 cm, AC de 19,50 cm, 241,33 g planta⁻¹, valores estes superiores aos obtidos neste estudo.

Tabela 2 - Médias dos parâmetros agrônômicos diâmetro da cabeça (DC), circunferência da cabeça (CC), altura da cabeça (AC), diâmetro do caule (DCa) massa fresca da cabeça (MFC) e massa seca da cabeça (MSC) para cultivar de alface crespa e americana, submetidas a diferentes combinações de aplicação de substâncias húmicas e bioinsumos. Uberaba, MG, 2025

Tratamento	DC	CC	AC	DCa	MSC	MFC
cm.....		g planta ⁻¹		
Alface Crespa						
T1	31,61 a	84,94 a	16,69 a	14,71 a	14,71 a	196,76 a
T2	29,43 a	80,90 a	16,47 a	10,21 c	10,21 c	161,45 b
T3	30,78 a	82,16 a	17,19 a	14,11 a	14,11 a	189,35 a
T4	30,72 a	80,35 a	16,52 a	12,11 b	12,11 b	184,63 a
T5	30,77 a	85,33 a	16,82 a	14,16 a	14,16 a	204,26 a
T6	32,22 a	87,44 a	17,42 a	15,52 a	15,52 a	216,28 a
Teste F	1,98 ^{ns}	1,64 ^{ns}	1,17 ^{ns}	8,31 ^{**}	8,31 ^{**}	4,06 ^{**}
CV (%)	7,7	9,11	7,6	15,77	15,77	16,37
Alface Americana						
T1	30,22 a	87,55 a	17,04 a	2,16 a	16,88 a	361,94 a
T2	29,40 b	81,96 b	16,84 a	1,81 b	11,72 b	270,46 b
T3	31,95 a	89,55 a	17,90 a	2,18 a	18,29 a	400,50 a
T4	26,34 c	74,20 c	15,80 a	1,67 b	6,27 c	114,30 c
T5	31,94 a	87,72 a	17,10 a	2,07 a	11,72 a	380,94 a
T6	33,00 a	89,27 a	17,38 a	2,36 a	17,56 a	407,64 a
Teste F	5,15 ^{**}	4,89 ^{**}	1,76 ^{ns}	4,65 ^{**}	18,14 ^{**}	18,17 ^{**}
CV (%)	12,29	10,85	11,11	19,57	24,86	27,21

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

Nota: ^{ns} = não significativo ($p > 0,05$); ^{**} = significativo a 5% probabilidade; CV (%) = coeficiente de variação. Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). T1 - Testemunha (sem aplicação), T2 - SHF+ Biomaphós®, T3 - Biomaphós®, T4 - SHF+ Biomaphós® + Auras®, T5 - Biomaphós® + Auras® e T6 - Auras®.

Resultados diferentes aos obtidos neste estudo foram observados por Hernandez *et al.* (2015), que ao aplicar a humina por via foliar na alface na fase de muda e quinze dias após o transplante para o local definitivo, observaram incremento no número de folhas e redução do ciclo da cultura em 21 dias, permitindo a colheita antecipada sem alterar a qualidade.

De acordo com a análise do tecido foliar da alface crespa verificou-se que os menores valores dos macronutrientes foram observados nos tratamentos T2 e T4. Os acúmulos médios dos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S do T2 foram 28,35; 62,51; 30,48; 36,24; 36,74 e 34,60% inferiores aos observados no T1. Já os acúmulos foliares médios desses mesmos macronutrientes no T4 foram 21,23; 55,26; 33,84; 26,00; 24,42 e 26,23%, menores em relação ao T1 (testemunha) (Tabela 3).

Da mesma forma, para a alface americana, no tratamento T2, houve redução dos acúmulos de macronutrientes no tecido foliar de 33,13; 33,36; 27,35; 30,28; 25,08 e 32,48% de N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente. Já no T4 a redução desses mesmos nutrientes foi de 65,23; 66,21; 61,98; 63,78; 61,19 e 67,05%, em relação à testemunha, respectivamente (Tabela 3).

Por outro lado, para os tratamentos T3, T5 e T6 não houve alteração significativa no acúmulo de nutrientes acumulados nas plantas, pois os valores foram semelhantes aos encontrados no T1 (testemunha), onde apenas a adubação mineral foi realizada.

Ao avaliarem a produção de alface crespa cultivar Verônica em sistema hidropônico, Faquin *et al.* (1996) obtiveram 398,1 g planta⁻¹ para o N, 70,8 g planta⁻¹ para o P e 475,5 g planta⁻¹ para o K, valores estes superiores aos observados neste estudo para a alface crespa, com exceção do P no tratamento T1 (testemunha).

