

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
PRO-REITORIA DE GRADUAÇÃO
ESCOLA POLITÉCNICA E DE ARTES
CURSO DE AGRONOMIA

PEDRO HUGO MORAES FERRO

**EFEITO DE DIFERENTES PROPORÇÕES DE HÚMUS DE MINHOCAS E
SUBSTRATO ORGÂNICO NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE ALFACE CRESPA**

GOIÂNIA - GO

2026

PEDRO HUGO MORAES FERRO

**EFEITO DE DIFERENTES PROPORÇÕES DE HÚMUS DE MINHOCAS E
SUBSTRATO ORGÂNICO NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE ALFACE CRESPA**

Artigo apresentado como requisito parcial para
composição de média final na disciplina de
Trabalho de Conclusão de curso de graduação em
Agronomia, da Pontifícia Universidade Católica
de Goiás, PUC-Goiás.

Orientadora: Profa. Dra. Leandra Regina
Semensato

GOIÂNIA - GO

2026

PEDRO HUGO MORAES FERRO

**EFEITO DE DIFERENTES PROPORÇÕES DE HÚMUS DE MINHOCAS E
SUBSTRATO ORGÂNICO NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE ALFACE CRESPA**

BANCA EXAMINADORA

Presidente (Dr^a Leandra Regina Semensato)

PUC - Goiás

Membro I (Dr^a Roberta Paula de Jesus)

PUC - Goiás

Membro II (Dr^a Keyla de Olivera Ribeiro Miguel)

PUC - Goiás

Aprovada em ____/06/2026.

SUMÁRIO

RESUMO.....	5
ABSTRACT	5
1. INTRODUÇÃO	6
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
2.1 Importância da Alface na Olericultura Brasileira	7
2.2 Produção de Mudanças de Hortaliças.....	7
2.3 Características Ideais dos Substratos	8
2.4 Tipos de Substratos Utilizados na Produção de Mudanças	9
2.5 Influência dos Substratos no Desenvolvimento da alface	10
3. MATERIAL E MÉTODOS	11
3.1 Local de Condução do Experimento.....	11
3.2 Coleta dos dados	11
3.3 Análise dos Dados	13
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	14
5. CONCLUSÃO.....	18
6. REFERÊNCIAS	19

**EFEITO DE DIFERENTES PROPORÇÕES DE HÚMUS DE MINHOCAS E
SUBSTRATO ORGÂNICO NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE ALFACE CRESPA**
EFFECT OF DIFFERENT PROPORTIONS OF EARTHWORM HUMUS AND ORGANIC
SUBSTRATE ON THE PRODUCTION OF CRISP LETTUCE SEEDLINGS

Pedro Hugo Moraes Ferro¹, Dra. Leandra Regina Semensato²
I Pontifícia Universidade Católica De Goiás, Goiânia, GO, Brasil
II Pontifícia Universidade Católica De Goiás, Goiânia, GO, Brasil

RESUMO

O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes substratos na produção de mudas de alface crespa (*Lactuca sativa*), variedade *Marli*. O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Pontifícia Universidade Católica de Goiás. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e 60 repetições. Foram avaliadas as variáveis: altura da parte aérea e comprimento do sistema radicular. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os resultados demonstraram que os tratamentos com maiores proporções de húmus proporcionaram melhor desenvolvimento das mudas. O tratamento com 100% de húmus apresentou os maiores valores tanto para altura da parte aérea (4,05 cm) quanto para comprimento radicular (12,09 cm), seguido pelo tratamento com 75% de húmus. Já as proporções intermediárias apresentaram menor desempenho, especialmente para o crescimento radicular. Conclui-se que o uso de húmus de minhoca em altas proporções favorece o vigor e a qualidade das mudas de alface, sendo uma alternativa eficiente e baseada na sustentabilidade para a produção em viveiro.

Palavras-chave: Produção de mudas; húmus; sustentabilidade.

ABSTRACT

The present study was developed with the objective of evaluating the effect of different substrates on the production of crisp lettuce (*Lactuca sativa*) seedlings, cultivar *Marli*. The experiment was conducted in a greenhouse at the Pontifical Catholic University of Goiás. A completely randomized design was used, with five treatments and 60 replications. The evaluated variables were shoot height and root system length. The data were subjected to analysis of variance, and the means were compared using the Tukey test at a 5% probability level. The results showed that treatments with higher proportions of humus provided better seedling development. The treatment with 100% humus presented the highest values for both shoot height (4.05 cm) and root length (12.09 cm), followed by the treatment with 75% humus. Intermediate proportions showed lower performance, especially for root growth. It is concluded that the use of earthworm humus in high proportions enhances the vigor and quality of lettuce seedlings, representing an efficient and sustainability-based alternative for nursery production.

Keywords: Seedling production; humus; sustainability.

1. INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa*) é amplamente cultivada no Brasil e possui grande relevância econômica e social para o setor de olericultura, em especial pela sua rápida maturação e ampla aceitação no mercado consumidor. Como cultura de ciclo curto, a alface destaca-se por permitir rápidas rotações, produção próxima ao mercado consumidor e retorno relativamente acelerado para pequenos e médios produtores (Machado, 2023).

