

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS
***CAMPUS* LAGOA DA CONFUSÃO – TO**
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA AGRONÔMICA

ERIC ALVES CAMPOS

EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DO FERTILIZANTE ENCAPSULADO CAP_PLANT NO
CULTIVO DA ALFACE AMERICANA (*Lactuca sativa* L. var. *capitata*)

Lagoa da Confusão – TO

2026

Eficiência Agronômica do Fertilizante Encapsulado Cap_Plant no Cultivo da Alface Americana
(*Lactuca sativa L. var. capitata*)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia Agrônômica do
Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Tocantins – Campus Lagoa da
Confusão, como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em Engenharia
Agrônômica.

Orientador: Dr. Reinaldo Ferreira Medeiros

Lagoa Da Confusão - TO

2026

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

C198c Campos, Ercivalves
Eficiência agrônômica do fertilizante encapsulado Cap Plant no cultivo da alface americana (*Lactuca sativa* L. var. capitata) / Ercivalves Campos. – Lagoa da Confusão, TO, 2026.
30 f. : il. color.

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

Orientador: Dr. Reinaldo Ferreira Medeiros

1. alface americana. 2. adubação. 3. fertilizante encapsulado. I. Ferreira Medeiros, Reinaldo. II. 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
Reitoria
Lagoa da Confusão

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DO FERTILIZANTE ENCAPSULADO CAP_PLANT NO CULTIVO DA ALFACE AMERICANA (*Lactuca sativa* L. var. capitata)"

AUTOR: Eric Alves Campos

ORIENTADOR: Reinaldo Ferreira Medeiros

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

Aprovado em 14 de agosto de 2026.



Documento assinado eletronicamente por **Liomar Borges de Oliveira, Servidor**, em 17/08/2026, às 15:35, 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 **Juliano Magalhães Barbosa, Servidor**, em 17/08/2026, às 18:29, 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 **Reinaldo Ferreira Medeiros, Diretor-Geral**, em 17/08/2026, às 20:06, 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.ifto.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **3278130** e o código CRC **71DBB75A**.

Rua 02, Quadra 05A, Lote 01, Setor Lagoa da Ilha — CEP 77.493-000 — Lagoa da Confusão/TO
portal.ifto.edu.br — reitoria@ifto.edu.br

Referência: Processo nº 23235.016514/2026-76

SEI nº 3278130

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela força, sabedoria e perseverança concedidas ao longo desta caminhada, permitindo-me superar os desafios e chegar à conclusão desta importante etapa da minha formação.

À minha família, pelo apoio, incentivo e compreensão durante toda a trajetória acadêmica, especialmente nos momentos de maior dificuldade e dedicação aos estudos.

Ao meu orientador, Dr. Reinaldo Ferreira Medeiros, pela orientação, disponibilidade, conhecimentos compartilhados e contribuições fundamentais para o desenvolvimento e conclusão deste Trabalho de Conclusão de Curso.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins – Campus Lagoa da Confusão, aos professores do curso de Engenharia Agrônômica e a todos os profissionais que contribuíram para minha formação acadêmica e profissional.

Aos colegas e amigos que estiveram presentes durante essa trajetória, pelo companheirismo, apoio e pelas experiências compartilhadas ao longo da graduação.

Por fim, agradeço a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho e para a conclusão desta etapa da minha vida acadêmica.

RESUMO

A adubação adequada é fundamental para o desenvolvimento e a produtividade da alface, sendo importante a avaliação de tecnologias que possam simplificar o manejo e proporcionar maior padronização na aplicação de fertilizantes. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência agrônômica do fertilizante encapsulado Cap_Plant no cultivo da alface americana (*Lactuca sativa* L. var. *capitata*), comparando seu desempenho com um fertilizante mineral comercial e um tratamento testemunha. O experimento foi conduzido em campo aberto, no município de Lagoa da Confusão, Tocantins, em delineamento em blocos casualizados, com quatro blocos e três tratamentos: testemunha, fertilizante mineral comercial e fertilizante encapsulado Cap_Plant. Foram avaliados o diâmetro da roseta, o número de folhas e a massa fresca da parte aérea. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. O diâmetro da roseta apresentou diferença significativa entre os tratamentos, com maior média para o Cap_Plant (30,27 cm), enquanto o fertilizante comercial apresentou 27,92 cm e a testemunha 26,02 cm. Para o número de folhas e a massa fresca, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos. Na comparação direta entre os fertilizantes Cap_Plant e fertilizante comercial, não houve diferença estatística para nenhuma das variáveis avaliadas. Conclui-se que, nas condições deste experimento, o fertilizante encapsulado Cap_Plant apresentou desempenho agrônômico semelhante ao fertilizante mineral comercial no cultivo da alface americana.

Palavras-chave: alface americana; adubação; fertilizante encapsulado; nutrição vegetal; manejo nutricional.

ABSTRACT

Adequate fertilization is essential for lettuce development and productivity, making it important to evaluate technologies that can simplify management and provide greater standardization in fertilizer application. This study aimed to evaluate the agronomic efficiency of the encapsulated fertilizer Cap_Plant in iceberg lettuce (*Lactuca sativa* L. var. capitata) cultivation, comparing its performance with a commercial mineral fertilizer and a control treatment. The experiment was conducted under open-field conditions in the municipality of Lagoa da Confusão, Tocantins, Brazil, using a randomized complete block design with four blocks and three treatments: control, commercial mineral fertilizer, and Cap_Plant encapsulated fertilizer. Rosette diameter, number of leaves, and shoot fresh mass were evaluated. Data were subjected to analysis of variance, and means were compared using Tukey's test at a 5% probability level. Rosette diameter differed significantly among treatments, with the highest mean observed for Cap_Plant (30.27 cm), followed by the commercial mineral fertilizer (27.92 cm) and the control (26.02 cm). No significant differences among treatments were observed for number of leaves or fresh mass. In the direct comparison between Cap_Plant and the commercial mineral fertilizer, no statistically significant differences were detected for any of the evaluated variables. Under the conditions of this experiment, the encapsulated fertilizer Cap_Plant showed agronomic performance similar to that of the commercial mineral fertilizer in iceberg lettuce cultivation.