De modo geral, no presente estudo, os tratamentos que continham SHF (T2 e T4) apresentaram resultados inferiores aos demais tratamentos. Os estudos de Borcioni *et al.* (2016) e Quin e Leskovar (2020), verificaram que concentrações elevadas de caldas contendo ácidos húmicos e fúlvicos, quando aplicadas na cultura da alface, podem causar efeito negativo. Esses resultados são semelhantes aos obtidos neste estudo para os tratamentos T2 e T4, nos quais foi constatado que os tratamentos contendo substância húmica resultaram em valores inferiores para as variáveis avaliadas. No presente estudo, adotou-se a concentração de 100 ml do produto para cada litro de calda, caracterizando-se, assim, como uma concentração alta. Acredita-se que essa concentração tenha sido prejudicial à cultura, causando um desequilíbrio na rizosfera e um efeito de fitotoxicidade.

Outro fator que corrobora com o desempenho inferior dos tratamentos T2 e T4 (com SHF) foi à forma de aplicação dos tratamentos. Esses tratamentos não foram aplicados no solo ou pulverizados na parte aérea, como nos estudos de Borcioni *et al.* (2016) e Quin e Leskovar (2020). No presente estudo as mudas tiveram seu sistema

radicular submerso na calda dos tratamentos, o que pode ter contribuído para uma possível fitointoxicação devido à grande exposição das raízes à calda com alta concentração do produto, além de um pH relativamente alto.

Tabela 3 - Valores médios de acúmulo de macronutrientes de alface crespa e americana, submetidas a diferentes combinações de aplicação de substâncias húmicas e bioinsumos. Uberaba, MG, 2025

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S
.....mg planta ⁻¹						
Alface Crespa						
T1	315,34 a	94,96 a	376,39 a	121,38 a	45,20 a	21,73 a
T2	225,93 b	35,60 b	261,66 b	77,39 b	28,59 b	14,21 b
T3	293,21 a	53,56 a	348,62 a	114,27 a	42,09 a	22,41 a
T4	248,39 b	42,48 b	248,99 b	89,81 b	34,16 b	16,03 b
T5	308,33 a	53,47 a	358,22 a	117,30 a	44,94 a	21,03 a
T6	317,71 a	56,14 a	361,03 a	119,15 a	44,94 a	21,90 a
Teste F	6,56**	6,61**	5,93**	7,12**	6,46**	4,52**
CV (%)	16,28	19,96	20,34	19,46	20,67	25,3
Alface americana						
T1	598,63 a	74,87 a	648,94 a	159,43 a	53,18 a	44,31 a
T2	400,58 b	49,89 b	471,48 b	111,16b	39,84 b	29,92 b
T3	550,40 a	80,05 a	752,38 a	171,87 a	56,94 a	41,35 a
T4	208,14 c	25,30 c	246,72 c	57,75 c	20,64 c	14,60 c
T5	622,19 a	78,42 a	676,54 a	167,35 a	56,64 a	47,22 a
T6	583,43 a	78,71 a	788,90 a	172,38 a	58,95 a	46,29 a
Teste F	17,13**	13,60**	14,33**	13,26**	11,80**	11,66**
CV (%)	25,85	30,18	29,74	29,70	30,20	32,86

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

Nota: ^{ns} = não significativo ($p > 0,05$); ** = significativo a 5% probabilidade; CV (%) = coeficiente de variação. Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). T1 - Testemunha (sem aplicação), T2 - SHF+ Biomaphós®, T3 - Biomaphós®, T4 - SHF+ Biomaphós® + Auras®, T5 - Biomaphós® + Auras® e T6 - Auras®.

No estudo de Quin e Leskovar (2020), foram avaliados os efeitos das substâncias húmicas na qualidade das mudas e no desempenho pós-transplante em condições de estresse, com aplicações no tratamento de mudas antes do transplante.

Os resultados mostraram que a dose de 10 mg L⁻¹ proporcionou melhor desenvolvimento inicial das plantas, resultando em maior número de folhas o que favoreceu uma maior taxa de sobrevivência e crescimento após o transplante. Por outro lado, a dose de 200 mg L⁻¹ não apresentou benefícios adicionais, reforçando a hipótese de que a aplicação excessiva de substâncias húmicas pode não trazer ganhos significativos e, em alguns casos, até comprometer o equilíbrio fisiológico da planta.