Dada essa representatividade, é fundamental o aprimoramento das práticas de cultivo, manejo de solos, sistemas de irrigação e tecnologias adaptadas ao clima tropical brasileiro, de modo a assegurar produtividade e qualidade. Estudos recentes indicam que cultivar a alface sob condições de espaçamento adequado e sob sistemas hidropônicos ou protegidos pode melhorar o desempenho, evidenciando a importância de manejo técnico e adaptação (Santos *et al.*, 2023). A etapa de produção de mudas é considerada determinante para o sucesso do cultivo da alface, pois influencia diretamente o estabelecimento inicial, a uniformidade e o desempenho final das plantas no campo (Trani *et al.*, 2014). Mudanças bem formadas apresentam maior resistência a estresses bióticos e abióticos, além de favorecerem maior aproveitamento da área cultivada e redução de falhas no estande (Embrapa, 2010).

Os substratos utilizados para a produção de mudas devem possuir características físicas e químicas que garantam boa aeração, retenção hídrica, baixa densidade aparente, pH equilibrado e ausência de patógenos (Trani *et al.*, 2007). Quando bem formulados, permitem maior desenvolvimento radicular e foliar, além de promoverem maior taxa de sobrevivência das mudas após o transplante. Diferentes composições, como a utilização de turfa, vermiculita, fibra de coco e compostos orgânicos, têm sido testadas em pesquisas visando identificar combinações mais eficientes para a cultura da alface (Costa *et al.*, 2019).

Estudos recentes destacam que a formulação de substratos influencia diretamente o crescimento inicial e o desempenho fisiológico das mudas, refletindo em maior vigor e adaptação em campo (Oliveira *et al.*, 2019). A Embrapa Hortaliças ressalta que misturas equilibradas entre materiais orgânicos e inorgânicos podem melhorar significativamente atributos como retenção de nutrientes e capacidade de drenagem, otimizando o crescimento das mudas de alface (Embrapa, 2010).

Assim, este trabalho tem como propósito avaliar o efeito de diferentes proporções de húmus de minhoca e substrato orgânico no desenvolvimento inicial de mudas de alface (*Lactuca sativa*), cultivar *Marli*.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Importância da Alface na Olericultura Brasileira

A alface (*Lactuca sativa*) é considerada a hortaliça folhosa mais consumida no Brasil, apresentando ampla aceitação entre diferentes classes sociais e sendo predominantemente consumida na forma *in natura*. Sua popularidade está relacionada ao baixo custo de produção, curto ciclo de cultivo, facilidade de manejo e ao valor nutricional, uma vez que é fonte de vitaminas, minerais e fibras essenciais para a alimentação humana (Filgueira, 2013; Embrapa, 2025).

De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2024), o Brasil produziu aproximadamente 680 mil toneladas de alface no último levantamento, consolidando-se como uma das principais hortaliças cultivadas no país. O estado de São Paulo se mantém como o maior produtor nacional, seguido por Minas Gerais, Goiás e Paraná, que juntos representam a maior parte do abastecimento dos cinturões verdes que cercam os grandes centros urbanos (IBGE, 2024).

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab, 2024), a alface continua sendo uma das hortaliças mais comercializadas nas Centrais de Abastecimento (Ceasas) brasileiras, registrando queda média de 8,9% nos preços em maio de 2024 devido à maior oferta e condições climáticas favoráveis à produção. Essa variação de preços reflete a sensibilidade da cultura a fatores sazonais, como temperatura e disponibilidade hídrica, que influenciam diretamente o volume de oferta nacional (Conab, 2024).

Do ponto de vista agrônômico, a alface apresenta grande diversidade varietal, incluindo tipos crespa, americana, lisa e romana, o que favorece sua adaptação a diferentes condições edafoclimáticas e preferências de consumo regional (Sala; Costa, 2012). Essa diversidade contribui para a expansão do cultivo em praticamente todas as regiões do país, consolidando a alface como uma das espécies mais representativas da olericultura nacional. Além disso, a cultura exerce papel importante na geração de renda em pequenas e médias propriedades, devido à possibilidade de escalonamento da produção ao longo do ano e à rápida rotação de cultivo (Trani *et al.*, 2014).

2.2 Produção de Mudanças de Hortaliças

A produção de mudas representa uma das etapas mais críticas no ciclo de cultivo de hortaliças, influenciando diretamente a qualidade e o desempenho produtivo das plantas em campo. Mudanças bem formadas apresentam maior uniformidade, vigor e resistência a fatores

bióticos e abióticos, o que resulta em maior taxa de sobrevivência após o transplante e em melhor aproveitamento da área cultivada (Trani *et al.*, 2007).

No sistema de cultivo de hortaliças, a produção de mudas geralmente ocorre em bandejas, utilizando substratos comerciais ou alternativos, os quais devem apresentar características físicas e químicas adequadas, como porosidade, retenção de água, boa aeração, baixa densidade e pH equilibrado (Embrapa, 2010). A escolha correta do substrato é considerada um dos fatores determinantes para o sucesso da fase inicial, pois influencia o desenvolvimento do sistema radicular e a absorção de nutrientes pelas plântulas (Costa *et al.*, 2019).

Além disso, a utilização de substratos de qualidade possibilita a redução de problemas fitossanitários, uma vez que esses materiais, quando bem formulados, apresentam baixo risco de contaminação por patógenos e maior sanidade para as mudas (Trani *et al.*, 2014). Pesquisas recentes demonstram que a combinação de materiais como turfa, fibra de coco e vermicomposto resulta em substratos mais equilibrados, que favorecem o crescimento uniforme das plântulas e aumentam o potencial produtivo das hortaliças após o transplante (Oliveira *et al.*, 2019).