Keywords: iceberg lettuce; fertilization; encapsulated fertilizer; plant nutrition; nutrient management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Aplicação de calcário e preparo do solo na área experimental	15
Figura 2 – Croqui do delineamento experimental e distribuição dos tratamentos na área experimental	17
Figura 3 – Transplântio de mudas de alface americana na área experimental	20
Figura 4 – Fertilizantes utilizados nos tratamentos experimentais	22
Figura 5 – Procedimentos realizados para avaliação das características biométricas das plantas de alface americana	23
Figura 6 – Médias de diâmetro da roseta, número de folhas e massa fresca nos diferentes tratamentos	25
Figura 7 – Correlações entre as variáveis diâmetro da roseta, número de folhas e massa fresca das plantas de alface avaliadas no experimento	27
Figura 8 – Distribuição do diâmetro da roseta, número de folhas e massa fresca das plantas de alface nos diferentes tratamentos	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Formulação da mistura fertilizante utilizada na preparação das cápsulas Cap_Plant (formulação verde/folhas)	18
Tabela 2 – Composição garantida do fertilizante encapsulado Cap_Plant	19
Tabela 3 – Garantias nutricionais do adubo comercial utilizado no experimento	19
Tabela 4 – Resumo da análise de variância para diâmetro da roseta (DR), número de folhas (NF) e massa fresca (MF) de alface submetida a diferentes fertilizantes	24
Tabela 5 – Diâmetro da roseta, número de folhas e massa fresca de plantas de alface submetidas a diferentes tratamentos de adubação	25

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Descrição dos tratamentos utilizados no experimento

21

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA – Análise de variância
CV – Coeficiente de variação
DBC – Delineamento em blocos casualizados
DMS – Diferença mínima significativa
DR – Diâmetro da roseta
IAC – Instituto Agrônomo
MF – Massa fresca
NF – Número de folhas
UBS – Unidade de Beneficiamento de Sementes e Grãos

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. JUSTIFICATIVA.....	12
3. OBJETIVO.....	13
3.1. Objetivo Geral.....	13
3.2. Objetivos Específicos.....	13
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	14
4.1. Local de condução do experimento.....	14
4.2. Preparo e implantação da área experimental.....	14
4.3. Delineamento experimental.....	15
4.4. Material vegetal.....	17
4.5. Caracterização dos fertilizantes utilizados.....	17
4.6. Implantação e condução do experimento.....	18
4.7. Tratamentos.....	20
4.8. Avaliações.....	21
4.9. Análise estatística.....	22
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	23
6. CONCLUSÃO.....	27
REFERÊNCIAS.....	28

1. INTRODUÇÃO

A alface americana (*Lactuca sativa* L. var. *capitata*) destaca-se entre as principais hortaliças folhosas produzidas e consumidas no Brasil. Sua importância econômica está relacionada à elevada aceitação pelo mercado consumidor, ao rápido ciclo de produção e à ampla utilização na alimentação humana. Além disso, apresenta características que favorecem a comercialização, como maior resistência ao transporte e à conservação pós-colheita quando comparada a outros grupos de alface, tornando-se amplamente utilizada por produtores e estabelecimentos do setor alimentício (Augusto et al., 2022).

A adubação constitui uma das práticas de manejo mais importantes para a obtenção de elevados índices produtivos na cultura da alface. Entretanto, a aplicação correta dos fertilizantes pode representar uma dificuldade para parte dos produtores, especialmente quando há necessidade de determinar doses, frequências de aplicação e formulações específicas para cada fase de desenvolvimento das plantas. Erros nesse processo podem comprometer o aproveitamento dos nutrientes e reduzir a eficiência da fertilização (Tavares et al., 2019).

Diante desse cenário, observa-se a necessidade de tecnologias que contribuam para simplificar o manejo da adubação, tornando a aplicação dos fertilizantes mais prática e proporcionando melhor gestão dos insumos utilizados na produção agrícola. Soluções que permitam maior padronização das doses aplicadas podem auxiliar tanto horticultores experientes quanto produtores da agricultura familiar e pessoas com menor conhecimento técnico, reduzindo erros operacionais e facilitando o fornecimento adequado de nutrientes às culturas.

Nesse contexto, o Cap_Plant foi idealizado e desenvolvido pelo professor Dr. Reinaldo Ferreira Medeiros, em Lagoa da Confusão, Tocantins, com a finalidade de simplificar a dosagem e a aplicação de fertilizantes. O sistema utiliza cápsulas contendo fertilizantes previamente dosados, aplicadas diretamente ao solo, proporcionando maior simplicidade e padronização da adubação.

Apesar do potencial do Cap_Plant, ainda são limitadas as informações científicas sobre sua eficiência agrônômica. Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar o fertilizante encapsulado Cap_Plant no cultivo da alface americana (*Lactuca sativa* L. var. *capitata*), comparando seu desempenho com um fertilizante comercial e um tratamento testemunha, por meio da avaliação da massa fresca, número de folhas e diâmetro da roseta.

2. JUSTIFICATIVA

A produção de alface americana depende de práticas de manejo adequadas para que as plantas expressem seu potencial produtivo, sendo a adubação um dos fatores mais importantes para o desenvolvimento da cultura. A disponibilidade adequada de nutrientes influencia diretamente características agronômicas relacionadas ao crescimento, produção de biomassa e qualidade comercial das plantas, tornando o manejo nutricional uma etapa fundamental para o sucesso da produção (Tavares et al., 2019).

Embora os fabricantes de fertilizantes comerciais disponibilizem recomendações de uso, muitas delas são expressas em unidades de área e exigem que o produtor realize cálculos de dosagem, conversões de medidas e procedimentos de pesagem para determinar a quantidade correta a ser aplicada.

Nesse contexto, o fertilizante encapsulado Cap_Plant surge como uma alternativa voltada à simplificação do manejo nutricional das culturas. A tecnologia utiliza cápsulas contendo doses previamente definidas de fertilizante, permitindo a aplicação direta no solo sem a necessidade de cálculos, pesagens ou adaptações das recomendações de uso. Para hortaliças, sua recomendação consiste na aplicação de uma cápsula por planta em intervalos semanais, favorecendo a padronização da adubação e tornando o processo mais simples e acessível a diferentes perfis de produtores.

