

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA  
E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO SUL  
Campus Ibirubá**

**PRODUÇÃO DE MUDAS DE ALFACE CRESPA E AMERICANA EM DIFERENTES  
PROPORÇÕES DE SUBSTRATO COMERCIAL E CASCA DE ARROZ  
CARBONIZADA  
(Trabalho de Conclusão de Curso)**

**GUSTAVO KUMM BRIXNER**

**Ibirubá, dezembro de 2025.**

**GUSTAVO KUMM BRIXNER**

**PRODUÇÃO DE MUDAS DE ALFACE CRESPA E AMERICANA EM DIFERENTES  
PROPORÇÕES DE SUBSTRATO COMERCIAL E CASCA DE ARROZ  
CARBONIZADA**

**(Trabalho de Conclusão de Curso)**

Trabalho de conclusão de curso apresentado junto ao curso de Bacharelado em Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Eduardo Matos Montezano

Coorientadora: Suzana Ferreira da Rosa

**Ibirubá, dezembro de 2025.**

**GUSTAVO KUMM BRIXNER**

**PRODUÇÃO DE MUDAS DE ALFACE CRESPA E AMERICANA EM DIFERENTES  
PROPORÇÕES DE SUBSTRATO COMERCIAL E CASCA DE ARROZ  
CARBONIZADA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado junto ao curso de Bacharelado em Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Eduardo Matos Montezano

Coorientadora: Suzana Ferreira da Rosa

Aprovado em 05 de dezembro, 2025.

---

Prof. Dr. Eduardo Matos Montezano – Orientador

---

Engenheiro Florestal Dr. Anderson Pertuzzatti

---

Engenheira Agrônoma Dainara Regina Roesler

---

Prof. Dr. Ben-Hur Costa de Campos – Coordenador do  
Curso de Agronomia do IFRS – Campus Ibirubá

## RESUMO

Trabalho de Conclusão de Curso  
Curso de Agronomia  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul  
Campus Ibirubá

### **PRODUÇÃO DE MUDAS DE ALFACE CRESPA E AMERICANA EM DIFERENTES PROPORÇÕES DE SUBSTRATO COMERCIAL E CASCA DE ARROZ CARBONIZADA**

AUTOR: GUSTAVO KUMM BRIXNER  
ORIENTADOR: EDUARDO MATOS MONTEZANO  
Ibirubá/RS, 05 de dezembro de 2025

A produção de mudas de alta qualidade é um fator crucial para o sucesso da olericultura, influenciando diretamente o desenvolvimento das plantas no campo e a produtividade final. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a produção de mudas de alface das cultivares Astra (crespa) e Samira (americana) em diferentes proporções de substrato comercial (Maxifétil e Turfafétil) e casca de arroz carbonizada (CAC). O experimento foi conduzido em ambiente controlado, utilizando um delineamento inteiramente casualizado. Foram avaliadas as variáveis de biomassa: número de folhas (NF), comprimento da raiz (CR), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR). Os resultados demonstraram uma forte interação entre genótipo e substrato. A cultivar Astra apresentou maior vigor e adaptabilidade, com os maiores valores de MFPA na maioria dos tratamentos e MSPA e MSR superiores, sendo o tratamento 100% CAC o único a diferir negativamente. Em contraste, a cultivar Samira demonstrou maior sensibilidade, com piores resultados nas misturas com Turfafétil e em altas concentrações de CAC. O substrato Maxifétil destacou-se como o mais eficiente, com o tratamento 100% Maxifétil apresentando os melhores resultados para MFR da cultivar Astra. A casca de arroz carbonizada (CAC), quando utilizada pura, foi o tratamento mais limitante para todas as variáveis de biomassa. Contudo, a mistura de 75% Maxifétil + 25% CAC se mostrou um ponto de equilíbrio, onde a cultivar Samira se equiparou à Astra em MFPA e obteve um dos melhores resultados em MSR. Conclui-se que a produção de mudas de alface de alta qualidade é favorecida pela escolha da cultivar Astra e pelo uso do substrato Maxifétil.