2.3 Características Ideais dos Substratos

A escolha adequada do substrato é um fator determinante para o sucesso do cultivo de mudas de alface (*Lactuca sativa* L.), pois influencia diretamente as condições físicas, químicas e biológicas que afetam o desenvolvimento das plantas. De acordo com Monteiro *et al.* (2020), em estudo sobre mudas de alface em sistema flutuante, as formulações de substratos com melhores valores de espaço de aeração e capacidade de retenção de água resultaram em maior crescimento das plântulas, evidenciando que essas variáveis hidrofísicas são fundamentais para o desempenho da cultura.

Silva, Cavalcante e Barros (2022) também destacam que a escolha do substrato é uma das etapas mais importantes no processo de produção de mudas, pois as propriedades físicas e químicas do meio determinam o vigor, a uniformidade e a adaptabilidade das cultivares. Os autores observaram que substratos alternativos, formulados com resíduos de estações de tratamento de água, apresentaram desempenho semelhante aos substratos comerciais, demonstrando o potencial de reaproveitamento de materiais sustentáveis na olericultura.

Tombion *et al.* (2023) verificaram que o acréscimo de vermicomposto aos substratos comerciais elevou significativamente a qualidade das mudas de alface, resultando em maior massa seca de raízes e parte aérea, além de modificar a estrutura do meio, favorecendo a aeração

e o desenvolvimento radicular. Esses resultados reforçam que, além das características físicas, as propriedades químicas, como a relação C/N, a disponibilidade de nutrientes e o pH, são fundamentais para um substrato equilibrado.

Em relação às propriedades físicas ideais, Monteiro *et al.* (2020) observaram que substratos com densidade aparente reduzida, alta porosidade total, espaço de aeração entre 10 % e 20 %, água disponível elevada e pH levemente ácido (5,5 a 6,5) proporcionaram as melhores respostas para o crescimento inicial de mudas de alface. Já estudos internacionais, como o de Gruda *et al.* (2022), indicam que substratos com excesso de fibra de madeira e alta relação C/N podem reduzir a biomassa da alface entre 39 % e 56 %, devido à imobilização de nitrogênio e à baixa disponibilidade de água.

2.4 Tipos de Substratos Utilizados na Produção de Mudas

Diversos materiais têm sido empregados na formulação de substratos, variando entre alternativas comerciais e fontes regionais. Entre os componentes mais utilizados destacam-se a turfa, a vermiculita e a perlita, que apresentam alta capacidade de retenção de água e boa aeração (Kämpf, 2005). Outro material amplamente estudado é a fibra de coco, considerada uma alternativa baseada na sustentabilidade por ser subproduto da agroindústria, além de apresentar baixa densidade, elevada porosidade e capacidade de reter umidade (Carrijo *et al.*, 2002).

Compostos orgânicos, como húmus de minhoca e vermicomposto, também têm mostrado bons resultados quando utilizados em mistura com materiais inertes, favorecendo a disponibilidade de nutrientes e o crescimento inicial das mudas (Costa *et al.*, 2019). A casca de arroz carbonizada é outra alternativa utilizada em diversas regiões do Brasil, devido ao baixo custo e à boa drenagem que proporciona ao substrato (Sala; Costa, 2012).

Pesquisas recentes ressaltam que a utilização de misturas entre materiais orgânicos e minerais resulta em substratos mais equilibrados, que aliam retenção de nutrientes e capacidade de drenagem, proporcionando melhor desenvolvimento radicular e maior vigor às mudas (Trani *et al.*, 2014). Dessa forma, a escolha do tipo de substrato deve considerar não apenas o desempenho técnico, mas também aspectos econômicos e de disponibilidade regional, de modo a viabilizar sua utilização em escala comercial.

2.5 Influência dos Substratos no Desenvolvimento da alface

A escolha do substrato exerce influência direta sobre variáveis morfofisiológicas das mudas, como altura, número de folhas, massa seca, diâmetro do caule e desenvolvimento radicular, impactando o desempenho da cultura após o transplante (Costa *et al.*, 2019). Substratos com propriedades físicas adequadas promovem maior enraizamento e crescimento uniforme, garantindo maior aproveitamento da área cultivada e reduzindo perdas no estabelecimento da lavoura (Trani *et al.*, 2007).

Estudos realizados pela Embrapa (2010) demonstraram que a utilização de substratos enriquecidos com matéria orgânica resulta em mudas mais vigorosas e com maior capacidade de adaptação ao campo. Por outro lado, substratos de baixa qualidade podem comprometer o crescimento inicial, acarretando mudas fracas e suscetíveis a estresses, o que reduz a produtividade final da cultura (Oliveira *et al.*, 2019).

Além disso, pesquisas recentes destacam que a interação entre substrato e espécie cultivada deve ser considerada, uma vez que diferentes cultivares de alface podem responder de forma distinta a determinadas formulações (Sala; Costa, 2012). Assim, a avaliação experimental de substratos torna-se fundamental para identificar combinações mais eficientes e adaptadas às condições locais de cultivo. Substratos com propriedades físicas adequadas favorecem maior enraizamento, boa aeração e retenção hídrica, resultando em mudas mais uniformes e com melhor estabelecimento no campo (Trani *et al.*, 2007; Costa *et al.*, 2019).