Além da praticidade operacional, a utilização de doses previamente definidas pode contribuir para uma maior uniformidade na aplicação dos fertilizantes, reduzindo variações decorrentes de erros de medição e distribuição do produto. Dessa forma, a tecnologia apresenta potencial para facilitar o manejo da adubação, especialmente em sistemas produtivos onde a simplicidade e a padronização das operações constituem fatores importantes para a condução da cultura.

Apesar das vantagens operacionais propostas pelo sistema encapsulado, é necessário verificar se a simplificação do manejo é acompanhada por desempenho agronômico satisfatório. Assim, este estudo justifica-se pela necessidade de gerar informações técnicas sobre a eficiência do fertilizante encapsulado Cap_Plant no cultivo da alface americana, contribuindo para a avaliação de uma tecnologia desenvolvida no município de Lagoa da Confusão – TO e para o desenvolvimento de alternativas que possam facilitar o manejo da adubação na produção de hortaliças.

3. OBJETIVO

3.1. Objetivo Geral

Avaliar a eficiência agronômica do fertilizante encapsulado Cap_Plant no cultivo da alface americana (*Lactuca sativa L. var. capitata*), comparando seu desempenho com um fertilizante comercial.

3.2. Objetivos Específicos

- Avaliar a massa fresca das plantas de alface americana submetidas aos diferentes tratamentos.
- Avaliar o número de folhas das plantas submetidas aos diferentes tratamentos.
- Determinar o diâmetro da roseta das plantas de alface americana.
- Comparar o desempenho agronômico do fertilizante encapsulado Cap_Plant em relação ao fertilizante comercial.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Local de condução do experimento

O experimento foi conduzido em campo aberto na Unidade de Beneficiamento de Sementes e Grãos Diamante (UBS Diamante), localizada no município de Lagoa da Confusão, estado do Tocantins, nas coordenadas geográficas 10°47'54,5"S e 49°37'58,8"W. A região apresenta clima tropical do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen, caracterizado por duas estações bem definidas: uma chuvosa, compreendida entre os meses de outubro e abril, e outra seca, entre maio e setembro, com temperaturas elevadas ao longo do ano (Alvares et al., 2013).

Embora inserida em uma área destinada à produção de hortaliças, a faixa utilizada para a implantação do experimento ainda não havia sido cultivada anteriormente, não apresentando residual de adubações provenientes de plantios anteriores.

4.2. Preparo e implantação da área experimental

Previamente à implantação do experimento, a área de cultivo, com dimensões de 4 × 20 m (80 m²), foi submetida às operações de correção e preparo do solo. Em 11 de abril de 2026, realizou-se a calagem da área com aplicação de aproximadamente 16 kg de calcário, correspondente à dose de 2 t ha⁻¹, distribuídos uniformemente sobre o solo. Em seguida, o corretivo foi incorporado à camada superficial, a aproximadamente 15 a 20 cm de profundidade, com o auxílio de um mini trator da marca Toyama. A dose de calcário adotada baseou-se em recomendações gerais para implantação de hortas na ausência de análise química do solo (Cantarella et al., 2022). As operações de aplicação do calcário e preparo do solo são apresentadas na Figura 1.

Figura 1 – Aplicação de calcário e preparo do solo na área experimental.



Legenda: (A) Preparo do solo com motocultivador após a aplicação de calcário; (B) aplicação de calcário na área experimental.

Fonte: Acervo do autor (2026).

Posteriormente, durante o levantamento dos canteiros, foi aplicado composto orgânico previamente produzido e maturado, obtido a partir da compostagem de esterco bovino, grama esmeralda, palha de feijão seca, palha de feijão parcialmente decomposta e casca de arroz. Em cada canteiro foram distribuídos aproximadamente 600 kg de composto orgânico, correspondentes a cerca de 20 viagens de carrinho de mão, considerando-se uma carga média estimada de 30 kg por viagem. O material foi incorporado uniformemente ao solo durante o preparo da área, proporcionando condições iniciais homogêneas de fertilidade para todos os tratamentos.

O preparo final da área foi concluído em 9 de maio de 2026, com a construção de dois canteiros apresentando largura útil de 1,00 m, comprimento de 20,00 m e aproximadamente 15 cm de altura, permanecendo a área apta para a implantação do experimento e o posterior transplântio das mudas de alface americana.