**Palavras-chave:** *Lactuca sativa* L. Cultivar. Hortaliça. Substrato agrícola.

## ABSTRACT

Completion of Course Work  
Agronomy Course  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul  
Campus Ibirubá

### PRODUCTION OF CURLY LETTUCE AND AMERICAN LETTUCE SEEDLINGS IN DIFFERENT PROPORTIONS OF COMMERCIAL SUBSTRATE AND CARBONIZED RICE HUSKS

AUTHOR: GUSTAVO KUMM BRIXNER  
ADVISOR: EDUARDO MATOS MONTEZANO  
Ibirubá/RS, December 5th, 2025

The production of high-quality seedlings is a crucial factor for successful vegetable farming, directly influencing plant development in the field and final productivity. The objective of this study was to evaluate the production of lettuce seedlings of the Astra (curly) and Samira (American) cultivars in different proportions of commercial substrate (Maxifétil and Turfafétil) and carbonized rice husks (CAC). The experiment was conducted in a controlled environment, using a completely randomized design. The following biomass variables were evaluated: number of leaves (NL), root length (RL), fresh mass of the aerial part (FMAP), fresh mass of the root (FMR), dry mass of the aerial part (DMAP), and dry mass of the root (DMR). The results showed a strong interaction between genotype and substrate. The Astra cultivar showed greater vigor and adaptability, with the highest FFM values in most treatments and higher AFDM and ADFM, with the 100% CAC treatment being the only one to differ negatively. In contrast, the Samira cultivar showed greater sensitivity, with worse results in mixtures with Turfafétil and at high CAC concentrations. The Maxifétil substrate stood out as the most efficient, with the 100% Maxifétil treatment showing the best results for MFR of the Astra cultivar. Carbonized rice husk (CAC), when used pure, was the most limiting treatment for all biomass variables. However, the mixture of 75% Maxifétil + 25% CAC proved to be a balance point, where the Samira cultivar equaled Astra in MFPA and obtained one of the best results in MSR. It can be concluded that the production of high-quality lettuce seedlings is favored by the choice of the Astra cultivar and the use of the Maxifétil substrate.

**Key words:** *Lactuca sativa* L. Cultivar. Vegetable. Agricultural substrate.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Substratos usados na produção das mudas de alface. Casca de arroz carbonizada (A). Substrato comercial Turfafértil (B). Substrato comercial Maxifértil (C). .....	14
<b>Figura 2</b> - Balde e medidor usados para misturar os tratamentos.....	14
<b>Figura 3</b> - Covas no substrato (A). Sementes colocadas em cada célula da bandeja (B).....	15
<b>Figura 4</b> - Construção do sistema floating (A e B). Sistema pronto (C). .....	15
<b>Figura 5</b> - Fertilizante (A). Pesagem do fertilizante (B). Diluição do fertilizante (C). Medição da água do floating com o condutivímetro (D). .....	16
<b>Figura 6</b> - Muda pronta para avaliação (A). Materiais usados para avaliação (B).....	17

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Número de folhas (NF) e comprimento da raiz (CR) das cultivares Astra e Samira para cada um dos tratamentos .....	18
<b>Tabela 2</b> - Massa fresca da parte aérea (MFPA) e massa fresca da raiz (MFR) das cultivares Astra e Samira para cada um dos tratamentos .....	20
<b>Tabela 3</b> - Massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR) das cultivares Astra e Samira para cada um dos tratamentos .....	23

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
1.1 OBJETIVOS .....	10
<b>1.1.1 Objetivo geral</b> .....	10
<b>1.1.2 Objetivos específicos</b> .....	10
2 DESENVOLVIMENTO.....	11
<b>2.1 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	11
2.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	13
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	19
3 CONCLUSÃO.....	28
REFERÊNCIAS .....	29

## 1 INTRODUÇÃO

A produção de hortaliças pode ser uma opção de geração de renda para pequenas propriedades de agricultura familiar. Por fazerem parte da alimentação diária da população, as hortaliças compõem um mercado crescente que busca qualidade nos seus produtos. Além disso, a olericultura pode ser uma alternativa para o cultivo sucessivo de grãos possibilitando maior diversidade de produção.

Diversas circunstâncias afetam a qualidade da produção de hortaliças, o manejo fitossanitário, a adubação, a necessidade hídrica da cultura, a estação de produção das cultivares, o espaçamento de plantio, a presença de plantas invasoras, e muitos outros. Porém, a base da produção é constituída pelas mudas usadas na prática do transplantio, e se essas mudas forem de má qualidade, as condições de crescimento e desenvolvimento das plantas serão negativamente afetadas e a produção será diminuída drasticamente.

A produção de mudas pode ser realizada profissionalmente, por empresas de comercialização de mudas ou pelos próprios produtores. Vários aspectos são importantes para que se produza uma muda de boa qualidade, dentre eles estão: as características da cultivar utilizada, a qualidade fisiológica da semente, a sanidade do ambiente e do recipiente de produção das mudas, o manejo das mudas antes e depois da emergência e a qualidade do substrato.