Estudos demonstram que substratos enriquecidos com matéria orgânica, especialmente húmus de minhoca, promovem mudas mais vigorosas e com maior capacidade de adaptação ao ambiente de cultivo, devido ao seu alto teor de nutrientes e capacidade de melhora estrutural do meio (Gomes *et al.*, 2020). Em contrapartida, substratos de baixa qualidade afetam negativamente o crescimento inicial, tornando as plântulas mais suscetíveis a estresses, reduzindo o rendimento final da cultura (Oliveira *et al.*, 2019).

Além disso, diferentes cultivares de alface respondem de maneira distinta às formulações de substratos, reforçando a importância de avaliar combinações específicas para cada genótipo (Sala; Costa, 2012). Assim, pesquisas envolvendo substratos tornam-se fundamentais para identificar misturas eficientes e adequadas às condições locais de cultivo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local de Condução do Experimento

O experimento foi conduzido em casa de vegetação localizada na Pontifícia Universidade Católica de Goiás – Campus II, no município de Goiânia (GO). O local está situado nas coordenadas geográficas de 16,73756° de latitude Sul e 49,21497° de longitude Oeste. O clima predominante na região é classificado como tropical úmido do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen, caracterizado por duas estações bem definidas: uma chuvosa, que ocorre entre os meses de outubro e abril, e outra seca, de maio a setembro.

A temperatura média anual da região é de aproximadamente 23 °C, enquanto a umidade relativa média do ar se mantém próxima de 65 % (INMET, 2025). Essas condições climáticas são favoráveis ao desenvolvimento de hortaliças folhosas, como a alface, desde que o cultivo seja realizado em ambiente protegido, garantindo melhor controle da temperatura e da umidade do ar.

3.2 Coleta dos dados

Para a execução do experimento foram utilizados materiais padronizados amplamente empregados na produção de mudas de hortaliças. A semeadura foi realizada em bandejas de poliestireno expandido contendo 128 células, preenchidas com os substratos preparados conforme os tratamentos propostos. Foram utilizadas sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) cultivar Marli, escolhida por sua ampla utilização comercial e boa adaptação às condições de cultivo protegido.

Cada célula recebeu duas sementes, visando garantir adequada germinação e uniformidade das plântulas. Após a emergência, foi realizado o desbaste, permanecendo apenas uma muda por célula. A irrigação foi automatizada e realizada duas vezes ao dia, mantendo a umidade adequada para o desenvolvimento das mudas durante todo o período experimental.

O substrato utilizado foi composto por húmus de minhoca e composto orgânico produzido no próprio Campus II da Pontifícia Universidade Católica de Goiás. O composto orgânico foi elaborado a partir da compostagem de resíduos vegetais e animais, incluindo grama, folhas, capim, pó de madeira, esterco bovino e esterco caprino. O processo de compostagem foi realizado em leiras, com os materiais sendo dispostos em camadas sucessivas, mantendo-se condições adequadas de umidade para favorecer a decomposição da matéria orgânica. Após aproximadamente seis meses de compostagem, o material foi triturado e

peneirado, obtendo-se um composto homogêneo e adequado para utilização na produção de mudas.

Antes da instalação do experimento, foram realizadas análises químicas dos materiais utilizados na composição dos substratos (Tabela 1). O composto orgânico e húmus apresentaram elevados teores de matéria orgânica e alta saturação por bases, características importantes para o desenvolvimento inicial das mudas. O húmus apresentou maiores valores de matéria orgânica ($115,62 \text{ g kg}^{-1}$) e carbono orgânico ($67,22 \text{ g kg}^{-1}$) em comparação ao composto orgânico, indicando maior potencial para fornecimento de nutrientes e melhoria das propriedades físicas do substrato. Além disso, ambos os materiais apresentaram concentrações expressivas de cálcio, magnésio e potássio, nutrientes essenciais para o crescimento vegetal. Os elevados valores de saturação por bases, superiores a 88%, demonstram a elevada fertilidade dos materiais utilizados, contribuindo para a adequada nutrição das mudas durante o período experimental. Essas características justificam a utilização do húmus e do composto orgânico como componentes dos substratos avaliados neste estudo.

Tabela 1. Caracterização química do composto orgânico e do húmus utilizados no experimento.

Parâmetro	Composto orgânico	Húmus
pH (CaCl_2)	5,28	5,79
Matéria orgânica (g kg^{-1})	103,11	115,62
Carbono orgânico (g kg^{-1})	59,95	67,22
Potássio (mg dm^{-3})	1.156,00	1.077,00
Cálcio (cmolc dm^{-3})	14,90	12,35
Magnésio (cmolc dm^{-3})	8,73	8,56
Saturação por bases (%)	88,37	90,44

Fonte: Laboratório Fértil (2026).

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), composto por cinco tratamentos e quatro repetições, totalizando 20 unidades experimentais. Cada unidade experimental foi constituída por uma bandeja contendo 128 células. Os tratamentos foram definidos de acordo com as proporções de húmus de minhoca e substrato orgânico: T1 (100% substrato orgânico), T2 (75% substrato orgânico + 25% húmus), T3 (50% substrato orgânico + 50% húmus), T4 (25% substrato orgânico + 75% húmus) e T5 (100% húmus de minhoca).

As bandejas foram distribuídas de forma equidistante no interior da casa de vegetação, garantindo adequada ventilação e uniformidade de luminosidade entre os tratamentos. As misturas dos substratos foram preparadas manualmente e acondicionadas nas bandejas de acordo com as proporções estabelecidas. As sementes foram depositadas a aproximadamente 0,5 cm de profundidade e cobertas com uma fina camada do próprio substrato.