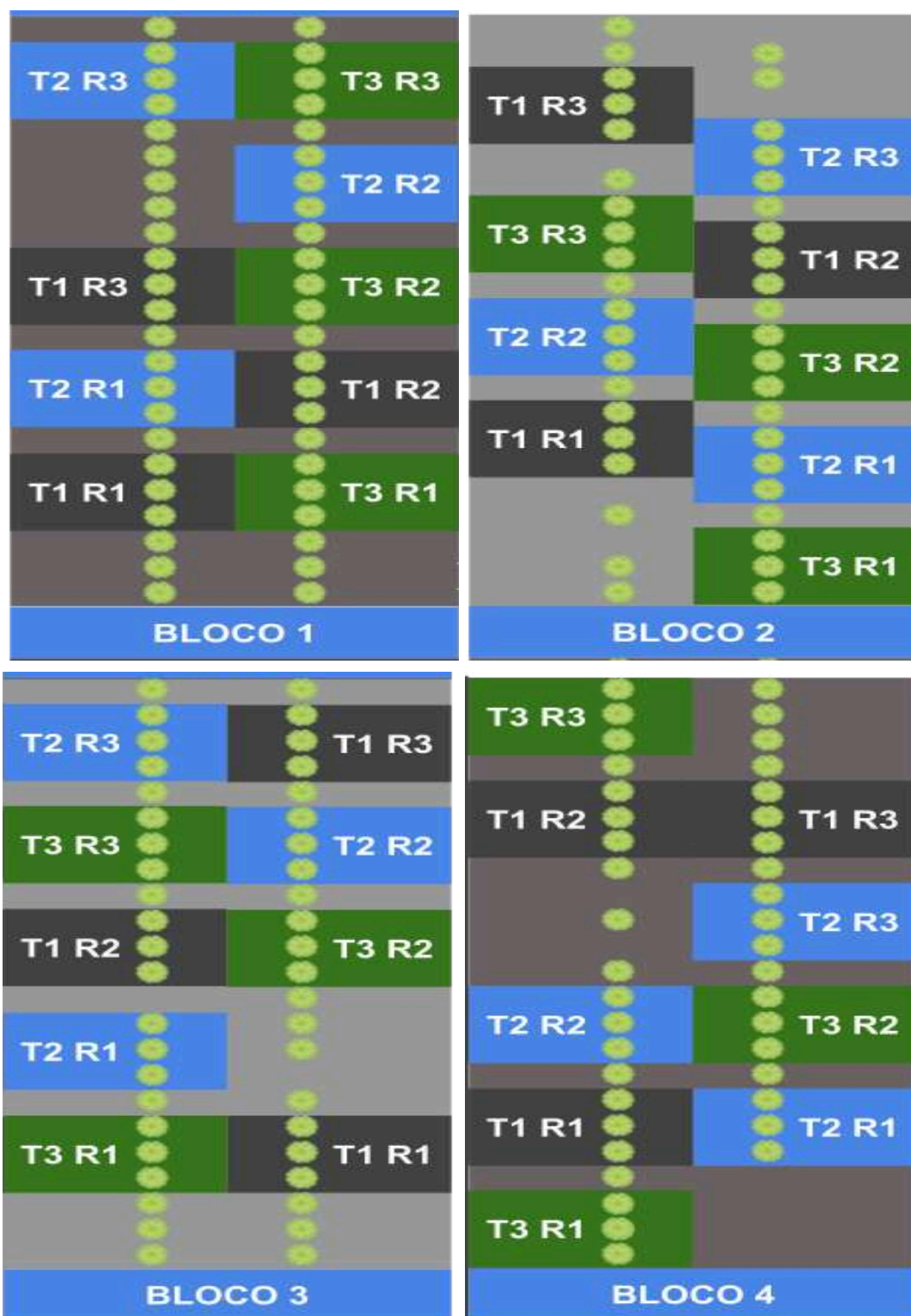
4.3. Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados (DBC), constituído por quatro blocos e três tratamentos. Em cada bloco, cada tratamento foi representado por três parcelas experimentais, totalizando nove parcelas por bloco e 36 parcelas no experimento. Cada parcela foi constituída por três plantas de alface americana, identificadas como P1, P2 e P3, totalizando 108 plantas. As plantas foram avaliadas individualmente, e a média dos seus valores foi utilizada para representar a respectiva parcela experimental nas análises estatísticas. A distribuição dos tratamentos e das parcelas dentro de cada bloco foi realizada por sorteio, visando minimizar a influência da variabilidade ambiental.

Cada parcela experimental foi constituída por três plantas de alface americana, totalizando 108 plantas distribuídas na área experimental. As plantas foram conduzidas em espaçamento de 0,40 m entre plantas e 0,50 m entre linhas, mantendo-se intervalo de 1,0 m entre os canteiros para facilitar as operações de manejo e a condução do experimento.

As plantas pertencentes a cada parcela foram identificadas individualmente como P1, P2 e P3. As avaliações foram realizadas separadamente em cada planta e, posteriormente, foi calculada a média dos valores obtidos, sendo esta utilizada para representar a parcela experimental nas análises dos resultados. A disposição dos blocos, das parcelas experimentais e dos tratamentos na área é apresentada na Figura 2.

Figura 2 – Croqui do delineamento experimental e distribuição dos tratamentos na área experimental.



Legenda: T1 – Testemunha; T2 – fertilizante comercial; T3 – Cap_Plant; R1, R2 e R3 – repetições.
 Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

4.4. Material vegetal

Foram utilizadas mudas comerciais de alface americana (*Lactuca sativa* L. var. *capitata*), cultivar Silvana, da empresa Sakata, adquiridas de produtor comercial localizado no município de Palmas, estado do Tocantins. No momento do transplante, realizado em 1º de junho de 2026, as mudas apresentavam aproximadamente 20 dias de idade, desenvolvimento uniforme e condições fitossanitárias adequadas, sendo consideradas aptas para o transplante em campo.

4.5. Caracterização dos fertilizantes utilizados

Foram utilizados dois fertilizantes durante a condução do experimento. O primeiro consistiu no fertilizante encapsulado Cap_Plant, acondicionado em cápsulas gelatinosas tamanho 00, com massa aproximada de 1 g por unidade, desenvolvido para aplicação direta no solo. Para a cultura da alface, o sistema de aplicação adotado consistiu na utilização de uma cápsula por planta, em intervalos semanais. A formulação utilizada no experimento é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 - Formulação da mistura fertilizante utilizada na preparação das cápsulas Cap_Plant (formulação verde/folhas)

Matéria-prima	Quantidade (g por 200 g de mistura)
Ureia $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	100
Sulfato de potássio K_2SO_4	52
Fosfato monoamônico (MAP) $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	40
Corante verde	8
Total	200

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em informações fornecidas pelo desenvolvedor do fertilizante Cap_Plant (2026).

O segundo utilizado foi o fertilizante comercial mineral misto, destinado à adubação de hortaliças, empregado conforme as recomendações de uso do fabricante. Esse produto foi utilizado como tratamento comparativo ao fertilizante encapsulado Cap_Plant. As composições garantidas do Cap_Plant e do fertilizante comercial são apresentadas nas Tabelas 2 e 3, respectivamente.

Tabela 2 - Composição garantida do fertilizante encapsulado Cap_Plant

Nutriente	Garantia (%)
Nitrogênio (N)	25
Fósforo (P ou P_2O_5)	12
Potássio (K ou K_2O)	14
Enxofre (S)	5

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em informações fornecidas pelo desenvolvedor do fertilizante Cap_Plant (2026).