Também se verificou diminuição no acúmulo de B, Cu, Fe, Mn e Zn, na alface crespa, nos tratamentos T2, com redução nos acúmulos em, respectivamente, 37,25; 39,70; 39,58; 34,24 e 40,29%, e no T4, reduzindo em 29,67; 25,75; 32,23; 37,07 e 35,56%, respectivamente em relação à testemunha (Tabela 4).

Para a alface americana, a redução no acúmulo de micronutrientes na análise foliar em relação à testemunha, no tratamento T2 foi de 1,00%; 4,00% e 25,40% para o B, Cu e Zn, respectivamente; já no T4 a redução desses mesmos nutrientes foi de 6,37; 9,00; 2,44 e 60,21%, respectivamente.

Resultados semelhantes ao do presente estudo são relatados na literatura. Ao avaliar a aplicação de diferentes fontes de B associadas a ácidos fúlvicos na cultura da alface crespa, Ribeiro *et al.* (2022) observaram que a aplicação de B isoladamente ou associado a ácidos fúlvicos não promoveu incrementos significativos no DCau, MSC e MFC. Os autores também observaram que a aplicação isolada de ácidos fúlvicos não promoveu ganho significativo nas variáveis avaliadas, resultados estes semelhantes aos obtidos neste estudo.

A partir desses resultados, observa-se que a aplicação de substâncias húmicas pode ser uma estratégia eficaz para aumentar a produtividade da alface, tanto na fase inicial de desenvolvimento quanto na fase de crescimento após o transplante. Entretanto, é importante considerar que a resposta da cultura às substâncias húmicas pode variar de acordo com a dose aplicada, a tecnologia de aplicação e as condições edafoclimáticas. São necessários estudos adicionais para determinar as doses ideais e os mecanismos fisiológicos envolvidos, garantindo que os benefícios observados possam ser amplamente replicados em diferentes sistemas de produção agrícola.

Sabe-se que os microrganismos *Bacillus aryabhattai* (existente no Auras®) e *Bacillus megaterium* + *Bacillus subtilis* (existentes no BiomaPhos®) têm sido amplamente estudados como uma estratégia sustentável para aumentar a produtividade da cultura da alface, pois são microrganismos conhecidos pelo potencial

na melhoria da absorção de nutrientes, na resistência a estresses abióticos e no biocontrole de fitopatógenos (Silva, 2022).

Tabela 4 - Acúmulo de micronutrientes na massa seca da alface crespa e americana, submetidas a diferentes combinações de aplicação de substâncias húmicas e bioinsumos. Uberaba, MG, 2025

Tratamento	B	Cu	Fe	Mn	Zn
.....µg planta ⁻¹					
Alface crespa					
T1	342,04 a	36,23 a	1023,24 a	2235,64 a	390,46 a
T2	214,60 b	21,85 b	618,23 b	1469,96 b	233,11 b
T3	305,76 a	34,97 a	904,43 a	2092,87 a	346,78 a
T4	240,79 b	26,90 b	693,42 b	1406,78 b	251,60 b
T5	321,46 a	34,65 a	1045,81 a	2080,51 a	365,12 a
T6	307,12 a	34,84 a	977,81 a	2115,35 a	351,09 a
Teste F	6,44**	6,76**	5,70**	4,62**	7,28**
CV (%)	20,85	21,39	26,09	25,7	22,28
Alface americana					
T1	445,00 a	85,62 a	2072,27 a	1268,65 a	641,02 a
T2	297,97 b	81,15 b	1289,82 b	960,66 b	420,92 b
T3	444,74 a	83,05 a	2081,01 a	1491,78 a	600,46 a
T4	152,52 c	32,98 c	722,03 c	428,76 c	183,30 c
T5	464,50 a	113,35 a	2140,72 a	1391,18 a	674,35 a
T6	440,35 a	78,45 a	1921,82 a	1571,95 a	623,26 a
Teste F	13,52**	1,51**	8,48**	11,08**	15,07**
CV (%)	29,43	93,83	37,60	35,61	30,29

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Nota: ns = não significativo ($p > 0,05$); ** = significativo a 5% probabilidade; CV (%) = coeficiente de variação. Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). T1 - Testemunha (sem aplicação), T2 - SHF+ Biomaphós®, T3 - Biomaphós®, T4 - SHF+ Biomaphós® + Auras®, T5 - Biomaphós® + Auras® e T6 - Auras®.