Durante o período experimental, a casa de vegetação foi monitorada diariamente quanto à temperatura e à umidade relativa do ar por meio de termohigrômetro digital. Também foi realizado acompanhamento fitossanitário das mudas para prevenir a ocorrência de pragas e doenças.

Antes da instalação do experimento, foi realizada a caracterização química e física dos substratos utilizados, conforme metodologia descrita por Teixeira et al. (2017), determinando-se os valores de pH, condutividade elétrica, matéria orgânica e teores de macro e micronutrientes. Essas análises permitiram caracterizar adequadamente os materiais empregados e auxiliaram na interpretação dos resultados obtidos.

Ao final do período experimental, foram avaliadas as variáveis morfológicas utilizadas como indicadoras do desenvolvimento inicial das mudas. A altura da parte aérea foi determinada por meio da medição da distância entre o colo da planta e o ápice da folha mais desenvolvida, utilizando régua graduada. O comprimento do sistema radicular foi obtido após a retirada cuidadosa das mudas das bandejas, realizando-se a medição da raiz principal com auxílio de régua milimetrada.

3.3 Análise dos Dados

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), com o objetivo de verificar a existência de diferenças significativas entre os tratamentos. A normalidade dos resíduos foi avaliada pelo teste de Shapiro-Wilk e a homogeneidade das variâncias pelo teste de Bartlett. Quando constatado efeito significativo dos tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, adotando-se nível de significância de 5%.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando a linguagem de programação Python (versão 3.12), com auxílio das bibliotecas Pandas, SciPy e Statsmodels. Os resultados foram apresentados por meio de tabelas e gráficos, permitindo a interpretação dos efeitos das diferentes proporções de húmus de minhoca e substrato orgânico sobre o desenvolvimento das mudas de alface cultivar Marli.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nas Tabelas 1 e 2 encontram-se os dados referentes à altura da parte aérea e ao comprimento do sistema radicular de mudas de alface (*Lactuca sativa*), cultivar Marli, respectivamente, em função das diferentes proporções de húmus e substrato orgânico. Observa-se que houve efeito significativo dos tratamentos sobre o desenvolvimento das mudas, evidenciando que a composição do substrato influencia diretamente o crescimento inicial das plântulas.

De acordo com a Tabela 1, o tratamento T5 (100% húmus) apresentou o maior valor médio de altura da parte aérea ($4,05 \pm 0,28$ cm), diferindo estatisticamente dos demais tratamentos. O tratamento T4 (25% substrato orgânico + 75% húmus) apresentou média de $3,54 \pm 0,32$ cm, sendo estatisticamente inferior apenas ao T5. Por outro lado, os tratamentos T1, T2 e T3 apresentaram os menores valores médios ($1,98 \pm 0,30$; $2,03 \pm 0,19$; $2,02 \pm 0,23$ cm, respectivamente), não diferindo entre si. Esse comportamento indica que proporções de húmus inferiores a 50% não são suficientes para promover incremento significativo no crescimento da parte aérea.

Tabela 2. Altura da parte aérea de mudas de alface (*Lactuca sativa* L.) variedade Marli submetidas a diferentes proporções de húmus e substrato orgânico.

Tratamento	Composição do substrato	Altura da parte aérea (cm)
T1	100% substrato orgânico	$1,98 \pm 0,30$ c
T2	75% substrato orgânico + 25% húmus	$2,03 \pm 0,19$ c
T3	50% substrato orgânico + 50% húmus	$2,02 \pm 0,23$ c
T4	25% substrato orgânico + 75% húmus	$3,54 \pm 0,32$ b
T5	100% húmus	$4,05 \pm 0,28$ a

Valores expressos em média $\pm$ desvio-padrão. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. **Fonte:** Elaborado com base nos dados experimentais.

Esse padrão também pode ser observado na Figura 1, na qual se verifica aumento progressivo da altura das mudas com o incremento da proporção de húmus no substrato. O melhor desempenho dos tratamentos com maior proporção de húmus pode ser explicado pela presença de substâncias húmicas, que atuam como bioestimulantes, promovendo maior absorção de nutrientes e crescimento vegetal, além de melhorar as propriedades físicas do substrato, como aeração e retenção de água (GOMES *et al.*, 2020; TOMBION *et al.*, 2023).