Tabela 3 - Garantias nutricionais do adubo mineral fertilizante comercial utilizado no experimento

Nutriente	Garantia (%)
Nitrogênio (N)	15
Fósforo (P ou P_2O_5)	5
Potássio (K ou K_2O)	10
Cálcio (Ca)	1
Magnésio (Mg)	1
Enxofre (S)	3
Boro (B)	0,06
Cobre (Cu)	0,05
Ferro (Fe)	0,2
Manganês (Mn)	0,05
Molibdênio (Mo)	0,005
Zinco (Zn)	0,15

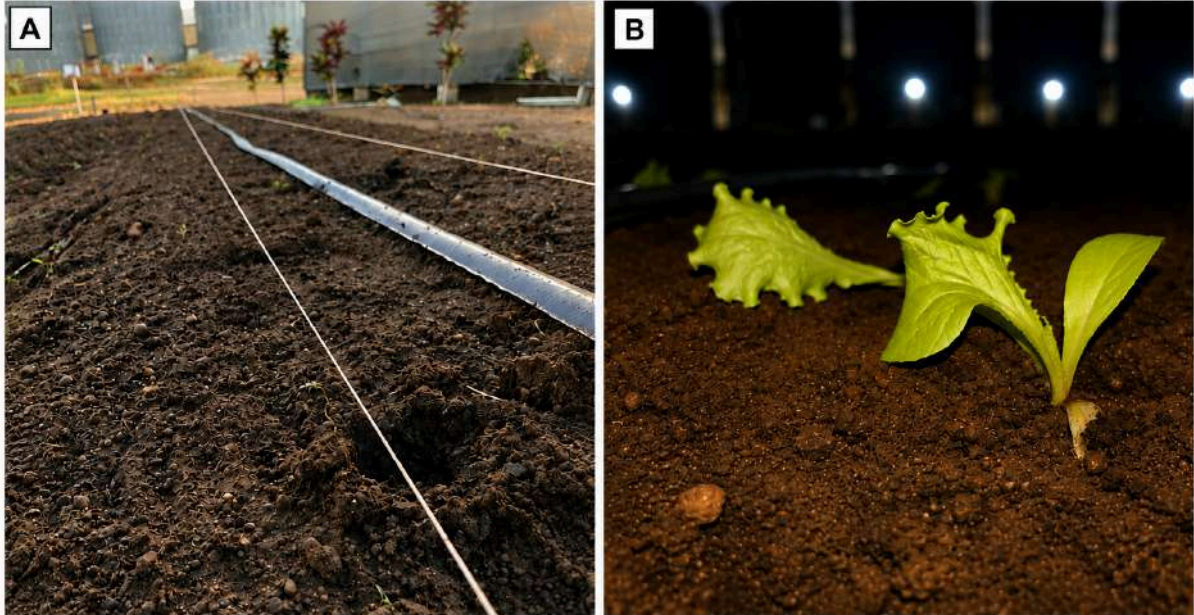
Fonte: fertilizante comercial (fabricante).

4.6. Implantação e condução do experimento

O transplântio das mudas de alface americana foi realizado em 1º de junho de 2026, utilizando mudas com aproximadamente 20 dias de idade, distribuídas conforme o delineamento experimental. O transplântio e a disposição inicial das mudas na área experimental são apresentados na Figura 3. As adubações de cobertura foram realizadas em intervalos semanais, nos dias 11, 19 e 26 de junho e 3, 10 e 17 de julho de 2026. No tratamento com Cap_Plant, as cápsulas foram depositadas manualmente a aproximadamente 3 a 5 cm do colo de cada planta, enquanto o

fertilizante comercial foi distribuído manualmente sobre a superfície do solo na área correspondente à parcela experimental ($0,80 \times 0,50$ m), concentrando-se na região próxima ao colo das plantas.

Figura 3 – Transplântio de mudas de alface americana na área experimental.



Legenda:

(A) Canteiros da área experimental preparados e demarcados para o transplântio;

(B) muda de alface americana após o transplântio, realizado em 1º de junho de 2026.

Fonte: Acervo do autor (2026).

A irrigação foi realizada diariamente por meio de mangueira Santeno®, com duração aproximada de uma hora, normalmente no intervalo entre 11h e 14h. Após as aplicações dos fertilizantes, a irrigação foi mantida conforme o manejo adotado nos demais dias de condução do experimento.

O controle de plantas daninhas foi realizado por meio de capinas manuais, sempre que necessário, mantendo a área experimental livre da competição por água, luz e nutrientes. O manejo fitossanitário consistiu exclusivamente na aplicação do inseticida Taura 200 EC, à base de piriproxifem, na dose de 15 mL para 20 L de água, visando ao controle da mosca-branca (*Bemisia tabaci*). Não foram realizados desbaste, replântio ou substituição de mudas durante a condução do experimento.

A colheita das plantas e todas as avaliações experimentais foram realizadas em um único dia, 23 de julho de 2026, seis dias após a última aplicação dos fertilizantes. Nessa ocasião, foram avaliados o diâmetro da roseta, o número de folhas e a massa fresca da parte aérea das plantas, conforme descrito no item 4.8.

4.7. Tratamentos

Foram avaliados três tratamentos, constituídos por um tratamento testemunha, um tratamento com fertilizante mineral comercial e um tratamento com fertilizante encapsulado, conforme descrito no Quadro 1.

Quadro 1 - Descrição dos tratamentos utilizados no experimento

Tratamento	Descrição
T1	Testemunha, recebendo apenas o preparo inicial da área, constituído por calagem e incorporação de composto orgânico, sem adubação de cobertura.
T2	Adubação de cobertura com fertilizante mineral comercial, utilizando-se 10 g por parcela experimental, com aplicação semanal.
T3	Adubação de cobertura com fertilizante encapsulado Cap_Plant, utilizando-se uma cápsula por planta, totalizando três cápsulas por parcela experimental, com aplicação semanal.

