



CURSO DE AGRONOMIA

GUSTAVO NASCIMENTO ASCENÇO

**AVALIAÇÃO DE SUBSTRATOS ALTERNATIVOS NA PRODUÇÃO DE
ALFACE AMERICANA**

Sinop/MT

2026

CURSO DE AGRONOMIA

GUSTAVO NASCIMENTO ASCENÇO

**AVALIAÇÃO DE SUBSTRATOS ALTERNATIVOS NA PRODUÇÃO DE
ALFACE AMERICANA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Avaliadora do Departamento de Agronomia, do Centro Universitário Fasipe - UNIFASIPE, como requisito parcial para obtenção de nota na Disciplina de TCC II.

Orientador(a) Profa. Dra. Suzilâne Yasmim da Silva Cavalcante.

Sinop/MT

2026

GUSTAVO NASCIMENTO ASCENÇO

**AVALIAÇÃO DE SUBSTRATOS ALTERNATIVOS NA PRODUÇÃO DE
ALFACE AMERICANA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Avaliadora do Departamento de Agronomia, do Centro Universitário Fasipe - UNIFASIPE, como requisito parcial para obtenção de nota na Disciplina de TCC II.

Aprovada em / / .

Profa. Dra. Suzilaine Yasmim da Silva Cavalcante
Professora Orientadora:
Departamento de Agronomia - UNIFASIPE

Professor (a) Avaliador (a)
Departamento de Agronomia - UNIFASIPE

Professor (a) Avaliador (a)
Departamento de Agronomia - UNIFASIPE

Suzilaine Yasmim da Silva Cavalcante
Departamento de Agronomia - UNIFASIPE
Coordenador (a) do Curso de Agronomia.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me concedido força, sabedoria e perseverança durante toda essa caminhada acadêmica, permitindo superar os desafios e alcançar esta importante conquista.

Aos meus pais, Alexandra Lima e Miguel Augusto, pelo amor, apoio, incentivo e dedicação em todos os momentos da minha vida, sendo fundamentais para minha formação pessoal e acadêmica.

À minha namorada, Carla Kuiava, pelo companheirismo, carinho, paciência e apoio durante essa trajetória, sempre me incentivando nos momentos mais difíceis.

ASCENÇO, Gustavo Nascimento. **Avaliação de Substratos Alternativos na Produção de Alface Americana**. 2026. 45 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso de Agronomia da FASIP- Faculdade de Sinop.

RESUMO

A produção de mudas de qualidade representa uma etapa fundamental para o sucesso da cultura da alface americana, sendo diretamente influenciada pelas características físicas, químicas e biológicas dos substratos utilizados. Diante disso, o uso de substratos alternativos surge como uma estratégia sustentável e economicamente viável, especialmente para pequenos produtores e agricultura familiar, contribuindo para o aproveitamento de resíduos agroindustriais e redução dos custos de produção. O presente estudo teve como objetivo avaliar a eficiência de substratos alternativos no desempenho germinativo e no desenvolvimento de mudas de alface americana (*Lactuca sativa* L.). A metodologia adotada consistiu na condução de experimento em delineamento inteiramente casualizado, realizado no período de 21 de março a 12 de abril de 2026, utilizando diferentes substratos: areia, esterco bovino, fibra de coco, palha de arroz e substrato comercial. Foram avaliadas a germinação das sementes, o desenvolvimento vegetativo, o número de folhas e o crescimento radicular das mudas durante o período experimental. Os resultados demonstraram que os substratos influenciaram diretamente a germinação e o desenvolvimento das plantas. A palha de arroz apresentou os melhores resultados na maioria das avaliações, seguida pela fibra de coco e esterco bovino, proporcionando maior vigor vegetativo e crescimento radicular. Em contrapartida, o substrato comercial apresentou menor desempenho em algumas análises. Conclui-se que os substratos alternativos, especialmente a palha de arroz e a fibra de coco, apresentam elevada eficiência agrônômica na produção de mudas de alface americana, favorecendo maior qualidade, uniformidade e desenvolvimento inicial das plantas.

Palavras-chaves: Desenvolvimento radicular; Germinação; Sustentabilidade.

ASCENÇO, Gustavo Nascimento. **Evaluation of Alternative Substrates in the Production of Iceberg Lettuce**. 2026. 45 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso de Agronomia da FASIP- Faculdade de Sinop.

ABSTRACT

The production of high-quality seedlings is a fundamental step for the success of iceberg lettuce cultivation, being directly influenced by the physical, chemical, and biological characteristics of the substrates used. Therefore, the use of alternative substrates emerges as a sustainable and economically viable strategy, especially for small producers and family farms, contributing to the utilization of agro-industrial waste and reducing production costs. This study aimed to evaluate the efficiency of alternative substrates on the germination performance and development of iceberg lettuce seedlings (*Lactuca sativa* L.). The methodology consisted of conducting an experiment in a completely randomized design, carried out from March 21 to April 12, 2026, using different substrates: sand, bovine manure, coconut fiber, rice straw, and commercial substrate. Seed germination, vegetative development, number of leaves, and root growth of the seedlings were evaluated during the experimental period. The results demonstrated that the substrates directly influenced the germination and development of the plants. Rice straw showed the best results in most evaluations, followed by coconut fiber and bovine manure, providing greater vegetative vigor and root growth. In contrast, the commercial substrate showed lower performance in some analyses. It is concluded that alternative substrates, especially rice straw and coconut fiber, present high agronomic efficiency in the production of iceberg lettuce seedlings, favoring greater quality, uniformity, and initial plant development.

Keywords: Root development; Germination; Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Alface americana.....	14
Figura 2 – Sementes de alface americana (<i>Lactuca sativa</i> var. capitata).....	25
Figura 3: Semeadura de sementes de alface americana (<i>Lactuca sativa</i> var. capitata) em bandejas de poliestireno contendo diferentes substratos utilizados no experimento: substrato comercial, palha de arroz, fibra de coco, esterco bovino e areia.....	26
Figura 4 – Avaliação das mudas durante o período experimental.....	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Altura das mudas em função dos diferentes substratos.....	31
Tabela 2 – Comprimento radicular das mudas em função dos diferentes substratos.....	32
Tabela 3 – Germinação das sementes de alface americana em função dos diferentes substratos.....	34

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 Problemática.....	11
1.2 Justificativa.....	12
1.3 Objetivos	13
1.3.1 Geral.....	13
1.3.2 Específicos	13
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1 Características Gerais da Alface.....	14
2.2 Produção de Mudas	16
2.3 Substrato Alternativos	17
2.3.1 Características Importantes do Substrato para Hortaliças	18
2.3.2 Substratos Alternativos para a Cultura da Alface	20
2.3.3 Substratos Comerciais	21
2.4 Percentual e Tempo Médio de Germinação.....	21
2.5 Sustentabilidade e Agricultura Familiar	23
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
3.1 Local do Experimento	25
3.2 Material Vegetal	25
3.3 Experimento em campo	26
3.4 Variáveis Analisadas e Análise Estatística.....	28
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	31
4.1 Influência dos substratos no crescimento das mudas de alface americana	31
4.2 Desenvolvimento das mudas e crescimento radicular	32
4.3 Germinação das sementes de alface americana	33
4.4 Número de folhas das mudas	35
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
REFERÊNCIAS.....	40

1 INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma das hortaliças mais cultivadas e consumidas no Brasil, ocupando posição de destaque na horticultura nacional por sua importância econômica, social e nutricional (Gonçalves; Almeida, 2024). Trata-se de uma cultura de ciclo curto, com aproximadamente 45 a 60 dias, permitindo colheitas sucessivas ao longo do ano e favorecendo o abastecimento contínuo de mercados locais e regionais (Yang *et al.*, 2022). Entre as variedades de alface, destaca-se a alface americana (*Lactuca sativa* L. var. *capitata*, grupo 'Iceberg'), que tem se consolidado no mercado por apresentar folhas espessas, crocantes e maior durabilidade pós-colheita (Pinto Júnior *et al.*, 2024).

Em relação à produção nacional, a área destinada ao cultivo de hortaliças folhosas é estimada em 174.061 hectares, dos quais 49,9% (86.867 ha) correspondem ao cultivo de alface, demonstrando sua expressiva representatividade no setor (IBGE, 2017). O país conta com 108.603 estabelecimentos produtores, responsáveis por uma produção anual de 908.186 toneladas, evidenciando a ampla distribuição e relevância econômica da cultura (Mattos *et al.*, 2021). Entre 2016 e 2020, foram comercializadas aproximadamente 461 mil toneladas de alface (Yokoro; Pereira, 2020). Esses dados demonstram a importância da cultura para o agronegócio nacional, especialmente para a horticultura de pequena e média escala, devido ao seu elevado consumo e rápido ciclo produtivo (Silva *et al.*, 2022).

A cultura da alface americana tem apresentado expressiva expansão no Brasil devido à sua ampla adaptabilidade aos sistemas produtivos convencional, protegido e hidropônico, além da boa aceitação de mercado, com maior concentração produtiva nas regiões Sudeste e Sul do país (Moraes; Silva; Gomes, 2021). A fase de formação de mudas destaca-se como etapa estratégica para o sucesso do cultivo (Santos *et al.*, 2025). Para assegurar a eficiência dessa fase, é indispensável o uso de substratos de qualidade, que proporcionem adequado suporte físico, boa aeração, equilíbrio na retenção de água e disponibilidade de nutrientes essenciais ao desenvolvimento inicial do sistema radicular (Gratão; Arruda, 2025).

Os substratos comerciais, como Plantmax e Carolina Soil, são amplamente utilizados por apresentarem formulações padronizadas e livres de patógenos. O Plantmax é composto principalmente por turfa, vermiculita e casca de arroz

carbonizada, enquanto o Carolina Soil utiliza turfa de Sphagnum, perlita expandida, vermiculita e casca de arroz torrefada. Essas combinações conferem elevada capacidade de retenção hídrica, boa aeração, baixa densidade e estabilidade físico-química, favorecendo o crescimento inicial das plântulas (Fernandes; Caramelo; Moreira, 2016; Nagel *et al.*, 2024).

No entanto, o custo elevado desses produtos e a dependência de insumos industrializados constituem entraves, especialmente para pequenos produtores e agricultores familiares (Nagel *et al.*, 2024). Considerando os altos custos dos substratos comerciais, a utilização de substratos alternativos, provenientes de resíduos agroindustriais e agropecuários, surge como uma alternativa sustentável e economicamente viável (Brito; Oliveira; Moraes, 2024). Materiais como casca de arroz carbonizada, fibra de coco, areia lavada e esterco bovino têm se mostrado promissores (Silva *et al.*, 2022).