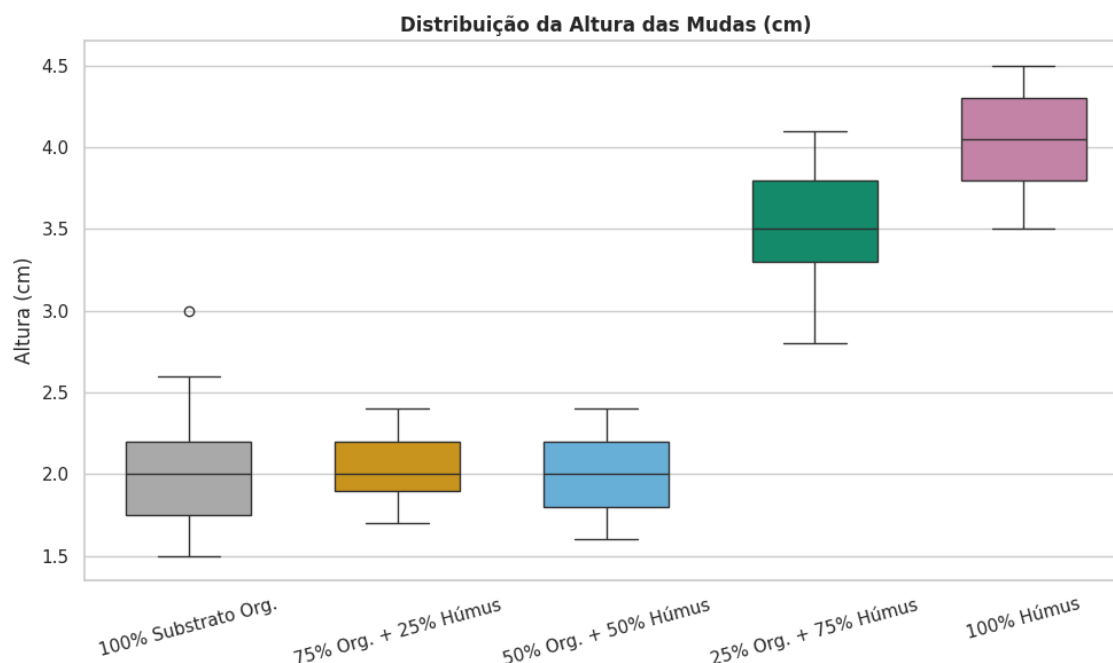


Figura 1. Distribuição da altura da parte aérea (cm) de mudas de alface (*Lactuca sativa*) variedade Marli em função de diferentes tratamentos de substratos.

Os resultados referentes ao comprimento do sistema radicular estão apresentados na Tabela 2. Observa-se que todos os tratamentos diferiram estatisticamente entre si. O tratamento T5 apresentou o maior comprimento radicular ($12,09 \pm 1,49$ cm), seguido pelo T4 ($9,54 \pm 0,32$ cm) e T1 ($6,97 \pm 0,78$ cm). Por outro lado, os tratamentos T2 ($2,53 \pm 0,19$ cm) e T3 ($3,09 \pm 0,28$ cm) apresentaram os menores valores, sendo inferiores inclusive ao tratamento com 100% substrato orgânico.

Tabela 3. Comprimento de raiz de mudas de alface variedade Marli submetidas a diferentes proporções de húmus e substrato orgânico.

Tratamento	Composição do substrato	Comprimento de raiz (cm)
T1	100% substrato orgânico	$6,97 \pm 0,78$ c
T2	75% substrato orgânico + 25% húmus	$2,53 \pm 0,19$ e
T3	50% substrato orgânico + 50% húmus	$3,09 \pm 0,28$ d
T4	25% substrato orgânico + 75% húmus	$9,54 \pm 0,32$ b
T5	100% húmus	$12,09 \pm 1,49$ a

Valores expressos em média $\pm$ desvio-padrão. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. **Fonte:** Elaborado com base nos dados experimentais.

Esse comportamento também é evidenciado na Figura 2, que demonstra uma resposta não linear das raízes às proporções intermediárias de húmus. A redução do crescimento radicular observada nos tratamentos T2 (25% de húmus) e T3 (50% de húmus) pode estar relacionada às características físicas do substrato. Segundo Kämpf (2005), misturas contendo materiais com diferentes granulometrias podem promover o empacotamento das partículas, reduzindo a macroporosidade e o espaço de aeração. Como consequência, ocorre menor difusão de oxigênio na região radicular, restringindo a expansão das raízes. De acordo com Fermino (2014), a proporção entre partículas finas e grossas influencia diretamente a curva de retenção de água e a porosidade de aeração dos substratos. Além disso, Monteiro et al. (2020) verificaram que valores de espaço de aeração inferiores a 10% comprometem significativamente o desenvolvimento radicular da alface. Dessa forma, os menores comprimentos de raiz observados nos tratamentos intermediários podem estar associados à redução da aeração e ao excesso de empacotamento das partículas do substrato.