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A dose do fertilizante comercial foi determinada com base na recomendação do fabricante, de 25 g m⁻². Considerando que cada parcela experimental possuía dimensões de 0,80 × 0,50 m, correspondendo a uma área de 0,40 m², a dose foi ajustada proporcionalmente, resultando na aplicação de 10 g por parcela experimental, conforme apresentado na Equação 1. Os fertilizantes utilizados nos tratamentos experimentais são apresentados na Figura 4.

Equação 1 – Cálculo da dose de fertilizante comercial por parcela experimental

Dose por parcela = Dose recomendada × Área da parcela

Dose por parcela = 25 g m⁻² × 0,40 m²

Dose por parcela = 10 g

Em que:

- Dose recomendada = 25 g m⁻², conforme especificação do fabricante;
- Área da parcela = 0,40 m² (0,80 × 0,50 m);
- Dose por parcela = 10 g de fertilizante comercial.

Fonte: Elaborado pelo autor, com base na recomendação do fabricante fertilizante comercial (2026)

Figura 4 – Fertilizantes utilizados nos tratamentos experimentais.



Legenda:

(A) Fertilizante encapsulado Cap_Plant;

(B) fertilizante mineral comercial.

Fonte: Acervo do autor (2026).

4.8. Avaliações

As avaliações foram realizadas em 23 de julho de 2026. Inicialmente, com as plantas ainda estabelecidas no campo, foram avaliados o diâmetro da roseta e o número de folhas completamente desenvolvidas e comercializáveis. Em seguida, procedeu-se à colheita das plantas para determinação da massa fresca da parte aérea. Os procedimentos adotados para mensuração do diâmetro da roseta, contagem do número de folhas e determinação da massa fresca são apresentados na Figura 5 (A, B e C, respectivamente).

Diâmetro da roseta

O diâmetro da roseta foi determinado com trena graduada em centímetros, realizando-se quatro medições por planta, correspondentes aos eixos vertical, horizontal e às duas diagonais da roseta (formatos “+” e “×”). A média das quatro medições foi considerada como o diâmetro da roseta de cada planta, expresso em centímetros (cm).

Número de folhas

O número de folhas foi determinado pela contagem manual das folhas completamente desenvolvidas e comercializáveis de cada planta, realizada antes da colheita. Foram desconsideradas as folhas externas senescentes ou sem padrão comercial.

Massa fresca da parte aérea

Após as avaliações em campo, as plantas foram colhidas mediante corte rente à superfície do solo. As folhas não comercializáveis, correspondentes às desconsideradas na contagem do número de folhas, foram removidas antes da pesagem. Em seguida, a parte aérea de cada planta foi pesada individualmente em balança digital, com os resultados expressos em gramas (g).

Figura 5 – Procedimentos realizados para avaliação das características biométricas das plantas de alface americana.



Legenda:

(A) Mensuração do diâmetro da roseta com trena graduada;

(B) contagem manual das folhas completamente desenvolvidas e comercializáveis;

(C) determinação da massa fresca da parte aérea em balança digital.

Fonte: Acervo do autor (2026).

Para cada variável, os valores obtidos individualmente nas plantas foram utilizados para calcular a média da respectiva parcela experimental, empregada nas análises estatísticas. Nas parcelas constituídas por uma ou duas plantas, a média foi calculada considerando apenas as plantas existentes.

4.9. Análise estatística

Os dados de diâmetro da roseta, número de folhas e massa fresca foram submetidos à análise de variância (ANOVA), considerando tratamentos e blocos. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, sendo também realizados contrastes e análises de correlação. A normalidade dos resíduos foi avaliada pelo teste de Shapiro-Wilk, a 5% de significância. As análises foram realizadas no software SISVAR.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise de variância evidenciou diferenças entre as fontes de variação para as características avaliadas. Os quadrados médios, as médias gerais e os coeficientes de variação referentes ao diâmetro da roseta, número de folhas e massa fresca são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Resumo da análise de variância para diâmetro da roseta (DR), número de folhas (NF) e massa fresca (MF) de alface submetida a diferentes fertilizantes

FV	GL	QM – NF	QM – MF (g)	QM – DR (cm)
Tratamento	2	54,1703*	7,9031 ns	19.251,6544 ns
Bloco	3	59,5130**	10,4770 ns	24.133,9736*
Resíduo	30	12,2023	6,3508	6.565,96
Total	35	—	—	—
Média geral	—	28,07	14,91	200,36
CV (%)	—	12,44	16,9	40,44

Nota: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; QM = quadrado médio; CV = coeficiente de variação. ** e * = significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente; ns = não significativo.

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Os resultados de diâmetro da roseta, número de folhas e massa fresca das plantas de alface submetidas aos diferentes tratamentos de adubação são apresentados na Tabela 5 e, de forma gráfica, na Figura 6.

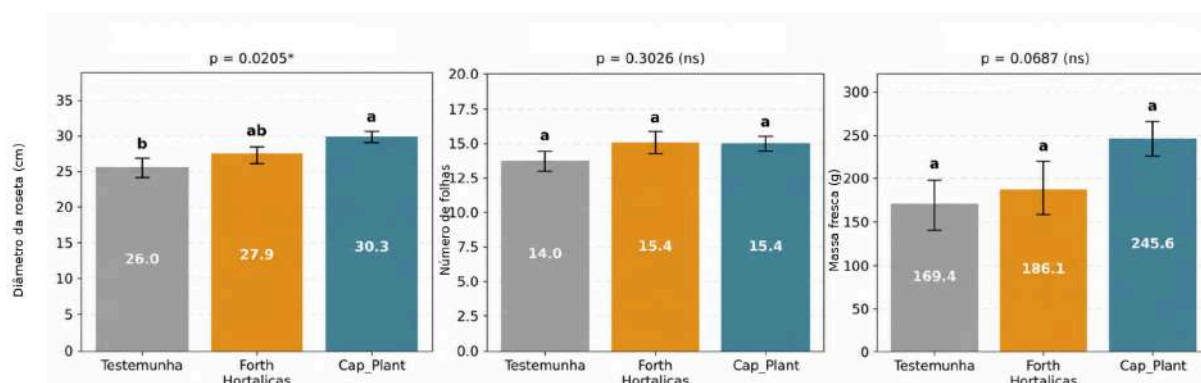
Tabela 5 – Diâmetro da roseta, número de folhas e massa fresca de plantas de alface submetidas a diferentes tratamentos de adubação.