1.1 Problemática

A escolha de um substrato adequado constitui um dos fatores mais importantes para o sucesso na produção de mudas de alface americana, uma vez que influencia diretamente a germinação das sementes, o desenvolvimento radicular e o crescimento inicial das plantas. As características físicas, químicas e biológicas do substrato determinam a disponibilidade de água, aeração e nutrientes, fatores essenciais para a formação de mudas vigorosas e uniformes. Dessa forma, substratos inadequados podem comprometer o estabelecimento das plântulas, resultando em menor qualidade das mudas e redução do potencial produtivo da cultura (Sousa; Leão; Lima, 2024).

Além dos aspectos agrônômicos, a utilização predominante de substratos comerciais pode elevar significativamente os custos de produção, especialmente para pequenos produtores e agricultores familiares. Nesse contexto, a busca por substratos alternativos provenientes de resíduos agroindustriais e agropecuários tem despertado interesse por apresentar potencial para reduzir custos e promover maior sustentabilidade nos sistemas produtivos. Materiais como palha de arroz, fibra de coco e esterco bovino podem apresentar propriedades físicas e químicas adequadas para a produção de mudas, além de contribuir para o aproveitamento sustentável de resíduos orgânicos (Brito; Oliveira; Moraes, 2024).

Diante dessa realidade, torna-se necessário avaliar a eficiência desses materiais na produção de mudas de alface americana, visando identificar alternativas capazes de proporcionar elevados índices de germinação, adequado desenvolvimento vegetativo e crescimento radicular satisfatório. Assim, questiona-se se substratos alternativos, como palha de arroz, fibra de coco, esterco bovino e areia, podem substituir ou complementar os substratos comerciais, promovendo uma produção mais eficiente, economicamente viável e ambientalmente sustentável (Jorge *et al.*, 2020).

1.2 Justificativa

A avaliação de substratos alternativos na cultura de alface americana é relevante por integrar eficiência agrônômica, sustentabilidade ambiental e viabilidade econômica (Goto, 2024). O uso de resíduos agroindustriais e agropecuários como componentes de substratos reduz custos, diminui a dependência de insumos comerciais e favorece o acesso de pequenos produtores (Sousa; Leão; Lima, 2024). Além disso, o aproveitamento de materiais locais fortalece práticas agrícolas autossuficientes, valoriza a agricultura familiar e impulsiona o desenvolvimento regional, contribuindo para o fortalecimento da cadeia produtiva da horticultura (Oliveira *et al.*, 2024).

Sob a perspectiva ambiental, a incorporação desses resíduos ao sistema produtivo contribui para a mitigação de impactos ecológicos, ao evitar o descarte inadequado e promover a economia circular (Zorzeto, 2014). A escolha adequada de substratos influencia diretamente a germinação, o vigor e a qualidade das mudas, impactando todo o ciclo produtivo da cultura. Dessa forma, investigar a eficiência de diferentes materiais alternativos permite identificar combinações que assegurem características físicas, químicas e biológicas adequadas para o desenvolvimento radicular e vegetativo, garantindo mudas mais vigorosas, produtivas e alinhadas aos princípios de sustentabilidade (Martins; Silva, 2025).

Além dos benefícios econômicos e ambientais, estudos sobre substratos alternativos são importantes para ampliar o conhecimento técnico sobre materiais que podem ser utilizados na produção de mudas hortícolas. A identificação de substratos eficientes contribui para o desenvolvimento de tecnologias acessíveis aos produtores rurais, especialmente aqueles vinculados à agricultura familiar, que frequentemente enfrentam limitações financeiras para aquisição de insumos comerciais. Nesse

sentido, a avaliação de materiais como palha de arroz, fibra de coco e esterco bovino torna-se relevante não apenas pela possibilidade de redução de custos, mas também pelo potencial de promover sistemas produtivos mais sustentáveis, eficientes e adaptados às condições locais de produção (Goto, 2024; Martins; Silva, 2025).

1.3 Objetivos

1.3.1 Geral

Avaliar a eficiência de substratos alternativos no desempenho germinativo e no desenvolvimento de mudas de alface americana (*Lactuca sativa* L.).

1.3.2 Específicos

Determinar percentual de germinação e a velocidade de germinação das sementes;

Avaliar o crescimento das mudas por meio da altura da planta, diâmetro do colmo e número de folhas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Características Gerais da Alface

A alface (*Lactuca sativa* L.) pertence à família Asteraceae tem sua origem atribuída às regiões do Mediterrâneo e do Oriente Médio, com registros de consumo no Egito Antigo por volta de 2.500 a.C (Sousa; Leão; Lima, 2024). A hortaliça se difundiu pela Europa e, posteriormente, alcançou as Américas, sendo introduzida no Brasil pelos colonizadores portugueses. Desde então, consolidou-se como a hortaliça folhosa mais consumida no país, cultivada tanto em sistemas convencionais quanto em estufas e hidroponia, o que o que confere à cultura ampla adaptabilidade aos diferentes sistemas de produção (Fernandes *et al.*, 2020).

Dentre as principais variedades cultivadas no país, destacam-se a crespa, a lisa e a americana ou iceberg. A alface crespa caracteriza-se por folhas soltas e bordas onduladas, amplamente aceita no mercado. A lisa apresenta folhas planas e macias, frequentemente utilizada em pratos sofisticados. A americana (*Lactuca sativa* L. var. *capitata* 'Iceberg') é reconhecida pela formação de cabeças compactas, folhas mais espessas e crocantes, conforme ilustrado na Figura 1, e de maior durabilidade e de maior durabilidade pós-colheita, o que favorece sua comercialização em grandes redes varejistas (Júnior *et al.*, 2024).

Figura 01: Alface americana.



Fonte: Resende *et al.* (2020).

A alface é uma hortaliça de grande importância econômica e nutricional, composta por 94 a 95% de água e baixa em calorias, sendo amplamente valorizada

por seus benefícios à saúde (Yang *et al.*, 2022). Rica em vitaminas A, B e C, fibras e minerais como potássio, magnésio e fósforo, também apresenta compostos bioativos como polifenóis, carotenoides e clorofila, que contribuem para a saúde humana (Medina-Lozano; Bertolín; Díaz, 2021). Com ciclo curto de 45 a 60 dias, a cultura garante rápido retorno econômico e pode ser produzida o ano inteiro, favorecendo o abastecimento contínuo e a diversificação alimentar (Cavalheiro *et al.*, 2015).

O cultivo da alface apresenta ampla adaptabilidade a diferentes regiões e sistemas de produção no Brasil, embora sua concentração seja maior nas regiões Sudeste e Sul (Alcântara *et al.*, 2023). Entre os estados, São Paulo se destaca como o principal produtor e consumidor, com aproximadamente 137 mil toneladas em uma área cultivada de 8 mil hectares. Em seguida, o Paraná contribui com cerca de 54 mil toneladas em 2.845 hectares, enquanto Minas Gerais registra produção em torno de 18 mil toneladas em 1.192 hectares, evidenciando a relevância dessas regiões para o abastecimento nacional da hortaliça (IBGE, 2017).

A temperatura constitui um dos principais fatores ambientais que influenciam o crescimento e o desenvolvimento da alface americana. De acordo com Yuri *et al.* (2016), a faixa ideal para o desenvolvimento da cultura encontra-se entre 15,5 °C e 28,3 °C, proporcionando condições favoráveis para o crescimento vegetativo e a formação de plantas com elevada qualidade comercial. Contudo, quando submetidas a temperaturas excessivamente elevadas, as plantas podem apresentar alterações fisiológicas que reduzem a absorção e a redistribuição de cálcio nos tecidos em crescimento. Essa condição favorece a ocorrência do *tip-burn*, distúrbio caracterizado pela queima e necrose das margens das folhas internas, resultando em perdas de qualidade e redução do valor comercial da produção (Cavalheiro *et al.*, 2015).

O manejo inicial exerce papel fundamental no sucesso da produção, sendo recomendado o uso de mudas provenientes de sementeiras, prática que possibilita maior controle fitossanitário, melhor aproveitamento das sementes e a seleção de plântulas mais vigorosas e uniformes. Além disso, a produção de mudas em ambiente protegido reduz a exposição das plantas a condições adversas e favorece o desenvolvimento inicial do sistema radicular, contribuindo para maior taxa de sobrevivência após o transplântio (Júnior *et al.*, 2024).

O transplântio deve ser realizado entre 15 e 20 dias após a semeadura, quando as mudas apresentam de 4 a 6 folhas definitivas, preferencialmente em horários de menor insolação, aliado à irrigação frequente para favorecer a adaptação

e o estabelecimento no campo. Essa prática minimiza o estresse causado pela mudança de ambiente e proporciona melhor recuperação das plantas, refletindo diretamente no crescimento vegetativo e na produtividade da cultura (França; Santos; Rampim, 2018).

2.2 Produção de Mudanças

A produção de mudas de hortaliças representa uma das etapas mais críticas do sistema produtivo, uma vez que influencia diretamente o desempenho final das plantas no campo. Dessa fase dependem fatores como o estado nutricional, o tempo necessário para a colheita e, conseqüentemente, o número de ciclos de cultivo possíveis ao longo do ano (Santos *et al.*, 2025). Na produção de mudas de alface, destaca-se a semeadura direta em bandejas, seguida do transplante para o local definitivo, prática amplamente utilizada por garantir maior uniformidade, melhor aproveitamento das sementes e maior controle das condições iniciais de crescimento, favorecendo a formação de mudas vigorosas e adaptadas ao campo (Oliveira *et al.*, 2024).

A semeadura direta com transplante, realizada em bandejas multicelulares, garante maior eficiência na fase de germinação e emergência, pois utiliza menos sementes e favorece o desenvolvimento uniforme das plântulas. Esse método reduz custos com o controle de pragas e doenças, além de aumentar as chances de pegamento após o transplante (Gratão; Arruda, 2025). O tamanho dos recipientes define o espaço para o desenvolvimento radicular. Da mesma forma, o tipo de substrato influencia a arquitetura das raízes e o estado nutricional das mudas (Sousa; Leão; Lima, 2024).

Alguns sistemas de produção de mudas de alface utilizam bandejas confeccionadas em diferentes materiais, como polietileno, polipropileno e poliestireno expandido (isopor) (Wattier *et al.*, 2019). O número de células dessas bandejas pode variar entre 72, 128, 200 e 288, influenciando diretamente o volume de substrato disponível e, conseqüentemente, o desenvolvimento inicial das mudas (Ceccherini *et al.*, 2018). Para a cultura da alface, recomenda-se o uso de bandejas de poliestireno com até 200 células, por apresentarem melhor equilíbrio entre espaço para o crescimento radicular, qualidade do torrão e viabilidade econômica na produção de mudas (Favarato; Balbino, 2022).