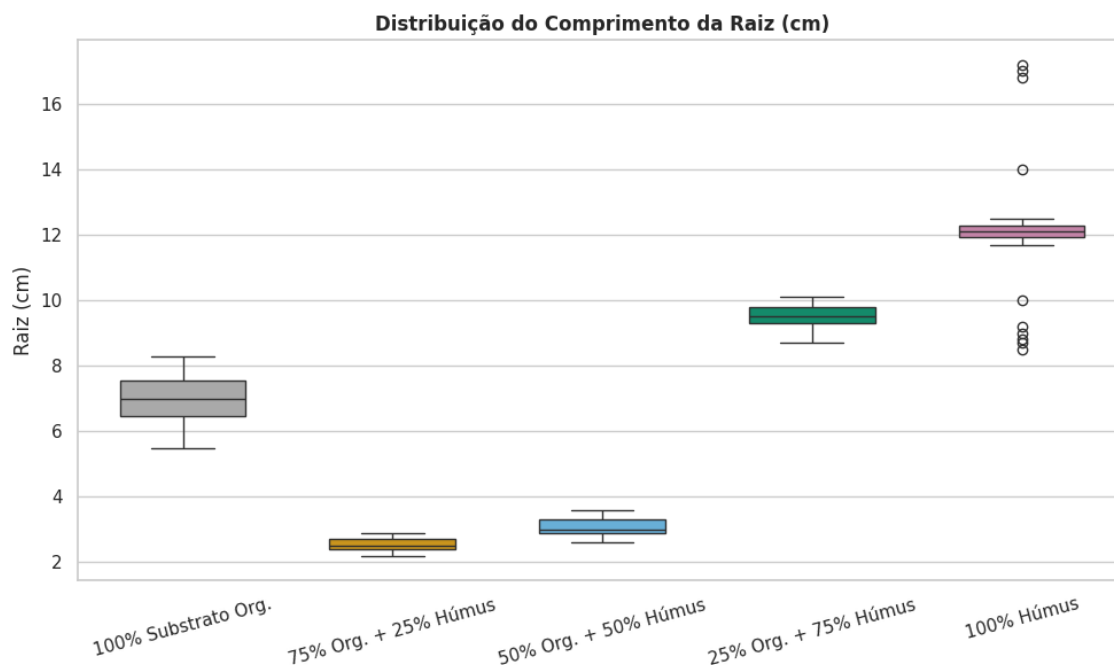


Figura 2. Distribuição do comprimento do sistema radicular (cm) de mudas de alface Marli submetidas a diferentes proporções de húmus e substrato orgânico.

A relação entre altura da parte aérea e comprimento do sistema radicular está apresentada na Figura 3, na qual se observa correlação positiva e forte entre as variáveis ($r =$

0,86; $p < 0,001$). O coeficiente de determinação ($R^2 = 0,74$) indica que 74% da variação do comprimento das raízes pode ser explicada pela altura das mudas, evidenciando crescimento proporcional entre as estruturas vegetativas. Esse resultado demonstra que mudas com desenvolvimento equilibrado entre parte aérea e raiz apresentam maior vigor e melhor capacidade de estabelecimento após o transplante (TRANI et al., 2014).

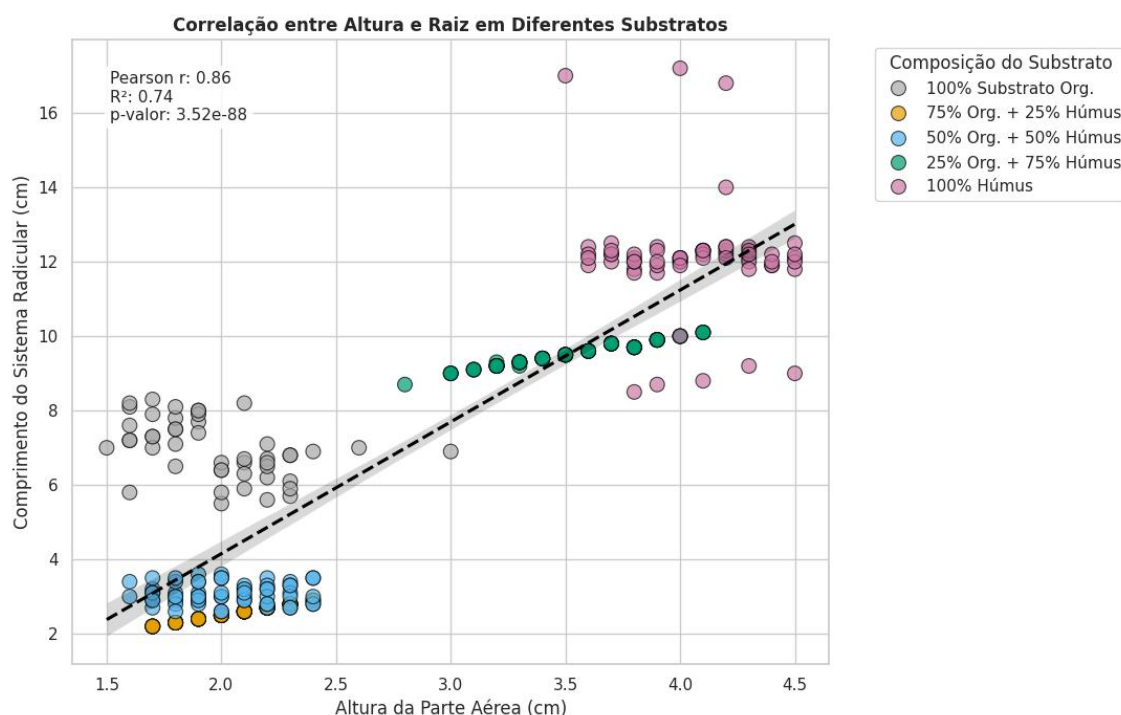


Figura 3. Relação de correlação de Pearson e regressão linear entre a altura da parte aérea e o comprimento radicular em mudas de alface (cv. *Marli*).

De forma geral, os resultados indicam que o húmus de minhoca exerce efeito positivo no desenvolvimento das mudas de alface, especialmente em altas proporções. Esse efeito está relacionado tanto à maior disponibilidade de nutrientes quanto à presença de compostos bioativos que estimulam o crescimento vegetal (COSTA *et al.*, 2019). Por outro lado, o desempenho inferior observado nos tratamentos intermediários sugere que determinadas proporções podem comprometer as propriedades físicas do substrato, dificultando o desenvolvimento radicular. Além disso, verifica-se a existência de um limiar de resposta da cultura, no qual apenas concentrações mais elevadas de húmus são capazes de promover incrementos significativos no crescimento das mudas.