Dentre as espécies do gênero *Bacillus sp.*, o *B. subtilis* é uma das mais estudadas por sua ampla aplicabilidade agrícola. Sua inoculação em alface tem demonstrado benefícios significativos para o desenvolvimento da cultura. Sarti *et al.*

(2023) avaliaram o efeito da inoculação de *B. subtilis* sob a forma de biofilme e observaram incremento de 30% na biomassa aérea e de 37% na biomassa radicular da alface, além de maior eficiência na solubilização de fosfatos e produção de fitormônios. Todavia, nas condições do presente estudo, não foram constatados efeitos dessas aplicações.

Oliveira *et al.* (2023) investigaram a inoculação de *B. subtilis* em sistema hidropônico, resultando em aumento de 20% no número de folhas e de 22-25% na MFC da alface. Além disso, a taxa fotossintética líquida aumentou quase 95%, ou seja, impacto positivo na fisiologia vegetal. O mesmo estudo apontou que a bactéria melhorou a absorção de nutrientes essenciais, como nitrogênio, potássio, cálcio e magnésio, promovendo nutrição mais eficiente.

A espécie *Bacillus megaterium* é amplamente reconhecida por sua capacidade de solubilizar fosfatos. Estudos recentes indicam que essa característica pode beneficiar significativamente o cultivo da alface. Petkova e Dimova (2024) demonstraram que a inoculação de *B. megaterium* resultou na redução da incidência de doenças radiculares e no aumento da absorção de fósforo e zinco, elementos essenciais para o crescimento da alface. No entanto, tais efeitos não foram observados no presente estudo.

Além disso, Ikiz *et al.* (2024) mostraram que a combinação de *B. megaterium* com *B. subtilis* possibilitou redução de até 40% no uso de fertilizantes minerais, sem comprometer a produtividade da alface cultivada em hidroponia. Embora o *Bacillus aryabhatai* tenha sido identificado como promotor de crescimento em culturas como trigo e soja, há uma escassez de estudos específicos sobre seu efeito na alface. Estudos indicam que essa espécie pode atuar na fixação biológica de nitrogênio e na mobilização de nutrientes, favorecendo o crescimento vegetal. No entanto, são necessários novos estudos que validem esses benefícios em condições controladas e de campo para que sua aplicação seja efetiva na cultura da alface.

Porém, no presente estudo, os bioinsumos utilizados não promoveram melhorias nas características agronômicas avaliadas, conforme observado nos tratamentos T3, T5 e T6, e foram prejudiciais nos tratamentos T2 e T4. Isso pode estar relacionado a alguns fatores, como a concentração utilizada não ter sido adequada, pois acredita-se que foi acima da ideal, ou a forma de inoculação não ter sido adequada, pois a maioria dos trabalhos avaliaram a inoculação no solo (Petkova; Dimova, 2024) ou na semente (Sarti *et al.*, 2024) ou durante todo o cultivo via água

de irrigação (hidroponia) (Ikiz *et al.*, 2024; Oliveira *et al.*, 2023), e não em um único momento (imersão por 30 segundos durante o transplante), como no caso deste estudo. Assim, sugere-se que novos estudos sobre a forma de aplicação sejam realizados.

5 CONCLUSÃO

A aplicação dos bioinsumos Biomaphós® e Auras® de forma combinada ou isolada não promoveram incrementos no desenvolvimento, produção e acúmulo de nutrientes.

O diâmetro do caule, a massa seca da cabeça, massa fresca da cabeça e o acúmulo de todos os macros e micronutrientes foram inferiores nos tratamentos com os ácidos húmicos e fúlvicos, em relação à testemunha e aos demais tratamentos com a aplicação isolada ou combinada dos bioinsumos à base de *Bacillus* spp.

A aplicação dos bioinsumos Biomaphós® e Auras® de forma combinada ou isolada não promoveu incrementos no desenvolvimento, produção e acúmulo de nutrientes, tendo em vista que a média de todas as variáveis desses tratamentos foi semelhante à testemunha que não recebeu nenhuma aplicação;