Dourado *et al.* (2025), ao avaliar o efeito de diferentes recipientes no desenvolvimento inicial de duas variedades de alface, verificou que a variedade americana apresentou maior germinação de sementes em comparação à crespa. No que se refere à evolução da germinação, os melhores resultados foram obtidos com o uso de bandejas de polietileno grosso para a alface americana. Quanto ao índice de velocidade de emergência, observou-se desempenho superior na bandeja de poliestireno para a variedade americana (37%), enquanto na variedade crespa o maior valor foi registrado também em poliestireno, com aproximadamente 30%.

Contudo, o cultivo de mudas de alface exige atenção integrada ao substrato, nutrição, irrigação e manejo ambiental, pois esses fatores determinam o vigor e a qualidade final das plantas. A escolha de substratos alternativos, permite equilibrar retenção de água, aeração e aporte de nutrientes, tornando o processo eficiente e mais favorável ao meio ambiente (Santos *et al.*, 2025).

2.3 Substrato Alternativos

O substrato é um dos insumos fundamentais na produção de mudas, pois constitui o meio físico e químico onde ocorre o desenvolvimento inicial das raízes, fornecendo água, oxigênio, nutrientes e suporte mecânico às plântulas (Maia *et al.*, 2020). Sua importância é decisiva, já que qualquer alteração em sua composição pode comprometer a germinação, a emergência e a formação das mudas, resultando em mudas fracas ou irregulares, com sintomas de deficiência nutricional. A escolha de um substrato adequado é um fator determinante para a qualidade inicial das mudas e para o sucesso do cultivo em campo ou em hidroponia (Brito; Oliveira; Moraes, 2024).

As propriedades do substrato variam de acordo com sua origem, modo de produção e proporção de componentes. Entre as funções mais importantes estão a retenção de água e a aeração, que precisam estar equilibradas (Gratão; Arruda, 2024). Materiais como fibra de coco e turfa são reconhecidos pela alta capacidade de retenção hídrica, essenciais para a germinação, enquanto a casca de arroz carbonizada e a areia lavada favorecem a drenagem e a oxigenação do sistema radicular. O equilíbrio entre microporos (que armazenam água) e macroporos (que permitem aeração) é fundamental para raízes vigorosas, e prevenindo tanto a desidratação quanto a asfixia radicular (Júnior *et al.*, 2024).

A retenção de água e a aeração são propriedades físicas indispensáveis para a qualidade dos substratos utilizados na produção de mudas, pois exercem influência

direta sobre a germinação das sementes, o desenvolvimento radicular e o crescimento inicial das plantas. A disponibilidade adequada de água é fundamental para a ativação dos processos metabólicos envolvidos na germinação e na expansão celular, enquanto a presença de espaços porosos garante a difusão de oxigênio necessária para a respiração das raízes. Dessa forma, o equilíbrio entre retenção hídrica e aeração constitui um dos principais fatores responsáveis pela formação de mudas vigorosas e uniformes (Brito; Oliveira; Moraes, 2024).

Substratos que apresentam excesso de retenção de água podem provocar encharcamento e reduzir a disponibilidade de oxigênio no sistema radicular, favorecendo o aparecimento de condições anaeróbicas prejudiciais ao crescimento das plantas. Por outro lado, materiais com baixa capacidade de retenção hídrica podem limitar a disponibilidade de água para as plântulas, comprometendo o processo germinativo e o desenvolvimento inicial das mudas. Portanto, a combinação adequada dessas características físicas é essencial para proporcionar um ambiente favorável ao crescimento vegetal e ao estabelecimento das raízes (Fernandes; Caramelo; Moreira, 2016).

Maia *et al.* (2020) destacam que a utilização combinada de materiais com propriedades complementares representa uma estratégia eficiente para otimizar a qualidade dos substratos. A fibra de coco, por exemplo, apresenta elevada capacidade de retenção de água, enquanto a casca de arroz carbonizada contribui para aumentar a drenagem e a porosidade do meio de cultivo. A associação desses materiais promove melhor equilíbrio entre disponibilidade hídrica e oxigenação das raízes, favorecendo condições ideais para o desenvolvimento das plântulas.

Além disso, a adequada relação entre retenção de água e aeração contribui para a formação de sistemas radiculares mais extensos e ramificados, aumentando a eficiência na absorção de água e nutrientes. Como consequência, as mudas apresentam maior vigor, uniformidade e capacidade de adaptação após o transplântio. Essas características são particularmente importantes em culturas de ciclo curto, como a alface americana, nas quais o rápido estabelecimento das plantas influencia diretamente o desempenho produtivo e a qualidade final da cultura (Nagel *et al.*, 2024).

2.3.1 Características Importantes do Substrato para Hortaliças

Dentre as características desejáveis em substratos para a produção de hortaliças, destacam-se o baixo custo, a disponibilidade no mercado, o teor adequado

de nutrientes, o pH equilibrado e a capacidade de troca catiônica compatível com o desenvolvimento inicial das plântulas (Sousa; Leão; Lima, 2024). Além disso, é essencial que sejam livres de patógenos, apresentem boa aeração, capacidade de retenção de água equilibrada e eficiente agregação às raízes, favorecendo tanto a germinação quanto o transplante das plântulas das mudas (Silva *et al.*, 2020).

Para a produção de mudas de elevada qualidade, é fundamental que o substrato apresente propriedades físicas adequadas ao crescimento das plantas. A densidade deve ser suficiente para proporcionar sustentação às mudas sem dificultar o manejo, enquanto o tamanho das partículas deve favorecer a formação de torrões firmes e estáveis durante o transplante. Além disso, a porosidade equilibrada é essencial para garantir adequada circulação de ar e drenagem da água, evitando condições de deficiência de oxigênio no sistema radicular. A capacidade de retenção hídrica também deve ser compatível com as exigências da cultura, assegurando disponibilidade contínua de água sem ocasionar encharcamento, fator que pode prejudicar a germinação e o desenvolvimento das raízes (Sousa; Leão; Lima, 2024).

Segundo Jorge *et al.* (2020), as características químicas do substrato são determinantes para a nutrição e o desenvolvimento das mudas de hortaliças. Entre os principais parâmetros destaca-se o pH, que deve se manter, em geral, entre 5,5 e 6,0 para alface, garantindo adequada disponibilidade de nutrientes e prevenindo deficiências específicas como de fósforo, manganês e boro quando em valores elevados. A condutividade elétrica indica a concentração de sais solúveis no substrato e, para mudas de alface, pois valores acima de 0,8 mS/cm comprometem a absorção de água e nutrientes, reduzindo o vigor das plantas.

Outro aspecto relevante é o teor de nutrientes inerente ao material: enquanto substratos como fibra de coco são praticamente inertes, compostos orgânicos bem produzidos ou húmus de minhoca oferecem nutrientes de forma gradativa até o transplantio (Brito; Oliveira; Moraes, 2024). A proporção entre carbono (C) e nitrogênio (N) exerce papel relevante na estabilidade e mineralização da matéria orgânica, sendo necessário equilíbrio entre carbono e nitrogênio para evitar tanto a degradação acelerada quanto a imobilização excessiva de nutrientes.

Dessa forma, a qualidade química do substrato constitui um fator determinante para a produção de mudas de elevado padrão fisiológico. Um substrato adequado deve apresentar pH estável, condutividade elétrica compatível, disponibilidade balanceada de nutrientes e relação C/N equilibrada, proporcionando

condições favoráveis ao desenvolvimento radicular e ao crescimento vegetativo inicial. Consequentemente, mudas produzidas nessas condições tendem a apresentar maior vigor, uniformidade e melhor desempenho após o transplântio (Jorge *et al.*, 2020).

2.3.2 Substratos Alternativos para a Cultura da Alface

Na produção de mudas de alface, o substrato é um dos principais fatores que determinam o sucesso do cultivo, pois influencia diretamente a germinação, o crescimento inicial e a qualidade final das plantas. Para cumprir essa função, deve apresentar características físicas e químicas equilibradas, como boa aeração e drenagem, capacidade de retenção de água, pH adequado (entre 5,5 e 6,0), ausência de patógenos e estabilidade estrutural para sustentar as plântulas. Assim, a escolha correta do substrato garante mudas vigorosas, melhor adaptação ao transplante e maior eficiência produtiva (Jorge *et al.*, 2020).

Os substratos alternativos, geralmente provenientes de resíduos agroindustriais ou agropecuários, têm se destacado como substitutos parciais ou totais dos comerciais, por aliarem baixo custo, reaproveitamento de resíduos e contribuição para a sustentabilidade agrícola. Entre os mais utilizados destacam-se a casca de arroz carbonizada, a fibra de coco, a areia lavada e o esterco bovino curtido, cada um com funções específicas no equilíbrio entre retenção hídrica, aeração e aporte nutricional (Brito; Oliveira; Moraes, 2024).

Os substratos alternativos mais usados na horticultura apresentam funções complementares: a casca de arroz carbonizada favorece drenagem e aeração com baixo custo; a fibra de coco é reconhecida pela alta retenção de água e estabilidade do torrão, embora precise de suplementação nutricional; a areia lavada contribui para a oxigenação e drenagem, mas deve ser combinada a outros materiais por não fornecer nutrientes; e o esterco bovino curtido enriquece o substrato com matéria orgânica e nutrientes, sendo mais eficiente quando associado à fibra de coco ou à casca de arroz (Júnior *et al.*, 2024).

Além desses, outros materiais também vêm sendo testados na produção de mudas de hortaliças, como húmus de minhoca, serragem compostada, cama de aviário, bagaço de cana, lodo de esgoto tratado e compostos orgânicos diversos. A utilização desses resíduos, quando devidamente processados, amplia as alternativas de substratos economicamente viáveis, fortalece a agricultura familiar e reduz a dependência de insumos comerciais, contribuindo para práticas agrícolas mais

sustentáveis e adaptadas às realidades locais (Veras *et al.*, 2019).

2.3.3 Substratos Comerciais

O substrato Plantmax é um dos mais utilizados comercialmente no Brasil, composto por turfa, vermiculita e casca de arroz carbonizada. Reconhecido pela uniformidade e ausência de patógenos, garante estabilidade física e química, além de excelente retenção de água e aeração equilibrada. Sua formulação padronizada assegura qualidade constante na produção de mudas, gerando mudas vigorosas e saudáveis (Fernandes; Caramelo; Moreira, 2016).