Tratamento	Diâmetro da roseta (cm)	Número de folhas	Massa fresca (g)
Testemunha	26,02 b	13,98 a	169,38 a
fertilizante comercial	27,92 ab	15,37 a	186,12 a
Cap_Plant	30,27 a	15,39 a	245,59 a

Nota: Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV = coeficiente de variação; DMS = diferença mínima significativa.

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Figura 6 – Médias de diâmetro da roseta, número de folhas e massa fresca nos diferentes tratamentos



Nota: Barras representam as médias $\pm$ erro padrão ($n = 12$). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; ns = não significativo.

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Diâmetro da roseta

O diâmetro da roseta foi a única variável que apresentou diferença significativa entre os tratamentos ($p = 0,0205$). O Cap_Plant apresentou a maior média (30,27 cm), diferindo da testemunha (26,02 cm), enquanto o fertilizante comercial apresentou valor intermediário (27,92 cm), sem diferir dos demais tratamentos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A resposta observada no diâmetro da roseta é compatível com a literatura, uma vez que a disponibilidade de nitrogênio exerce influência sobre o crescimento vegetativo e o desenvolvimento foliar da alface (De Pinheiro Henriques; Marcelis, 2000). Respostas do crescimento e da produção da cultura à adubação nitrogenada também foram relatadas por Liu et al. (2014) e Resende, Yuri e Mota (2012).

O contraste entre a testemunha e os tratamentos fertilizados foi significativo ($p = 0,0187$), reforçando o efeito da adubação sobre o diâmetro da roseta. Entretanto, não houve diferença entre fertilizante comercial e Cap_Plant ($p = 0,1110$).

Número de folhas

O número de folhas não apresentou diferença significativa entre os tratamentos ($p = 0,3026$), com médias de 13,98 para a testemunha, 15,37 para o fertilizante comercial e 15,39 para o Cap_Plant.

A emissão de folhas na alface está relacionada ao desenvolvimento da planta e às condições térmicas durante o ciclo. No presente experimento, embora os tratamentos fertilizados tenham

apresentado médias numericamente superiores à testemunha, esse incremento não foi suficiente para caracterizar diferença estatística (Tezza; Minuzzi, 2019).

Massa fresca

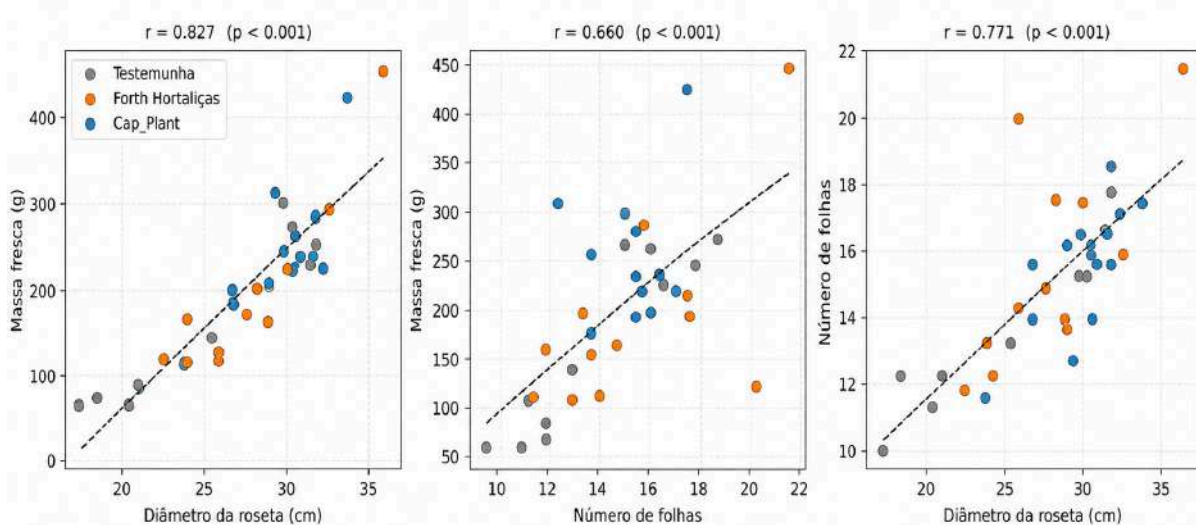
A massa fresca não apresentou diferença significativa entre os tratamentos a 5% de probabilidade ($p = 0,0687$). Embora o tratamento com Cap_Plant tenha apresentado a maior média numérica (245,59 g), seguido pelo fertilizante comercial (186,12 g) e pela testemunha (169,38 g), as médias não diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, conforme apresentado na Tabela 5. O Cap_Plant apresentou incremento de 45,0% na massa fresca em relação à testemunha.

O elevado coeficiente de variação da massa fresca (40,44%) indica maior variabilidade e menor precisão experimental para essa característica, dificultando a detecção de diferenças significativas entre os tratamentos (Cargnelutti Filho; Storck, 2007).

Coerência entre as variáveis

As variáveis avaliadas apresentaram correlações positivas e significativas entre si ($p < 0,001$). Foram observadas correlações entre diâmetro da roseta e massa fresca ($r = 0,827$), número de folhas e massa fresca ($r = 0,660$) e diâmetro da roseta e número de folhas ($r = 0,771$), destacando-se a maior associação entre diâmetro da roseta e massa fresca na Figura 7.

Figura 7 – Correlações entre as variáveis diâmetro da roseta, número de folhas e massa fresca das plantas de alface avaliadas no experimento.