REFERÊNCIAS

- AGROFY NEWS. **Alface: saiba mais sobre a principal hortaliça do Brasil**. Agrofy News, 2023. Disponível em: <https://news.agrofy.com.br/noticia/201589/alface-saiba-mais-principal-hortalica-do-brasil>. Acesso em: 5 abr. 2025.
- AHMED, M. I.; AHMED, Z. F. R.; ALNUAIMI, A. K. H.; ASKRI, A.; TZORTZAKIS, N. Evaluation of Lettuce (*Lactuca sativa* L.) Grown in Organic and Inorganic Nutrient Solutions Using Physiological and Phytochemical Parameters. **Horticulturae**, Basel, v. 7, n. 9, e292, 2021. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7090292>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2311-7524/7/9/292>. Acesso em: 24 jul. 2025.
- ATERO-CALVO, S.; MAGRO, F.; MASETTI, G.; IZQUIERDO-RAMOS, M. J.; NAVARRO-LEÓN, E.; RUIZ, J. M. Humic substances enhance cadmium tolerance in lettuce by enhancing antioxidant activity and photosynthesis performance. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, Berlim, v. 25, n.4, p. 2627-2641, 2025. <https://doi.org/10.1007/s42729-025-02288-0>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s42729-025-02288-0>. Acesso em: 24 jul. 2025.
- ATERO-CALVO, S.; MAGRO, F.; MASETTI, G.; NAVARRO-LEÓN, E.; RIOS, J. J.; RUIZ, J. M. Evaluation of humic substances on lettuce growth and nitrogen use efficiency under low nitrogen conditions. **Agriculture**, Basel, v. 14, n. 9, e1492, 2024. <https://doi.org/10.3390/agriculture14091492>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2077-0472/14/9/1492>. Acesso em: 15 mar. 2025.
- BAI, Y.; ZHOU, Y.; YUE, T.; HUANG, Y.; HE, C.; JIANG, W.; LIU, H.; ZENG, H.; WANG, J. Plant growth-promoting rhizobacteria *Bacillus velezensis* JB0319 promotes lettuce growth under salt stress by modulating plant physiology and changing the rhizosphere bacterial community. **Environmental and Experimental Botany**, Amsterdã, v. 212, n.11, e105066, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2023.105451>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0098847223002460>. Acesso em: 15 mar. 2025.
- BORCIONI, E.; MÓGOR, Á. F.; PINTO, F. Aplicação de ácido fúlvico em mudas influenciando o crescimento radicular e produtividade de alface americana. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 47, n. 3, p. 509-515, 2016. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20160061>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rca/a/sFwwtctbVpkm7tdMc67LBPR/>. Acesso em: 15 mar. 2025.
- CALVO, P.; NELSON, L.; KLOEPPER, J. W. Agricultural uses of plant biostimulants. **Plant and Soil**, Berlim, v.383, n.1-2, p. 3-41, 2014. DOI 10.1007/s11104-014-2131-8. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/262223222_Agricultural_uses_of_plant_bio_stimulants. Acesso em: 15 mar. 2025.

CANELLAS, L. P.; OLIVARES, F. L.; AGUIAR, N. O.; JONES, D. L.; NEBBIOSO, A., MAZZEI, P.; PICCOLO, A. Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. **Scientia Horticulturae**, Amsterdã, v.196, n.3, p.15-27, 2015.

<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.013>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423815301771>. Acesso em: 15 mar. 2025.

CAVALHEIRO, T. R. T.; ALCOFORADO, R. O.; SILVA, V. S. A.; COIMBRA, P. P. S.; MENDES, N. S.; CAVALCANTI, E. D. C.; JURELEVICIUS, D. A.; GONÇALVES, É. C. B. A.. The Impact of Organic Fertilizer Produced with Vegetable Residues in Lettuce (*Lactuca sativa* L.) Cultivation and Antioxidant Activity. **Sustainability**, Basel, v. 13, p. 1-14, 2021. <https://doi.org/10.3390/su13010128>. Disponível em:

<https://www.mdpi.com/2071-1050/13/1/128> .Acesso em: 10 abril 2025.

COLLA, G., ROUPHAEL, Y., CANAGUIER, R., SVECOVA, E.; CARDARELLI, M. Biostimulant action of a plant-derived protein hydrolysate produced through enzymatic hydrolysis. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v.8, e2202, 2017.

<https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00448>. Disponível em:

<https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2014.00448/full>.

Acesso em: 15 mar. 2025.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Boletim Hortigranjeiro**. Brasília, DF: Conab, v. 11, n. 01, jan. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/hortigranjeiros-prohort/boletim-hortigranjeiro/boletins-hortigranjeiros-2025/boletim-hortigranjeiro-janeiro-2025.pdf>. Acesso em: 10 abril 2025.

DU JARDIN, P. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. **Scientia Horticulturae**, Basel, v.196, n.7, p.3-14, 2015.

<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423815301850>. Acesso em: 10 abril 2025.

EMPRESA DE PESQUISA BRASILEIRA AGROPECUÁRIA **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p. Reimpressão: 2014. ISBN 978-85-7383-430-7. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/330496>. Acesso em: 10 abril 2025.