O substrato Carolina Soil é formulado a partir de matérias-primas de alta qualidade, como turfa de *Sphagnum* (canadense ou europeia), perlita expandida, vermiculita expandida e casca de arroz torrefada, que em conjunto conferem leveza, uniformidade e elevada capacidade de retenção de água e aeração. Trata-se de um substrato livre de contaminantes, desenvolvido para garantir sanidade e vigor na fase inicial das plântulas, além de apresentar estabilidade física e química adequada às exigências de hortaliças como a alface (Nagel *et al.*, 2024).

Freitas *et al.* (2013) apontaram, em estudo sobre a produção de mudas de alface com diferentes tipos e combinações de substratos (PlantHort I, PlantHort II, PlantHort III e Plantmax) associados a níveis de casca de arroz carbonizada (0; 25; 50; 75; 100%), que o aumento progressivo da proporção de casca de arroz resultou em redução da qualidade das mudas. Esse efeito foi atribuído à baixa retenção de água. Isso compromete o desenvolvimento adequado das plântulas.

2.4 Percentual e Tempo Médio de Germinação

O percentual de germinação constitui um dos principais indicadores da qualidade fisiológica das sementes, sendo amplamente utilizado para avaliar sua capacidade de originar plântulas normais em condições favoráveis de cultivo. Na cultura da alface, elevados índices de germinação são fundamentais para garantir a formação de estandes uniformes e a obtenção de mudas vigorosas (Silva; Silva; Silva, 2021). Além de refletir o potencial fisiológico das sementes, o percentual de germinação está diretamente relacionado à eficiência produtiva dos sistemas de cultivo, influenciando o aproveitamento das bandejas, a redução de falhas na emergência e o sucesso do estabelecimento da cultura no campo ou em ambiente protegido (Bernardino, 2018).

O processo germinativo resulta da interação entre fatores internos e externos que atuam sobre a semente. Entre os fatores intrínsecos destacam-se a qualidade genética, o grau de maturidade, a integridade física e o estado sanitário das sementes. Já os fatores extrínsecos envolvem condições ambientais como temperatura, disponibilidade hídrica, luminosidade e características do substrato utilizado. Quando esses fatores se encontram em níveis adequados, as sementes de alface geralmente apresentam taxas de germinação superiores a 80%, demonstrando elevado potencial fisiológico e capacidade de desenvolvimento inicial satisfatório (Bernardino, 2018).

Outro parâmetro amplamente empregado na avaliação da qualidade das sementes é o tempo médio de germinação, que corresponde ao período necessário para que ocorra a emergência das plântulas após a semeadura. Esse indicador permite avaliar não apenas a capacidade germinativa, mas também a velocidade e a uniformidade do processo de germinação (Romagna *et al.*, 2019). Quanto menor o tempo médio de germinação, maior tende a ser a uniformidade das mudas produzidas, favorecendo o manejo da cultura e reduzindo perdas durante a fase de produção. De acordo com, sementes de alface normalmente apresentam germinação entre quatro e dez dias após a semeadura, dependendo da cultivar e das condições ambientais de cultivo (Gratão; Arruda, 2024).

A temperatura é considerada um dos fatores ambientais de maior influência sobre a germinação das sementes de alface. Segundo Guimarães *et al.* (2022), a faixa ideal para germinação situa-se próxima a 20 °C, condição que favorece a absorção de água e a ativação dos processos metabólicos responsáveis pela emergência das plântulas. Em temperaturas superiores a 30 °C, muitas cultivares apresentam redução da velocidade de germinação ou até mesmo inibição do processo germinativo, fenômeno conhecido como termoinibição. Nessas condições, podem ocorrer falhas na emergência, redução do estande e comprometimento da produção de mudas, especialmente em regiões de clima quente.

As propriedades físicas e químicas do substrato exercem influência direta sobre a germinação e o vigor inicial das plântulas. Substratos alternativos, como casca de arroz carbonizada, fibra de coco e esterco curtido, apresentam características favoráveis, incluindo adequada retenção de água, elevada porosidade e boa aeração, fatores essenciais para o desenvolvimento inicial das sementes. De acordo com Oliveira *et al.* (2024), a utilização desses materiais pode proporcionar germinação mais rápida e uniforme, além de favorecer a formação de mudas mais vigorosas.

Dessa forma, a escolha adequada do substrato representa uma etapa fundamental para o sucesso da produção de mudas de alface e para a obtenção de elevados índices de qualidade fisiológica (Bufalo *et al.*, 2012).

2.5 Sustentabilidade e Agricultura Familiar

A agricultura familiar caracteriza-se como um sistema produtivo em que a gestão, a mão de obra e a tomada de decisões são predominantemente realizadas pelos membros da própria família. Além de representar importante fonte de geração de renda no meio rural, esse modelo de produção desempenha papel fundamental na manutenção das economias locais e na promoção do desenvolvimento sustentável (Maciel; Troian, 2022). De acordo com Santos *et al.* (2025), a agricultura familiar constitui uma forma específica de organização social e produtiva, na qual a relação entre família, terra e trabalho é essencial para a continuidade das atividades agrícolas e para a preservação dos modos de vida rurais.

No Brasil, a produção de hortaliças apresenta forte participação da agricultura familiar, sendo responsável por parcela significativa do abastecimento alimentar da população. Esse segmento contribui diretamente para a segurança alimentar e nutricional ao disponibilizar alimentos frescos, diversificados e de qualidade. Além disso, a comercialização em feiras livres, mercados municipais e programas governamentais fortalece a economia regional, reduz a dependência de intermediários e proporciona maior retorno financeiro aos produtores rurais. A horticultura familiar assume relevante função econômica e social, especialmente em pequenas propriedades rurais (Lima; Bessa; Salomão, 2024).

A sustentabilidade tem se consolidado como um dos principais pilares da agricultura familiar moderna, incentivando a adoção de práticas produtivas que conciliem eficiência econômica, responsabilidade ambiental e inclusão social. Nesse contexto, o aproveitamento de resíduos orgânicos e agroindustriais na produção agrícola representa uma alternativa viável para reduzir impactos ambientais e otimizar o uso dos recursos disponíveis na propriedade. A utilização de materiais alternativos contribui para a redução dos custos de produção, além de promover o reaproveitamento de resíduos que poderiam causar problemas ambientais quando descartados inadequadamente (Martins; Silva, 2025).

Entre as estratégias sustentáveis adotadas na produção de mudas hortícolas, destaca-se o uso de substratos alternativos, como esterco bovino curtido, fibra de

coco e palha de arroz. Esses materiais apresentam características físicas e químicas favoráveis ao desenvolvimento das plantas, contribuindo para a retenção de umidade, aeração do sistema radicular e disponibilidade de nutrientes. Além dos benefícios agronômicos, sua utilização reduz a dependência de substratos comerciais, frequentemente mais onerosos para os pequenos produtores, favorecendo sistemas produtivos economicamente mais acessíveis e ambientalmente responsáveis (Morais; Silva; Vaz, 2022).

Diante desse cenário, a integração entre agricultura familiar e práticas sustentáveis representa uma importante estratégia para fortalecer a produção de hortaliças no Brasil. O aproveitamento de resíduos agrícolas como substratos para produção de mudas contribui para a valorização dos recursos locais, a redução dos custos de produção e a promoção da sustentabilidade ambiental. Assim, a adoção dessas tecnologias pode aumentar a competitividade dos agricultores familiares, favorecendo a produção de alimentos de qualidade e o desenvolvimento sustentável das comunidades rurais (Maciel; Troian, 2022).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Local do Experimento

O experimento foi conduzido no município de Sinop, Mato Grosso, estrada Livia, sítio Vai Quem Quer do proprietário Oswaldo Ascenso latitude 11.8489088° S longitude: 55.5483136° de 384 metros do nível do mar. A cidade de Sinop, localizada no noroeste da região Centro-Oeste do Brasil. O clima da região, segundo a classificação de Köppen (1931), é do tipo Aw, caracterizado como tropical quente e úmido. A temperatura média anual varia entre 24 °C e 27 °C, sendo os meses de setembro e outubro os mais quentes, com temperaturas máximas próximas a 36 °C. A precipitação anual aproxima-se de 1.900 mm. Esse tipo climático, predominante na região centro-norte de Mato Grosso, é marcado por duas estações bem definidas: uma chuvosa, de outubro a abril, e outra seca, de maio a setembro (Toni, 2016).

3.2 Material Vegetal

A cultivar utilizada no experimento foi a alface americana (*Lactuca sativa* L. var. capitata, grupo 'Iceberg'), caracterizada por apresentar folhas espessas, textura crocante e formação de cabeça compacta, sendo amplamente consumida no mercado brasileiro (Figura 2).

Figura 2 – Sementes de alface americana (*Lactuca sativa* var. capitata)



Fonte: Própria (2026).

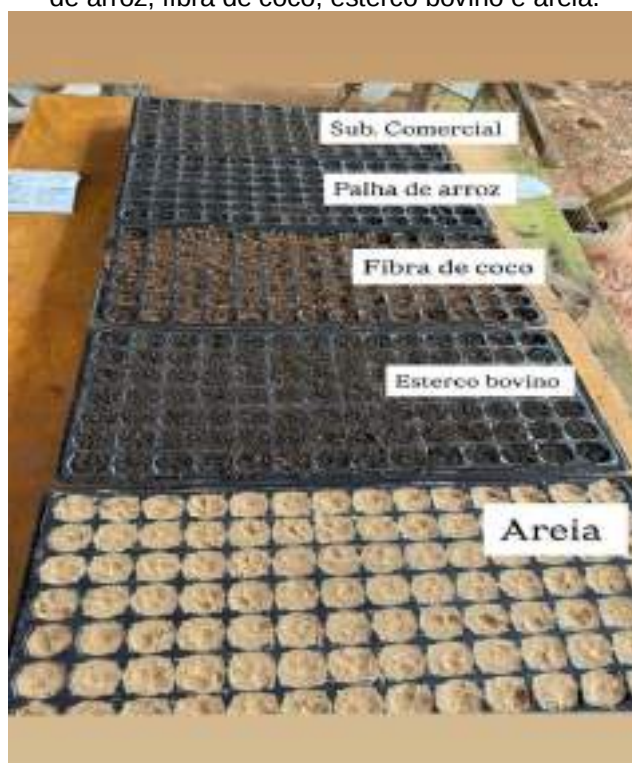
A cultivar apresenta ciclo médio de 45 a 60 dias, com boa uniformidade de

plantas e adaptação ao cultivo em diferentes épocas do ano (Cavalheiro *et al.*, 2015). A faixa ideal de temperatura para seu desenvolvimento situa-se entre 15,5 °C e 28,3 °C (Yuri *et al.*, 2016).