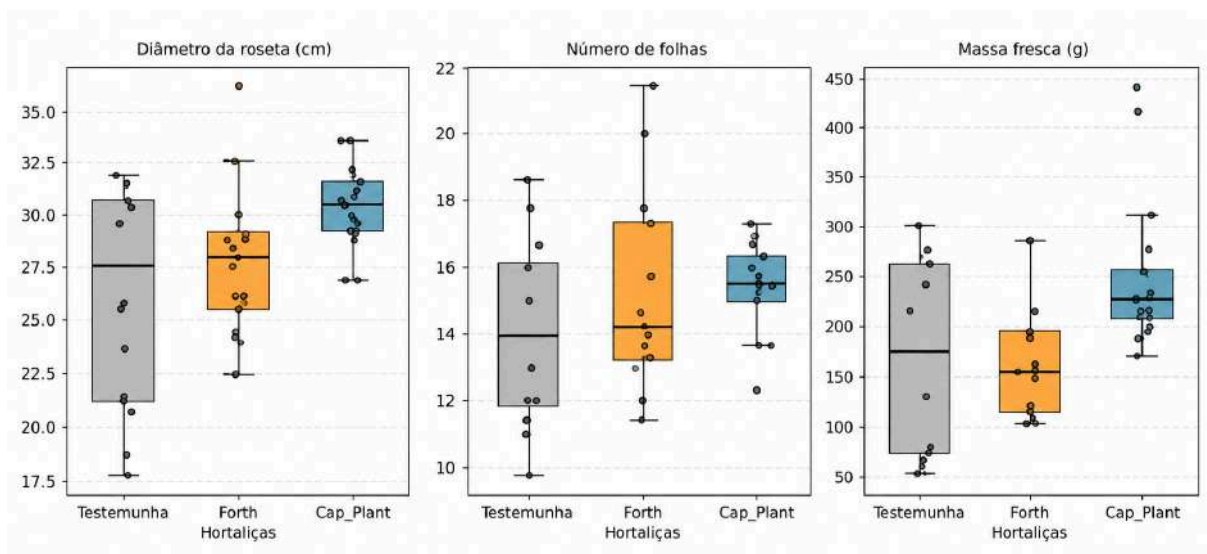


Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Uniformidade de produção

A distribuição dos valores evidenciou menor dispersão no tratamento Cap_Plant para as três variáveis avaliadas em relação à testemunha, conforme apresentado na Figura 8, indicando maior uniformidade dos valores observados. Entretanto, esse resultado é descritivo e não representa diferença estatisticamente comprovada entre os tratamentos.

Figura 8 – Distribuição das 36 parcelas por tratamento das variáveis diâmetro da roseta, número de folhas e massa fresca da parte aérea.



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Comparação entre os fertilizantes

Não houve diferença estatística entre fertilizante comercial e Cap_Plant para nenhuma das variáveis avaliadas, com $p = 0,1110$ para diâmetro da roseta, $p = 0,9789$ para número de folhas e $p = 0,0823$ para massa fresca. Portanto, apesar das diferenças numéricas observadas, não há evidência estatística para afirmar superioridade de um fertilizante sobre o outro.

Limitações e perspectivas

A elevada variabilidade observada para massa fresca ($CV = 40,44\%$) constituiu a principal limitação do experimento, reduzindo a precisão na comparação dos tratamentos. Em estudos futuros, maior número de repetições e controle da variabilidade da área experimental podem contribuir para maior precisão das avaliações.

6. CONCLUSÃO

Nas condições deste experimento, o fertilizante encapsulado Cap_Plant apresentou desempenho agrônômico semelhante ao fertilizante mineral comercial no cultivo da alface americana, não sendo observadas diferenças significativas entre os dois fertilizantes para as variáveis avaliadas.

O diâmetro da roseta foi a única variável com diferença significativa entre os tratamentos, enquanto o número de folhas e a massa fresca não apresentaram diferenças significativas. A elevada variabilidade observada para a massa fresca indica a necessidade de estudos adicionais, com maior número de repetições e maior controle da variabilidade experimental.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. **Köppen's climate classification map for Brazil**. Meteorologische Zeitschrift, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>. Acesso em: 18 ago. 2026.
- AUGUSTO, J. et al. **Produção de alface americana orgânica sob doses de pó de rocha basáltica, composto orgânico e microrganismos eficientes**. Agrarian, v. 15, n. 55, e15153, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.30612/agrarian.v15i55.15153>. Acesso em: 18 ago. 2026.
- CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; MATTOS JÚNIOR, D.; BOARETTO, R. M.; RAIJ, B. van (ed.). **Boletim 100: recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2022. Disponível em: <https://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/boletim100.php>. Acesso em: 18 ago. 2026.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; STORCK, L. **Estatísticas de avaliação da precisão experimental em ensaios de cultivares de milho**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 42, n. 1, p. 17–24, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2007000100003>. Acesso em: 18 ago. 2026.
- DE PINHEIRO HENRIQUES, A. R.; MARCELIS, L. F. M. **Regulation of growth at steady-state nitrogen nutrition in lettuce (*Lactuca sativa* L.): interactive effects of nitrogen and irradiance**. Annals of Botany, v. 86, n. 6, p. 1073–1080, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1006/anbo.2000.1268>. Acesso em: 18 ago. 2026.
- LIU, C.-W.; SUNG, Y.; CHEN, B.-C.; LAI, H.-Y. **Effects of nitrogen fertilizers on the growth and nitrate content of lettuce (*Lactuca sativa* L.)**. International Journal of Environmental Research and Public Health, v. 11, n. 4, p. 4427–4440, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph110404427>. Acesso em: 18 ago. 2026.
- RESENDE, G. M. de; YURI, J. E.; MOTA, J. H. **Épocas de plantio e doses de nitrogênio no rendimento e qualidade pós-colheita de alface americana**. Horticultura Brasileira, v. 30, n. 2, p. S6665–S6672, 2012. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/936195/1/JonyEishiYuri3.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2026.
- TAVARES, A. T. et al. **Adubação NPK como promotor de crescimento em alface**. Agri-Environmental Sciences, v. 5, e019003, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.36725/agries.v5i0.1215>. Acesso em: 18 ago. 2026.
- TEZZA, G.; MINUZZI, R. B. **Caracterização da emissão foliar de cultivares de alface crespa em função da soma térmica**. Journal of Environmental Analysis and Progress, v. 4, n. 2, p. 140–145, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.24221/jeap.4.2.2019.2409.140-145>. Acesso em: 18 ago. 2026.