5. CONCLUSÃO

Conclui-se que o aumento da proporção de húmus de minhoca no substrato favoreceu o desenvolvimento das mudas de alface crespa cultivar Marli, promovendo maiores valores de altura da parte aérea e comprimento radicular. O tratamento composto por 100% de húmus apresentou os melhores resultados para ambas as variáveis avaliadas, seguido pelo tratamento com 75% de húmus. Dessa forma, nas condições em que o experimento foi conduzido e para a cultivar Marli, recomenda-se a utilização de altas proporções de húmus de minhoca na composição do substrato, visando à obtenção de mudas mais vigorosas e com melhor qualidade para o transplante.

6. REFERÊNCIAS

AGRISTAR do Brasil. *Informativo Folha Verde*. Ano 32, n. 71, mar./abr. 2022.

CARRIJO, O. A.; LIZ, R. S.; MAKISHIMA, N. Fibra da casca de coco verde como substrato agrícola. *Horticultura Brasileira*, v. 20, n. 4, p. 533-535, 2002. DOI: 10.1590/S0102-05362002000400016.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. *Boletim Hortigranjeiro – Junho de 2024*. Brasília: Conab, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/conab>. Acesso em 29 de out. de 2025

COSTA, C. A.; SILVA, A. F.; PEREIRA, J. R. Substratos alternativos na produção de mudas de alface. *Horticultura Brasileira*, v. 37, n. 2, p. 220-227, 2019. DOI: 10.1590/S0102-053620190213.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Produção de mudas de hortaliças em substratos comerciais*. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2010. DOI: 10.1590/2010-00045.

FERMINO, M. H. *Substratos: composição, caracterização e métodos de análise*. Guaíba: Agrolivros, 2014.

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

GOMES, M. A. S.; SANTOS, L. C.; RODRIGUES, A. C. Efeito de diferentes substratos à base de húmus de minhoca na produção de mudas de alface. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 15, n. 2, p. 182-189, 2020. DOI: 10.18378/rvads.v15i2.8228.

GRUDA, N.; BISCHOFF-SCHNITBERGER, A. E.; SCHMIDT, U.; VOGT, F.; BIELSKI, S.; REMBIAŁKOWSKA, E.; BLUMENSTEIN, O.; VETTERLEIN, D. Influence of wood fiber substrate properties on lettuce (*Lactuca sativa* L.) yield and quality. *Plants*, Basel, v. 11, n. 6, p. 1108, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants11061108>.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo Agropecuário 2017: resultados definitivos*. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. DOI: 10.5935/ibge2017-00001.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo Agropecuário – Resultados atualizados da horticultura brasileira*. Rio de Janeiro: IBGE, 2024.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. *Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP)*. Brasília: INMET, 2025.

KÄMPF, A. N. *Produção comercial de plantas ornamentais*. Guaíba: Agropecuária, 2005.

MACHADO, D. B. Desempenho agrônômico de cultivares de alface (*Lactuca sativa*). *Revista Valore*, v. 9, n. 2, 2023. DOI: 10.3738/nucleus.v9i2.694.

MONTEIRO, A. B.; PEREIRA, I. S.; BAMBERG, A. L.; STÖCKER, C. M.; RIBEIRO, P. L.; TIMM, L. C. Hydro-physical characteristics of substrates for lettuce production in floating growth system. *Irriga*, Botucatu, v. 25, n. 3, p. 629-640, 2020. DOI: 10.15809/irriga.2020v25n3p629-640.

OLIVEIRA, F. L.; TRANI, P. E.; SILVA, E. C. Produção de alface e o uso de substratos na olericultura brasileira. *Ciência Rural*, v. 49, n. 5, e20180567, 2019. DOI: 10.1590/0103-8478cr20180567.

SALA, F. C.; Costa, C. P. Retrospectiva e tendências da alfacicultura brasileira. *Horticultura Brasileira*, v. 30, n. 2, p. 187-194, 2012. DOI: 10.1590/S0102-05362012000200002.

SANTOS, N. B.; LÉLIS, A. T.; PALMA, M. C. M. M.; et al. Análise do espaçamento sobre o desenvolvimento fisiológico de diferentes cultivares de alface. *Irriga*, v. 28, n. 2, p. 298-312, 2023. DOI: 10.15809/irriga.2023v28n2p298-312.

SILVA, J. L. T.; Cavalcante, M.; Barros, J. A. S. Stability and adaptability of lettuce cultivars on different substrates. *Comunicata Scientiae*, Teresina, v. 14, e3886, 2022. DOI: 10.14295/cs.v14.3886.

TEIXEIRA, P. C.; Donagemma, G. K.; Fontana, A.; Teixeira, W. G. (Ed.). *Manual de métodos de análise de solo*. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2017.

TOMBION, L.; Puerta, A. V.; Barbaro, L. A.; Karlanian, M. A.; Sangiacomo, M. A.; Garbi, M. Substrate characteristics and lettuce (*Lactuca sativa* L.) seedling quality depending on the vermicompost dose. *Horticultura Argentina*, Buenos Aires, v. 42, n. 1, p. 12-20, 2023. DOI: 10.24215/18531187e012.

TRANI, P. E.; Novello, D.; Silva, A. P. Produção de mudas de hortaliças em substratos alternativos. *Bragantia*, v. 73, n. 3, p. 300-307, 2014. DOI: 10.1590/1678-4499.0111.

TRANI, P. E.; Passes, F. A.; Furlani, A. M. C. Recomendações de substratos para mudas de hortaliças. *Horticultura Brasileira*, v. 25, n. 2, p. 150-155, 2007. DOI: 10.1590/S0102-05362007000200003.