3.3 Experimento em campo

O período de execução do experimento compreendeu de março a abril de 2026, iniciando-se com a semeadura das sementes nas bandejas de cultivo, realizada em 21 de março (Figura 3). As avaliações do desenvolvimento inicial das mudas ocorreram de forma periódica entre os dias 28 de março e 12 de abril de 2026, permitindo acompanhar o crescimento vegetativo e o desenvolvimento radicular das plantas ao longo do experimento.

Figura 3: Semeadura de sementes de alface americana (*Lactuca sativa* var. capitata) em bandejas de poliestireno contendo diferentes substratos utilizados no experimento: substrato comercial, palha de arroz, fibra de coco, esterco bovino e areia.



Fonte: Própria (2026).

O experimento foi conduzido em bandejas de germinação, avaliando-se 5 substratos diferentes na germinação e produção de mudas de alface. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 20 repetições, sendo cada bandeja considerada uma unidade experimental. Foram utilizadas 5

bandejas de poliestireno expandido contendo 70 células cada. Em cada célula foram semeadas três sementes de alface.

Os tratamentos utilizados no experimento envolveram o uso de diferentes substratos alternativos para a produção de mudas. Foram utilizados esterco bovino curtido, palha de arroz, fibra de coco, solo peneirado e substrato comercial, além da testemunha que foi composta exclusivamente por areia lavada, sem adição de qualquer outro componente e sem adubação complementar.

A testemunha com areia lavada sem adubação foi usada como referência basal, por ser um substrato inerte e sem nutrientes.

As misturas foram preparadas na proporção de 1:3 (solo: substrato alternativo), correspondendo a 250 g de solo para 750 g do material alternativo, totalizando 1 kg por tratamento. Essa relação foi definida para garantir maior aporte de matéria orgânica e melhor estrutura física ao substrato (Silva *et al.*, 2018).

A escolha dos componentes agrícolas baseou-se em critérios técnicos, econômicos e ambientais. Os substratos foram preparados por meio de peneiramento, a fim de remover partículas maiores e garantir maior uniformidade das misturas. Em seguida, cada componente foi pesado e homogeneizado manualmente até a completa padronização da textura e da umidade.

Embora os substratos não tenham sido submetidos a análises laboratoriais específicas (pH, condutividade elétrica, teor de matéria orgânica ou textura), sua escolha baseou-se em características amplamente descritas na literatura (Zorzeto *et al.*, 2014; Jorge *et al.*, 2020; Brito; Oliveira; Moraes, 2024).

Após a semeadura, as sementes foram cobertas com uma fina camada do próprio substrato, apenas o suficiente para evitar exposição à luz solar e reduzir a perda de umidade.

O experimento foi conduzido em ambiente protegido, sob estrutura coberta com sombrite, a fim de reduzir a incidência direta de radiação solar e manter um microclima mais estável durante o processo germinativo (Brito *et al.* 2017).

As bandejas permaneceram dispostas sobre bancadas elevadas, garantindo boa ventilação e evitando contato direto com o solo, o que contribuiu para menor risco de contaminação por patógenos e melhor desenvolvimento inicial das plântulas.

A irrigação foi realizada diariamente, em duas aplicações, uma no período da manhã e outra no final da tarde, de forma a manter o substrato próximo à capacidade de campo e evitar estresse hídrico às plântulas.

O método utilizado foi a irrigação manual por meio de borrifadores, aplicando-se um volume padronizado de aproximadamente 1,0 a 1,5 mL de água por célula a cada aplicação, o que corresponde a cerca de 70 a 100 mL por bandeja de 72 células.

3.4 Variáveis Analisadas e Análise Estatística

A germinação foi avaliada pela porcentagem de plântulas emergidas em relação ao total de sementes semeadas. A contagem foi realizada diariamente, até estabilização da emergência. A porcentagem de germinação foi calculada pela fórmula (Labouriau, 1983):

$$G (\%) = \frac{\text{nº de sementes germinadas}}{\text{nº de sementes semeadas}} \times 100$$

Foi considerada como plântula emergida aquela em que o hipocótilo ultrapassar a superfície do substrato, expondo os cotilédones de forma visível e íntegra, conforme critérios descritos por Labouriau (1983).

O diâmetro do caule foi mensurado com auxílio de paquímetro digital, realizando-se a medição na região do colo da planta, imediatamente acima da superfície do substrato. As avaliações foram realizadas individualmente em cada muda, sendo os resultados expressos em milímetros (mm). (Figura 3).

Figura 4: Avaliação das mudas durante o período experimental.



Fonte: Própria (2026).

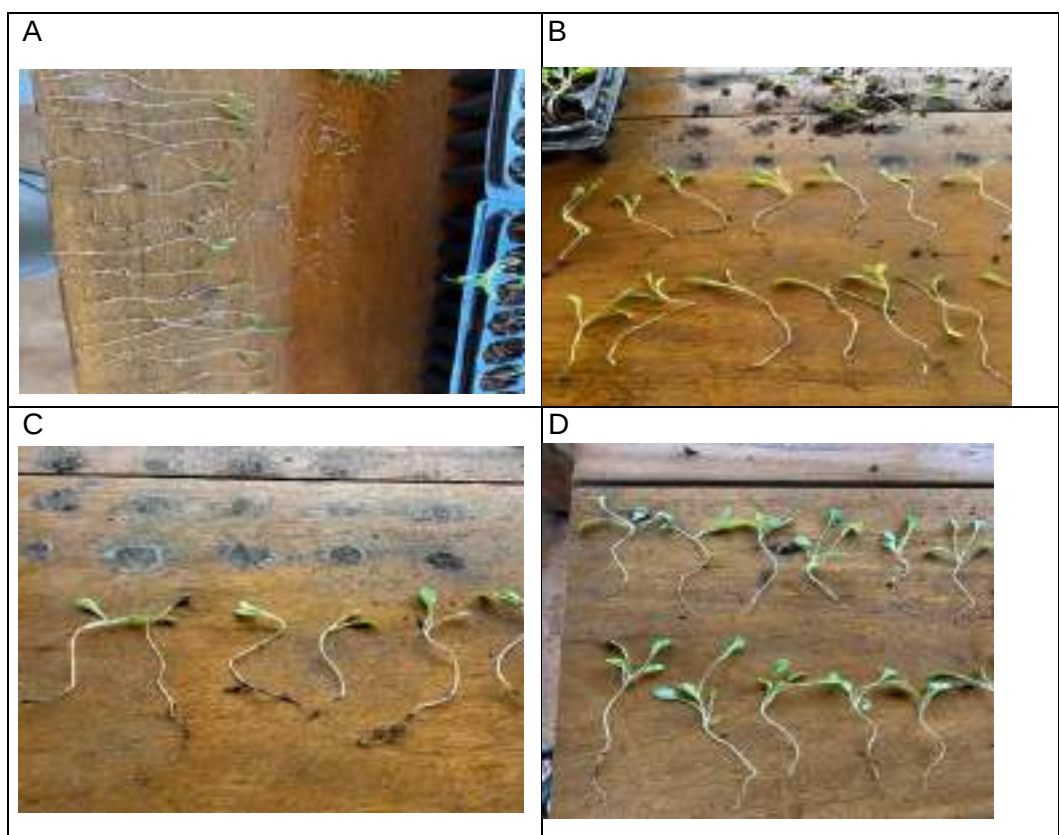
O número de folhas foi determinado por meio da contagem manual das folhas totalmente expandidas e fisiologicamente ativas em cada muda.

As avaliações foram realizadas individualmente em todas as mudas selecionadas para o experimento, em intervalos previamente estabelecidos, permitindo acompanhar a evolução do crescimento vegetativo ao longo do período experimental.

O crescimento radicular foi avaliado ao final do experimento por meio da mensuração do comprimento da raiz principal. Para isso, as mudas foram cuidadosamente removidas das bandejas e submetidas à lavagem em água corrente para a remoção dos resíduos de substrato aderidos ao sistema radicular, evitando danos às estruturas avaliadas.

Posteriormente, o comprimento da raiz principal foi medido com auxílio de fita métrica graduada, considerando a distância entre o colo da planta e a extremidade da raiz.

Quadro 1: Desenvolvimento radicular das mudas de alface americana cultivadas em diferentes substratos aos 28 dias após a semeadura. (A) Areia; (B) Esterco bovino; (C) Substrato comercial; (D) Palha de arroz; (E) Fibra de coco.





Fonte: Própria (2026)

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, com auxílio do *software* SISVAR (Ferreira, 2011).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

No experimento, foram analisados diferentes substratos quanto ao número de sementes germinadas, incluindo areia, esterco bovino, fibra de coco, palha de arroz e substrato comercial. Os resultados obtidos permitiram comparar o desempenho de cada tratamento, contribuindo para a identificação dos substratos mais eficientes no processo germinativo.

4.1 Influência dos substratos no crescimento das mudas de alface americana

Os resultados apresentados na Tabela 1 demonstram que a maior média foi observada no tratamento com palha de arroz (68,97 mm), seguido pela fibra de coco (57,21 mm) e esterco bovino (54,47 mm), os quais não diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os menores valores foram registrados nos tratamentos com areia (34,97 mm) e substrato comercial (27,89 mm), formando um grupo estatisticamente inferior. O coeficiente de variação (CV = 16,27%) indica boa precisão experimental, demonstrando confiabilidade dos resultados obtidos.

Tabela 1 – Altura das mudas em função dos diferentes substratos.

Tratamento	Substrato	Altura (mm)
T4	Palha de arroz	68,97 a
T5	Fibra de coco	57,21 a
T3	Esterco bovino	54,47 a
T1	Areia	34,97 b
T2	Substrato comercial	27,89 b
CV (%) = 16,27		

Fonte: Autor (2026).

A superioridade da palha de arroz pode estar associada às suas características físicas, como elevada porosidade, adequada drenagem e boa aeração, fatores que favorecem o crescimento radicular e a absorção de água e nutrientes. Segundo Jorge *et al.* (2020), substratos com equilíbrio entre retenção hídrica e porosidade promovem maior desenvolvimento da parte aérea das mudas.

De forma semelhante, Brito, Oliveira e Moraes (2024) observaram que resíduos agroindustriais utilizados como substratos alternativos melhoram as condições físicas do meio de cultivo, resultando em maior crescimento vegetal. Maia

et al. (2020) também destacam que materiais orgânicos favorecem a estabilidade estrutural do substrato e contribuem para a formação de mudas mais vigorosas e uniformes.