FAQUIN, V.; FURLANI NETO, A. E.; VILELA, L. A. A. **Produção de alface em hidroponia**. Lavras: UFLA, 1996. 50 p. Disponível em:

https://dcs.ufla.br/images/imagens_dcs/pdf/Prof_Faquin/PCS%20503%20Exercicios%20HidroPGrad%202011.pdf. Acesso em: 10 abril 2025.

FERRAZZA, S. R.; AGUIAR, E. B.; BONO, J. A. M.; MATIAS, R. M.; CORRÊA, B. O.; SILVA OLIVEIRA, A. S. O.; SAUER, A. V.; PEDRINHO, D. R. Cultivo de alface americana com o uso de biofertilizantes sobre coberturas vegetais. **Ensaios e Ciência**, Londrina, v. 28, n. 1, p. 138-143, 2024. <https://doi.org/10.17921/1415-6938.2024v28n1p138-143>. Disponível em:

<https://ensaioseciencia.pgsscogna.com.br/ensaioseciencia/article/view/11001>. Acesso em: 10 abril 2025.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**. Viçosa: UFV, 2008. Disponível em:

[https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=995452&biblioteca=vazio&busca=\(autoria:%22FILGUEIRA,%20F.%20A.%20R.%22\)&qFacets=\(autoria:%22FILGUEIRA,%20F.%20A.%20R.%22\)&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1](https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=995452&biblioteca=vazio&busca=(autoria:%22FILGUEIRA,%20F.%20A.%20R.%22)&qFacets=(autoria:%22FILGUEIRA,%20F.%20A.%20R.%22)&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1)Acesso em: 10 abril 2025.

GHIMIREY, V.; CHAURASIA, J.; ACHARYA, N.; DHUNGANA, R.; CHAURASIYA, S.. Biofertilizers: A sustainable strategy for enhancing physical, chemical, and biological properties of soil. **Innovations in Agriculture**, Sofia, v. 7, n.12, p. 1-11,2024.

<https://doi.org/10.3897/ia.2024.128697>. Disponível em:

<https://innovationsagriculture.pensoft.net/article/128697/>. Acesso em: 17 abr. 2025.

HERNANDEZ, O. L.; CALDERÍN, A.; HUELVA, R.; MARTÍNEZ-BALMORI, D.; GURIDI, F.; AGUIAR, N. O.; OLIVARES, F. L.; CANELLAS, L. P. Humic substances from vermicompost enhance urban lettuce production. **Agron. Sustain. Dev.**, Paris, v.5, n. 35, p.225-232, 2015. <https://doi.org/10.1007/s13593-014-0221-x>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13593-014-0221-x>. Acesso em 15 mar. 2025.

IKIZ, B.; DASGAN, H. Y.; GRUDA, N. S. Utilizing the power of plant growth promoting rhizobacteria on reducing mineral fertilizer, improved yield, and nutritional quality of Batavia lettuce in a floating culture **Scientific Reports**, Londres, v.14, n. 1616, p.1-12, 2024. . <https://doi.org/10.1038/s41598-024-51818-w>. Disponível em: <http://nature.com/articles/s41598-024-51818-w>. Acesso em: 5 abr. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção de alface no Brasil**. Brasília: IBGE,2017. Disponível em:

<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/alface/br>. Acesso em: 5 abr. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Inverno/2024: confirma a previsão para a estação!** Brasília: INMET, 2024. Disponível em:

<https://portal.inmet.gov.br/noticias/inverno-2024-confirma-a-previs%C3%A3o-para-a-esta%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 28 maio 2025.

JESUS, G. V. C. de. **Avaliação do efeito de bactérias solubilizadoras de fosfato no desenvolvimento de alface**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, São Paulo, 2022. Disponível em:

<https://brt.ifsp.edu.br/phocadownload/userupload/213354/IFMAG230005%20TCC%20Guilherme%20Vinicius%20Costa%20de%20Jesus.pdf>. Acesso em: 28 maio 2025.

LÜDTKE, A. C.; DICK, D. P.; MOROSINO, L.; KRAEMER, V. Productivity of lettuce in greenhouse as affected by humic and fulvic acids application in association to mineral fertilizer. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 39, p. 444-450, 2021. DOI:

<http://dx.doi.org/10.1590/s0102-0536-20210414>. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/hb/a/DRKrMTjZyK7kFRPv8FnC58k/>. Acesso em: 28 maio 2025.

MACHADO, F. R. **Inoculação de bactérias promotoras de crescimento na cultura da alface**. 2021. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2021. Disponível em: <https://tede.unioeste.br/handle/tede/5734>. Acesso em: 16 mar. 2025.