Os resultados obtidos para fibra de coco e esterco bovino corroboram estudos desenvolvidos por Gratão e Arruda (2024) e Júnior *et al.* (2024), que relatam o potencial desses materiais na produção de mudas hortícolas. A fibra de coco apresenta elevada capacidade de retenção de água sem comprometer a oxigenação das raízes, enquanto o esterco bovino fornece matéria orgânica e nutrientes essenciais ao crescimento inicial das plantas.

Por outro lado, a menor altura observada na areia e no substrato comercial sugere limitações relacionadas à disponibilidade de nutrientes e às características físicas desses materiais nas condições do experimento. A palha de arroz destacou-se como o substrato mais eficiente para promover o crescimento inicial das mudas de alface americana

4.2 Desenvolvimento das mudas e crescimento radicular

Os resultados apresentados na Tabela 1 demonstram que os diferentes substratos influenciaram significativamente o desenvolvimento radicular das mudas de alface americana. A maior média de comprimento radicular foi observada no tratamento com palha de arroz (31,47 mm), diferindo estatisticamente do substrato comercial (10,98 mm), que apresentou o menor valor. Os tratamentos com fibra de coco (24,70 mm), esterco bovino (20,67 mm) e areia (16,18 mm) apresentaram desempenho intermediário. O coeficiente de variação ($CV = 24,17\%$) indica variabilidade moderada dos dados, considerada aceitável para experimentos conduzidos com materiais biológicos e avaliações de crescimento radicular.

Tabela 2 – Comprimento radicular das mudas em função dos diferentes substratos.

Tratamento	Substrato	Raiz (mm)
T4	Palha de arroz	31,47 a
T5	Fibra de coco	24,70 ab
T3	Esterco bovino	20,67 bc
T1	Areia	16,18 bc
T2	Substrato comercial	10,98 c
CV (%) = 24,17		

Fonte: Autor (2026).

O maior desenvolvimento radicular observado no tratamento com palha de arroz demonstra a importância das características físicas do substrato para o crescimento inicial das mudas de alface. A elevada porosidade desse material favorece a aeração e a drenagem, proporcionando melhores condições para a expansão das raízes e absorção de água.

Segundo Jorge *et al.* (2020), substratos com equilíbrio entre retenção hídrica e porosidade promovem maior crescimento radicular e melhor estabelecimento das plântulas. De forma semelhante, Maia *et al.* (2020) relatam que materiais orgânicos e resíduos vegetais contribuem para a formação de sistemas radiculares mais vigorosos, em razão da melhoria das propriedades físicas do substrato.

Os resultados obtidos para fibra de coco e esterco bovino também evidenciam potencial para utilização na produção de mudas de alface americana. A fibra de coco apresenta elevada capacidade de retenção de água sem comprometer a oxigenação das raízes, característica destacada por Gratão e Arruda (2024) como fundamental para o desenvolvimento inicial das mudas. Já o esterco bovino contribui para o fornecimento gradual de nutrientes e matéria orgânica, favorecendo o crescimento vegetal (Brito; Oliveira; Moraes, 2024).

Em contrapartida, o menor desenvolvimento radicular observado no substrato comercial sugere que suas características físicas não foram adequadas às condições experimentais avaliadas. Dessa forma, os resultados reforçam a viabilidade da utilização de substratos alternativos, especialmente a palha de arroz e a fibra de coco, na produção de mudas de alface americana.

4.3 Germinação das sementes de alface americana

Os resultados apresentados na Tabela 3 demonstram que os diferentes substratos influenciaram significativamente a germinação das sementes de alface americana. As maiores médias foram observadas nos tratamentos com palha de arroz (98,57%), areia (97,14%), esterco bovino (94,28%) e fibra de coco (91,43%), os quais não diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Em contrapartida, o substrato comercial apresentou a menor porcentagem de germinação (52,85%), diferindo significativamente dos demais tratamentos. O coeficiente de variação (CV = 13,30%) indica boa precisão experimental e adequada confiabilidade dos resultados obtidos.

Tabela 3 – Germinação das sementes de alface americana em função dos diferentes substratos.

Tratamento	Substrato	Germinação (%)
T4	Palha de arroz	98,57 a
T1	Areia	97,14 a
T3	Esterco bovino	94,28 a
T5	Fibra de coco	91,43 a
T2	Substrato comercial	52,85 b
CV (%)		13,30

Fonte: Autor (2026).

A germinação observada nos tratamentos com palha de arroz, areia, esterco bovino e fibra de coco pode estar relacionada às características físicas desses materiais, especialmente quanto à aeração e à manutenção da umidade necessária ao processo germinativo.

Segundo Gratão e Arruda (2024), a germinação das sementes de alface depende diretamente do equilíbrio entre disponibilidade de água e oxigenação do substrato. Da mesma forma, Oliveira *et al.* (2024) destacam que substratos alternativos bem estruturados favorecem a emergência uniforme das plântulas, proporcionando melhores condições para o estabelecimento inicial da cultura.

O baixo desempenho do substrato comercial observado neste estudo diverge de resultados normalmente encontrados na literatura, uma vez que esses materiais são formulados para proporcionar condições adequadas ao desenvolvimento das mudas. Entretanto, Nagel *et al.* (2024) ressaltam que a eficiência dos substratos comerciais pode variar conforme suas características físicas, composição e condições ambientais de cultivo.

Os resultados obtidos também corroboram os achados de Klein (2015), que destaca a importância das propriedades físicas do substrato para o desenvolvimento inicial das mudas. Segundo o autor, materiais que apresentam adequada aeração, retenção de água e disponibilidade de espaço para o crescimento radicular favorecem o estabelecimento das plantas e contribuem para a formação de mudas mais vigorosas. Nesse sentido, a superioridade observada na palha de arroz evidencia o potencial desse material como componente alternativo na produção de mudas de alface americana.

Além disso, Brito, Oliveira e Moraes (2024) afirmam que substratos alternativos podem apresentar desempenho igual ou superior aos comerciais quando

possuem adequada retenção hídrica, porosidade e estabilidade estrutural. Dessa forma, os resultados obtidos reforçam o potencial dos substratos alternativos, especialmente da palha de arroz, como alternativa sustentável e eficiente para a produção de mudas de alface americana.

4.4 Número de folhas das mudas

A avaliação do número de folhas foi realizada durante o desenvolvimento inicial das mudas, visando acompanhar o vigor vegetativo das plantas nos diferentes substratos utilizados. As folhas totalmente desenvolvidas foram contadas manualmente, enquanto o diâmetro do caule foi mensurado com paquímetro digital na região do colo da planta. As avaliações ocorreram periodicamente ao longo do experimento, permitindo acompanhar a evolução do crescimento vegetativo das mudas.

As análises ocorreram em três avaliações sucessivas, considerando apenas folhas completamente desenvolvidas em cada tratamento. Na primeira avaliação, observou-se que todas as mudas apresentavam entre uma e duas folhas totalmente desenvolvidas, demonstrando crescimento inicial uniforme entre os substratos avaliados. Na segunda avaliação, verificou-se avanço no desenvolvimento vegetativo das plantas, com as mudas apresentando entre duas e três folhas completamente desenvolvidas, evidenciando evolução gradual do crescimento.

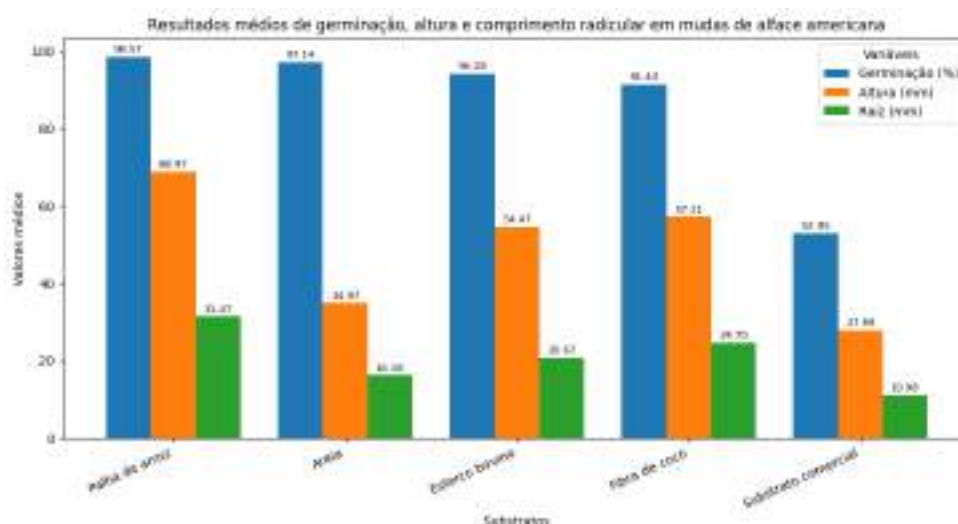
Na terceira avaliação, a fibra de coco destacou-se em relação aos demais tratamentos, apresentando mudas com quatro a cinco folhas totalmente desenvolvidas, evidenciando maior desenvolvimento vegetativo. Em contrapartida, as mudas cultivadas nos demais substratos apresentaram, em média, apenas três folhas completamente expandidas, indicando crescimento inferior nessa fase de desenvolvimento.

O resultado demonstra maior eficiência da fibra de coco no desenvolvimento vegetativo das mudas, possivelmente devido à elevada capacidade de retenção de água, adequada aeração e melhores condições para absorção de nutrientes. Segundo Klein (2015) e Sousa, Leão e Lima (2024), substratos com melhores características físicas favorecem o crescimento vegetativo, o desenvolvimento uniforme das plantas e maior vigor das mudas durante a fase inicial de formação.

Os resultados apresentados no Gráfico 1 evidenciam a influência dos diferentes substratos sobre a germinação, altura das plantas e comprimento radicular das mudas de alface americana.

Observa-se que a palha de arroz apresentou os melhores resultados para todas as variáveis avaliadas, registrando 98,57% de germinação, 68,97 mm de altura e 31,47 mm de comprimento radicular. A fibra de coco e o esterco bovino também proporcionaram desempenho satisfatório, com valores superiores aos observados para areia e substrato comercial. Em contrapartida, o substrato comercial apresentou os menores resultados em todas as variáveis analisadas, especialmente para germinação (52,85%) e comprimento radicular (10,98 mm).

Gráfico 1 – Resultados de germinação, altura e comprimento radicular das mudas de alface americana em função dos diferentes substratos.



Fonte: Autor (2026).

A análise conjunta apresentada confirma os resultados observados individualmente para germinação, altura das plantas e comprimento radicular. Verifica-se que a palha de arroz apresentou desempenho superior em todas as variáveis avaliadas, evidenciando sua eficiência como substrato para a produção de mudas de alface americana.

Esse resultado pode ser atribuído às características físicas do material, como elevada porosidade, boa drenagem e adequada retenção de umidade, fatores que favorecem tanto a germinação quanto o crescimento da parte aérea e do sistema radicular. Segundo Jorge *et al.* (2020), substratos com adequada relação entre

aeração e retenção hídrica proporcionam melhores condições para o desenvolvimento inicial das plântulas.

A fibra de coco e o esterco bovino também apresentaram resultados expressivos, demonstrando potencial para utilização na produção de mudas. A fibra de coco destacou-se principalmente pelo equilíbrio entre retenção de água e oxigenação das raízes, condição considerada essencial para o crescimento vegetal (Gratão; Arruda, 2024). O esterco bovino contribui para o fornecimento de matéria orgânica e nutrientes, favorecendo o vigor das plantas (Brito; Oliveira; Moraes, 2024). Esses resultados corroboram estudos que apontam os substratos alternativos como opções viáveis e sustentáveis para substituir materiais convencionais utilizados na horticultura.

Por outro lado, o substrato comercial apresentou os menores valores para todas as variáveis analisadas, especialmente para germinação e crescimento radicular. Embora esses materiais sejam amplamente utilizados na produção de mudas, seu desempenho pode variar em função da composição, granulometria e condições de manejo adotadas durante o cultivo.

Conforme relatam Nagel *et al.* (2024), a eficiência dos substratos comerciais depende diretamente de suas propriedades físicas e químicas. Dessa forma, os resultados obtidos reforçam que a utilização de substratos alternativos, especialmente a palha de arroz, pode representar uma alternativa eficiente, econômica e ambientalmente sustentável para a produção de mudas de alface americana.

Os resultados obtidos neste estudo demonstraram que os diferentes substratos exerceram influência significativa sobre a germinação, altura das plantas e comprimento radicular das mudas de alface americana. De modo geral, os melhores desempenhos foram observados nos tratamentos com palha de arroz, fibra de coco e esterco bovino, enquanto o substrato comercial apresentou os menores valores para a maioria das variáveis avaliadas. Esses resultados evidenciam a importância da escolha adequada do substrato na fase de produção de mudas, uma vez que suas características físicas e químicas influenciam diretamente o desenvolvimento inicial das plantas.

A utilização desses substratos foi proposta devido à sua ampla disponibilidade, baixo custo e potencial de aproveitamento como resíduos orgânicos ou agroindustriais. A palha de arroz foi selecionada por apresentar elevada porosidade e boa capacidade de drenagem; a fibra de coco, pela capacidade de retenção de água

associada à adequada aeração; e o esterco bovino, pelo fornecimento de matéria orgânica e nutrientes essenciais ao crescimento vegetal. Além disso, a utilização desses materiais contribui para a redução de resíduos no ambiente e para a adoção de práticas agrícolas mais sustentáveis, alinhadas aos princípios da economia circular e do aproveitamento de recursos locais.

Portanto, os resultados obtidos permitem concluir que os substratos alternativos avaliados apresentam potencial para utilização na produção de mudas de alface americana, destacando-se especialmente a palha de arroz, que proporcionou os melhores resultados em todas as variáveis analisadas. A adoção desses materiais pode representar uma alternativa economicamente viável e ambientalmente sustentável para produtores rurais e viveiristas, contribuindo para a obtenção de mudas mais vigorosas, uniformes e com maior potencial de estabelecimento após o transplântio.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que os diferentes substratos influenciaram significativamente a germinação, a altura das plantas e o desenvolvimento radicular das mudas de alface americana. A palha de arroz apresentou os melhores resultados em todas as variáveis avaliadas, seguida pela fibra de coco e pelo esterco bovino, demonstrando maior eficiência na produção de mudas vigorosas e uniformes.

REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, Marcos Bruno Costa *et al.* **Análise de sistemas com diferentes meios de produção na cultura da alface.** Observatório de La Economía Latinoamericana, v. 21, n. 11, p. 22080-22093, 2023. Disponível em: <https://ojs.observatoriolatinoamericano.com/ojs/index.php/olel/article/view/2047>. Acesso em 17 mai. 2026.

BERNARDINO, Dayana Lúcia Mota Pinheiro *et al.* **Efeitos de rizobactérias e substratos na qualidade fisiológica de sementes de alface.** Revista de Ciências Agrárias, v. 41, n. 2, p. 316-326, 2018. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/rca/article/view/16685>. Acesso em 17 mai. 2026.

BRITO, Leonardo da S. *et al.* **Reutilização de resíduos regionais como substratos na produção de mudas de cultivares de alface a partir de sementes com e sem peletização.** Revista de la Facultad de Agronomía, v. 116, 2017. Disponível em: <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/61830>. Acesso em 19 mai. 2026.

BRITO, Wellison Rafael De Oliveira; OLIVEIRA, Cássia Nascimento De Moraes; MORAES, Railma Pereira. **Utilização de substrato preparado com compostagem para produção de mudas: uma revisão sistemática de literatura.** Revista JRG de Estudos Acadêmicos, v. 7, n. 14, p. e141009-e141009, 2024. Disponível em: <https://mail.revistajrg.com/index.php/jrg/article/view/1009>. Acesso em 12 mar. 2026.

BUFALO, Jennifer *et al.* **Períodos de estratificação na germinação de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.)** sob diferentes condições de luz e temperatura. Semina: Ciências Agrárias, v. 33, n. 3, p. 931-940, 2012. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/6619>. Acesso em 19 mai. 2026.

CAVALHEIRO, Daielly Baritieri *et al.* **Produção de alface (*Lactuca sativa* L.) cv. Vanda, cultivada sob diferentes ambientes e níveis de adubação mineral e orgânica.** Revista Cultivando o Saber, v. 8, n. 1, p. 107-122, 2015. Disponível em: <https://cultivandosaber.fag.edu.br/index.php/cultivando/article/view/632>. Acesso em 22 mai. 2026.

CECCHERINI, Guilherme José *et al.* **Avaliação de diferentes volumes de bandejas sobre o desenvolvimento de alface.** Revista Ciência, Tecnologia & Ambiente, v. 8, n. 1, p. 30-36, 2018. Disponível em: <https://revistacta.ufscar.br/index.php/revistacta/article/view/109>. Acesso em 17 fev. 2026.

DOURADO, Daisy Parente. *et al.* **Influência de diferentes tipos de recipientes na germinação de variedades de alface.** Ciências Agrárias, v. 29, n. 145, abr. 2025. Disponível em: <https://revistaft.com.br/influencia-de-diferentes-tipos-de-recipientes-na-germinacao-de-variedades-de-alface/>. Acesso em 18 mai. 2026.

FAVARATO, Luiz Fernando; BALBINO, JM de S. **Produção de mudas.** Alface, p. 32, 2022. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Mauricio->

Fornazier/publication/362419230_lettuce_cultivation_cultura_da_alface_-_in_portuguese/links/62e944ed3c0ea8788776b1f8/lettuce-cultivation-cultura-da-alface-in-portuguese.pdf#page=33. Acesso em 17 mai. 2026.

FERNANDES, Pedro Henrique *et al.* **Uso de fertilizantes organominerais fosfatados no cultivo da alface e de milho em sucessão**. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 6, p. 37907-37922, 2020. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/11735>. Acesso em 17 mai. 2026.

FERNANDES, Ricardo Gil; CAMELO, Anaira Denise; MOREIRA, WMQ. **Desenvolvimento de plântulas de alface (*Lactuca sativa* L.) submetidas a tratamento de semente com produto enraizador sob diferentes doses**. Revista Fafibe, v. 9, p. 127-134, 2016. Disponível em: <https://unifafibe.com.br/revistasonline/arquivos/revistafafibeonline/sumario/49/16032017213917.pdf>. Acesso em 18 mai. 2026.

FERREIRA, Daniel Furtado. **Sisvar: um sistema computacional de análise estatística**. Ciência e agrotecnologia, v. 35, p. 1039-1042, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/yjKLJXN9KysfmX6rvL93TSh/abstract/?format=html&lang=pt&stop=previous>. Acesso em 18 mai. 2026.

FRANÇA, Roberto; SANTOS, Daiane Ramos; RAMPIM, Leandro. **Influência do tipo de bancada na produção de mudas de alface**. Revista Campo Digital, v. 13, n. 1, 2018. Disponível em: <http://periodicos.grupointegrado.br/revista/index.php/campodigital/article/view/2292>. Acesso em 18 mai. 2026.

FREITAS, Gilson Araújo de *et al.* **Produção de mudas de alface em função de diferentes combinações de substratos**. Revista Ciência Agronômica, v. 44, p. 159-166, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rca/a/d8CdH3LpKCt47Ssn5fdSMJK/>. Acesso em 18 mai. 2026.

GONÇALVES, Lucas De Oliveira; ALMEIDA, Crislene Barbosa. **Tipos De Adubação Com Ênfase Em Orgânicos Na Cultura Da Alface (*Lactuca sativa*)**. Revista Científica Unilago, v. 1, n. 2, 2024. Disponível em: <https://revistas.unilago.edu.br/index.php/revista-cientifica/article/view/1171>. Acesso em 11 mai. 2026.

GOTO, Caroline Arisa. **Avaliação da qualidade e da fitotoxicidade de compostos orgânicos na produção de mudas de alface (*Lactuca sativa*)**. 2024. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/35680>. Acesso em 13 mai. 2026.

GRATÃO, Mariana Souza; ARRUDA, Natália. **Produção De Sementes De Hortaliças: Conceitos, Procedimentos E Sistemas De Produção**. In: Avanços Da Pesquisa E Inovação Em Sistemas Agrícolas: Conjunturas Da Ciências Agrárias- Volume 3. Editora Científica Digital, 2024. p. 86-110. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/241118137.pdf>. Acesso em 17 mai. 2026.

GUIMARÃES, Nathália Nascimento *et al.* **Teste de germinação de sementes de alface em diferentes substratos: Lettuce seed germination test on different substrates.** Brazilian Journal of Development, v. 8, n. 10, p. 65398-65407, 2022. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/52723>. Acesso em 17 mai. 2026.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2017.** Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/>. Acesso em 10 mai. 2026.

JORGE. Marçal Henrique Amici *et al.* **Informações técnicas sobre substratos utilizados na produção de mudas de hortaliças.** Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2020. (Documentos, 180). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1125796/1/DOC-180-18-set-2020.pdf>. Acesso em: 18 mai. 2026.

KLEIN, Claudia. **Utilização De Substratos Alternativos Para Produção De Mudas.** Revista Brasileira de Energias Renováveis, v. 4, p. 43-63, 2015. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/rber/article/download/40742/26662>. Acesso em: 18 mai. 2026.

KÖPPEN, W. Grundriss der Klimakunde: **Outline of climate science.** Berlin: Walter de Gruyter, 1931.