MARTIN NETO, L.; TADINI, A. M.; BENTO, L. R.; SANTOS, J. V. DE; MILORI, D. M. B. P. Estrutura e natureza química da matéria orgânica do solo. *In*: SANTOS, G. A. et al. (org.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais**. 2. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2008. cap. 2, p. 29-62. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1154932/1/P-Estrutura-e-natureza-quimica-da-materia-organica-do-solo.pdf>. Acesso em: 5 abr. 2025.

MARTINS, H. A. **Mudas de alface americana com bioestimulante líquido**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Faculdade Dr. Francisco Maeda, Fundação Educacional de Ituverava, Ituverava, 2022. Disponível em: https://sip.prg.ufla.br/publico/trabalhos_conclusao_curso/acessar_tcc_por_curso/agronomia/index.php?dados=20222201711832. Acesso em: 24 jul. 2025.

MEIRELLES, A. F. M.; BALDOTTO, M. A.; BALDOTTO, L. E. B. Produtividade da alface (*Lactuca sativa* L.) em resposta à aplicação de ácidos húmicos e bactérias diazotróficas, em condições de campo. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 64, n. 5, p. 523-529, 2017. <https://doi.org/10.1590/0034-737X201764050014>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rceres/a/WcC5nwFQnZbFVzCCCQwzbPc/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 24 jul. 2025.

MONTANHA, Y. G. A.; NARIMATSU, K. C. P.; SILVA, R. L. S.; RECCO, C. R. S. B.; RODRIGUES, G. B. Influência do composto orgânico Bokashi no desenvolvimento da alface americana (*Lactuca sativa* L.). **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, São Paulo, v. 8, n. 7, 2022. <https://doi.org/10.51891/rease.v8i7.6279>. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/6279>. Acesso em: 24 jul. 2025.

NASCIMENTO, A. S. do; SILVA, R. H. da; ECHER, M. de M.; COUTINHO, P. W. R.; KLEIN, D. K. Desempenho produtivo e bioquímico de alface crespa sob diferentes ambientes de cultivo. **Scientia Plena**, São Cristóvão, v. 17, n. 11, 2021. <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2021.491101>. Disponível em: <https://www.scientiaplenu.org.br/sp/article/view/6203>. Acesso em: 28 maio 2025.

OLIVARES, F. L.; AGUIAR, N. O.; ROSA, R. C.; PEREIRA, R. P.; CANELLAS, L. P. Substrate biofortification in combination with foliar sprays of plant growth promoting bacteria and humic substances boosts production of organic tomatoes. **Scientia Horticulturae**, Amsterdã, v.256, n.6, p.130-139, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.11.012>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423814006323>. Acesso em: 28 maio 2025.

OLIVEIRA, C. E. S.; JALAL, A.; AGUILAR, J. V.; CAMARGOS, L. S.; ZOZ, T.; GHALEY, B. B.; ABDEL-MAKSoud, M. A.; ALARJANI, K. M.; ABDELGAWAD, H.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.. Yield, nutrition, and leaf gas exchange of lettuce plants in a hydroponic system in response to *Bacillus subtilis* inoculation. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v.14, n. 14, p.1-10, 2023.

<https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1248044> .Disponível em:

<https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2023.1248044/full>. Acesso em: 28 maio 2025.

PEREIRA, S. B. C. **Impacto do hidrogel na redução da necessidade de irrigação no cultivo de alface (*Lactuca sativa* L.)**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Escola Politécnica e de Artes, Goiânia, 2024. Disponível em:

https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/bitstream/123456789/8552/1/TCC_Sara_Correa_Corrigido_assinado%20%281%29.pdf. Acesso em: 28 maio 2025.

PETKOVA, M.; DIMOVA, M. Biological Control of Lettuce Drop (*Sclerotinia minor* Jagger) Using Antagonistic *Bacillus* Species. **Applied Microbiology**, Basel, v.4, n.3, p. 1283-1293, 2024. <https://doi.org/10.3390/applmicrobiol4030088> .Disponível em: <https://www.mdpi.com/2673-8007/4/3/88>. Acesso em: 28 maio 2025.

QUIN, K.; LESKOVAR, D. Humic substances improve vegetable seedling quality and post-transplant yield performance under stress conditions. **Agriculture**, Basel, v. 10, n. 7, e254, 2020. <https://doi.org/10.3390/agriculture10070254>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2077-0472/10/7/254>. Acesso em: 15 mar. 2025.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação. Viçosa, MG: **Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais**, 1999. Disponível em:

[https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=324081&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22ALVAREZ%20V.,%20V.H.%20\(Ed.\).%22&qFacets=autoria:%22ALVAREZ%20V.,%20V.H.%20\(Ed.\).%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1](https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=324081&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22ALVAREZ%20V.,%20V.H.%20(Ed.).%22&qFacets=autoria:%22ALVAREZ%20V.,%20V.H.%20(Ed.).%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1). Acesso em: 15 mar. 2025.

RIBEIRO, V. M.; FRANCO JÚNIOR, K. S.; BRIGANTE, G. P. Avaliação de diferentes fontes de boro associado a ácidos fúlvicos na cultura da alface. **Research, Society and Development**, São Paulo, v. 11, n. 16, e126111638101, 2022.

<https://doi.org/10.33448/rsd-v11i16.38101>. Disponível em:

<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/38101> Acesso em: 15 mar. 2025.

RODRIGUES, L. U.; SILVA, R. R. da; FREITAS, G. A. de; TAVARES, C. Ácidos húmicos no desenvolvimento inicial de alface. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava, v. 11, n.4, p. 101-109, 2020.

10.5935/PAeT.V11.N2.11. Disponível em:

<https://revistas.unicentro.br/index.php/repaa/article/download/4822/3685>. Acesso em: 15 mar. 2025.

ROUPHAEL, Y.; COLLA, G. Synergistic biostimulatory action: designing the next generation of plant biostimulants. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 11, n.9, e 1655, 2020. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01655>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2018.01655/full>. Acesso em: 15 mar. 2025.

SALA, F. C.; COSTA, C. P. Retrospectiva e tendência da alfaceicultura brasileira. **Horticultura Brasileira**, São Paulo, v.30, n.2, p.187-194, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362012000200002>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/CBjR93vn5NKt4Z9BLMWWYDJ/?lang=pt>. Acesso em: 15 mar. 2025.

SANTOS, W. G. dos; ALVES JÚNIOR, M.; SILVA, S. A. S. da; SILVA, R. M. da; ARAÚJO, A. Utilização de bioinsumos e adubos orgânicos na produção de alface cv. Vanda. **Brazilian Journal of Development**, São José dos Pinhais, v.11, n.2, p.1-11, 2025. <https://doi.org/10.34117/bjdv11n2-002>. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/77252>. Acesso em: 15 mar. 2025.

SARTI, G. C.; GALELLI, M. E.; ARREGHINI, S.; PAZ-GONZÁLEZ, A. Inoculation with biofilm of *Bacillus subtilis* promotes the growth of *Lactuca sativa*. **Preprints**, Basel, v.11, n.21,e15406, 2023. <https://doi.org/10.3390/su152115406>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/21/15406>. Acesso em: 24 jul. 2025.

SILVA, R.R.C. *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium* no crescimento inicial de melancia 'Sugar Baby'. **Research Society and Development**, Itabira, v. 11, n. 13, p.1-13, 2022. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i13.35034>. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/35034>. Acesso em: 24 jul. 2025.

STOJANOVIĆ, M.; PETROVIĆ, I.; ŽUŽA, M.; JOVANOVIĆ, Z.; MORAVČEVIĆ, Đ.; CVIJANOVIĆ, G.; SAVIĆ, S. The productivity and quality of *Lactuca sativa* as influenced by microbiological fertilizers and seasonal conditions. **Zemdirbyste-Agriculture**, Akademija, v. 107, n. 4, p. 345-352, 2020. DOI 10.13080/z-a.2020.107.044 .Disponível em: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20203481208>. Acesso em: 16 abr. 2025.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (orgs.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1085209>. Acesso em: 16 abr. 2025.

VILELA, N. J.; LUENGO, R. F. A. Produção de Hortaliças Folhosas no Brasil. **Campo & Negócios**, Hortifruti, Uberlândia, ano XII, n. 146, ago 2017. Disponível em: <https://camponegocios.com/produto/assinatura-revista-camponegocios-hortifruti-somente-digital-periodo-2-anos/> Acesso em: 16 abr. 2025.

YURI, J. E.; MOTA, J. H.; RESENDE, G. M. de; SOUZA, R. J. de. Nutrição e adubação da alface. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, São Paulo, v. 38, p. 35-44, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1044447/nutricao-e-adubacao-da-cultura-da-alface>. Acesso em: 16 abr. 2025.

ZANDONADI, D. B.; SANTOS, M. P.; BUSATO, J. G.; SOUZA, L. Plant physiology as affected by humified organic matter. **Theoretical and Experimental Plant Physiology**, Cham, v.26, p.13-22, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/txpp/a/N5WkJPCFMpjPFhrz4gBST5Q/>. Acesso em: 16 abr. 2025.