LABOURIAU, Luiz Germano. **A germinação das sementes.** Washington, DC: Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos (OEA), 1983. 174 p.

LIMA, João Pedro Ferraz; BESSA, Ryan Rodrigues; SALOMÃO, Pedro Emílio Amador. **A importância da agricultura familiar para a segurança alimentar.** Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v. 9, n. 1, 2024. Disponível em: <http://revista.unipacto.com.br/index.php/multidisciplinar/article/view/2611>. Acesso em 11 mai. 2026.

LIMA, Marcus Vinícius Gonçalves *et al.* **Vermicompostos como substratos no desempenho de mudas de alface e rúcula.** Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v. 14, n. 3, p. 374-381, 2019. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7155657>. Acesso em 28 mai. 2026.

MACIEL, Mitali Daian Alves; TROIAN, Alessandra. **A produção de novidades da agricultura familiar: O protagonismo dos sistemas orgânicos e agroecológicos no desenvolvimento sustentável.** Desafio Online, v. 10, n. 3, 2022. <https://desafioonline.ufms.br/index.php/deson/article/view/15228>. Acesso em 19 mai. 2026.

MAIA, Antonio Alfredo *et al.* **Desenvolvimento de substrato formulado com composto orgânico e casca de arroz para a produção de mudas de hortaliças.** 2020. Disponível em: <https://rima.ufrj.br/jspui/handle/20.500.14407/10447>. Acesso em 11 mai. 2026.

MARTINS, Barbara Ribeiro; SILVA, Susania Moreira. **Agricultura Familiar E Sustentabilidade: O Cultivo De Hortaliças Em Mateiros; Jalapão.** Revista

Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v. 6, n. 1, p. 1-7, 2025. Disponível em: <http://revista.unipacto.com.br/index.php/multidisciplinar/article/view/3672>. Acesso em 03 mai. 2026.

MATTOS, Elaine Cristina *et al.* **Qualidade microscópica de alfaces (*Lactuca sativa*L.) oriundas de diferentes formas de cultivo e minimamente processadas comercializadas em municípios das regiões nordeste e metropolitana do estado de São Paulo.** Vigilância Sanitária em Debate, v. 9, n. 3, p. 149-158, 2021.

MEDINA-LOZANO, Inés; BERTOLÍN, Juan Ramón; DÍAZ, Aurora. **Valor nutricional de alface comercial e tradicional (*Lactuca sativa* L.) e parentes silvestres: teor de vitamina C e antocianina.** Food Chemistry, v. 359, p. 129864, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814621008700>. Acesso em 03 mai. 2026.

MORAES, Fernanda Aparecida; SILVA, Letícia Helena; GOMES, Lucas De Oliveira. **ANÁLISE Qualitativa Da Produção De Alface Mostrando As Vantagens Dos Sistemas Hidropônicos Em Relação Ao Sistema Convencional.** In: Congresso de Tecnologia-Fatec Mococa. 2021. Disponível em: <https://congresso.fatecmococa.edu.br/index.php/congresso/article/download/42/24>. Acesso em 03 mai. 2026.

NAGEL, Jordana Caroline *et al.* **Produção de microverdes de alface Deva em diferentes substratos.** Revista Sociedade Científica, v. 7, n. 1, p. 2507-2515, 2024. Disponível em: <https://journal.scientificsociety.net/index.php/sobre/article/view/458>. Acesso em 03 mai. 2026.

OLIVEIRA, João Carlos Vilar *et al.* **Produção de mudas de alface em diferentes substratos e níveis de solução nutritiva.** Caderno Pedagógico, v. 21, n. 12, p. e10293-e10293, 2024. Disponível em: <https://ojs.studiespublicacoes.com.br/ojs/index.php/cadped/article/view/10293>. Acesso em 16 mai. 2026.

PIMENTA, Mycael Alvarenga. **A Influência De Diferentes Substratos No Cultivo Inicial De Alface Crespa.** Revista Científica da UniMais, v. 22, n. 2, 2024. Disponível em: <https://revistas.facmais.edu.br/index.php/revistacientificafacmais/article/view/273>. Acesso em 28 mai. 2026.

PINTO JÚNIOR, Alessandro de Oliveira *et al.* **Produção de mudas de alface americana em diferentes substratos.** Revista GeTeC, v. 14, 2024. Disponível em: <http://revistas.fucamp.edu.br/index.php/getec/article/view/3364>. Acesso em 17 set. 2025.

PROCÓPIO, Igor Julyetson Silva *et al.* **Aproveitamento da casca de coco verde como substrato agrícola.** Observatorio de la Economía Latinoamericana, v. 24, n. 2, p. 32, 2026. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10684770>. Acesso em 28 mai. 2026.

RESENDE, Geraldo Milanez de. **Efeito da época e adubação em alface**. Revista Cultivar – Hortaliças e Frutas, ed. 79, 2020. Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/artigos/efeito-da-epoca-e-adubacao-em-alface>. Acesso em 17 mai. 2026.

ROMAGNA, Izabelle Scheffer. **Bioestimulantes em sementes de olerícolas submetidos a testes de germinação e vigor**. Scientia Plena, v. 15, n. 10, 2019. <https://scientiaplena.emnuvens.com.br/sp/article/view/4889>. Acesso em 19 mai. 2026.

SANTOS, Lourenço Oliveira *et al.* **A Importância da Olericultura Na Dinamização Da Cadeia Produtiva De Hortaliças Na Agricultura Familiar No Brasil**. Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v. 9, n. 1, p. 1-10, 2025. Disponível em: <http://revista.unipacto.com.br/index.php/multidisciplinar/article/view/3913>. Acesso em 12 set. 2025.

SILVA, Antônio Veimar; SILVA, Carla Michelle; SILVA, João Henrique Barbosa. **Pesquisas em ciências agrárias-Volume 2**. Editora CRV, 2021.

SILVA, Edvan Costa; MARQUES, Adynna Nayara Silva; LEONEL, Léo Vieira. **Avaliação de mudas da alface cv. Elba (*Lactuca sativa* L.) em diferentes substratos**. Revista Cultura Agrônômica, v. 26, n. 4, p. 520-529, 2017. Disponível em: <https://phpadmojs.unesp.br/index.php/rculturaagronomica/article/view/2446-8355.2017v26n4p520-529>. Acesso em 28 mai. 2026.

SILVA, Jenifer Lima *et al.* **Uso de biocarvão como substrato na produção de mudas a partir de duas biomassas diferentes**. Revista Tecnologia e Sociedade, v. 18, n. 53, p. 237-248, 2022. Disponível em: <http://revistas.utfpr.edu.br/rts/article/view/15768>. Acesso em 12 mai. 2026.

SILVA, Matheus Holanda *et al.* **Cultivo de alface utilizando substratos alternativos**. Scientia Naturalis, v. 2, n. 2, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufac.br/index.php/SciNat/article/view/4249>. Acesso em 12 mai. 2026.

SOUSA, Fernanda Fernandes; LEÃO, Geovânia Pimenta; LIMA, Ronaldo Pereira. **Desempenho Da Cultura Da Alface Em Substratos Alternativos**. Facit Business and Technology Journal, v. 1, n. 54, 2024. Disponível em: <http://revistas.faculadefacit.edu.br/index.php/JNT/article/view/2971/0>. Acesso em 12 mai. 2026.

SOUZA, Cleon Justino. **Avaliação De Materiais Orgânicos Alternativos Para Produção De Mudas De Alface**. Global Science & Technology, v. 13, n. 2, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Silvio-Ushiwata/publication/343049894_AVALIACAO_DE_MATERIAIS_ORGANICOS_ALT ERnativos_para_producao_de_mudas_de_alface/links/5f134b5292851c1eff1c2adf/a_valiacao-de-materiais-organicos-alternativos-para-producao-de-mudas-de-alface.pdf. Acesso em 28 mai. 2026.

TONI, Ricardo Antônio. **Análise de cultivares de soja em resposta às diferentes formas de inoculação no município de Sinop–MT**. 2016. Disponível em: <http://www.seasinop.com.br/revista/index.php?journal=SEA&page=article&op=view&path%5B%5D=549&path%5B%5D=pdf>. Acesso em 12 mai. 2026.

VERAS, Raimundo Nonato dos Santos *et al.* **Desempenho da alface Vanda em relação ao uso de adubo químico e composto orgânico**. Research, Society and Development, v. 8, n. 1, p. e3581618-e3581618, 2019. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/618>. Acesso em 12 mai. 2026.

VIEIRA, Elvis Lima; CARVALHO, Zuleide Silva. **Fisiologia de sementes: Parte I- formação e germinação de sementes**. Boletim Científico Agrônômico do CCAAB/UFRB, v. 1, p. e2259-e2259, 2023. Disponível em: <https://periodicos.ufrb.edu.br/index.php/bcaufrb/article/view/5886>. Acesso em 28 mai. 2026.

WATTHIER, Maristela *et al.* **Húmus de minhoca e casca de arroz carbonizada como substratos para produção de mudas de alface**. Brazilian Applied Science Review, v. 3, n. 5, p. 2065-2071, 2019. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BASR/article/view/3692>. Acesso em 12 mai. 2026.

YANG, Xiao *et al.* **Compostos bioativos na alface: Destacando os benefícios para a saúde humana e os impactos das práticas pré e pós-colheita**. Revisões abrangentes em ciência e segurança alimentar, v. 21, n. 1, p. 4-45, 2022. Disponível em: <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1541-4337.12877>. Acesso em 14 mai. 2026.

YOKORO, Gilberto Kazuhiko; PEREIRA, Jaiane Aparecida. **Produção e comercialização da alface: um estudo a partir da perspectiva dos produtores do município de Naviraí-MS**. Revista Científica Agropampa, v. 3, n. 3, p. 64-79, 2020. Disponível em: <https://cpnv.ufms.br/files/2021/01/103401-Texto-do-artigo-2419-1-10-20201212.pdf>. Acesso em 14 mai. 2026.

YURI, Jony Eishi *et al.* **Produção de alface americana em função da época de cultivo e doses de nitrogênio**. Embrapa Semiárido-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2016. Disponível em: <https://scholar.archive.org/work/pvtiaipltfa2zaiwcictndxkf4/access/wayback/http://www.revista.ueg.br/index.php/agrotecnologia/article/download/4239/pdf>. Acesso em 12 mai. 2026.

ZORZETO, Thais Queiroz *et al.* **Caracterização física de substratos para plantas**. Bragantia, v. 73, p. 300-311, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/a/nsjpDSJTKc8nYnd8nY3JzXk/?lang=pt>. Acesso em 10 mai. 2026.