O uso de mudas de alface na agricultura brasileira é uma prática essencial para otimizar a produção e garantir maior eficiência no cultivo dessa hortaliça, que é amplamente consumida no país. As mudas oferecem diversas vantagens aos agricultores, como maior uniformidade no plantio, redução do ciclo de cultivo e diminuição das perdas por doenças e pragas, pois muitas vezes são produzidas em ambientes controlados. Além disso, o uso de mudas acelera o tempo de colheita e melhora a qualidade do produto final, contribuindo para o aumento da produtividade agrícola. Esse método também possibilita uma melhor utilização do espaço e dos insumos, o que é especialmente relevante para pequenos e médios produtores, tornando-se uma estratégia importante para atender à crescente demanda por alimentos saudáveis no mercado brasileiro.

O manejo adequado da água é crucial na produção de mudas, pois influencia diretamente o desenvolvimento saudável das plantas e a eficiência e sustentabilidade do cultivo. Diversos sistemas de irrigação são utilizados para garantir que as mudas recebam a quantidade certa de água, como a irrigação por microaspersão, gotejamento e o sistema "floating". Este último, também conhecido como sistema flutuante, é amplamente utilizado na produção de mudas de hortaliças. No sistema floating, as bandejas de mudas são colocadas para flutuar em um tanque/piscina com solução nutritiva, permitindo que as raízes tenham contato constante com água e nutrientes. Esse método otimiza o uso da água, minimiza o desperdício e proporciona um ambiente de crescimento uniforme, além de reduzir a necessidade de manutenção constante.

Para que a produção de mudas na propriedade seja possível, é necessário que se conheçam os métodos adequados de produção bem como os materiais que devem ser usados e

o manejo empregado. Esse conhecimento possibilita ao agricultor uma produção de mudas saudáveis e a garantia de que se obtenha plantas de alta produtividade.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

Avaliar a produção de mudas de alface crespa e americana em diferentes proporções de substrato comercial e casca de arroz carbonizada.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Estimar a massa fresca da parte aérea (MFPA) e massa fresca das raízes (MFR) das mudas e massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca das raízes (MSR) das mudas produzidas de alface crespa e americana em diferentes proporções de substrato comercial e casca de arroz carbonizada;
- Determinar o número de folhas (NF) e o comprimento da raiz (CR) das mudas de alface crespa e americana em diferentes proporções de substrato comercial e casca de arroz carbonizada.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 REVISÃO DE LITERATURA

Apesar da qualidade nutricional das hortaliças, elas ainda não fazem parte da dieta da maior parte da população brasileira. Esse panorama poderia ser melhorado por meio da promoção de tecnologias voltadas ao cultivo das hortaliças visando aumentar o consumo e o estímulo à sua produção (Carvalho *et al.*, 2006).

Produtos que são tradicionalmente usados na alimentação brasileira, como é o caso das hortaliças, são costumeiramente produzidos em pequenas propriedades. O cultivo de hortaliças é uma opção para agricultores familiares, pois apresenta um retorno econômico relativamente rápido além de poderem ser produzidas em pequenas áreas e com limitações edafoclimáticas onde outros cultivos talvez não consigam se adaptar (Amaro *et al.*, 2007).

O grupo de hortaliças folhosas dentro do qual insere-se a alface distingue-se dos demais por necessitar de cuidados especiais desde o plantio até a comercialização devido ao fato de que as partes comestíveis são as folhas frescas (SENAR, 2012). As alfases comercializadas no Brasil podem ser classificadas em seis grupos de acordo com o tipo de folha, como: alface repolhuda-manteiga, alface repolhuda-crespa (americana), solta lisa, solta crespa, mimosa e romana. Dentre eles, a alface repolhuda-crespa (americana) e a alface solta crespa se destacam. A alface mais consumida no país é a alface crespa representando 70% do mercado (Maldonado; Mattos; Moretti, 2014). Entretanto, há, no mercado, uma tendência de elevação da procura de alface americana (Suinaga *et al.*, 2013).

A alface é uma planta de clima temperado, mas existem cultivares que são capazes de produzir em ambientes tropicais embora apresentem atributos de qualidade ligeiramente inferiores com menor número de folhas e formação de cabeças menos compactadas (Henz; Suinaga, 2009). Essa cultura se adapta melhor em solos de textura média com boa capacidade de retenção de água e apresenta um sistema radicular ramificado e superficial, ficando geralmente entre os primeiros 25 e os 60 cm do perfil do solo (Filgueira, 2008 *apud* Yuri *et al.*, 2016).

Essa cultura pode ser semeada em sementeiras ou diretamente no canteiro, mas o plantio mais indicado é em sementeiras porque há maior controle sanitário além da possibilidade de seleção das mudas mais vigorosas para transplantio. Alguns aspectos importantes da produção de mudas é usar sementes de qualidade, cultivares adaptadas à região de cultivo e resistentes às principais pragas e doenças da área além de ser fundamental que se escolha um material que atenda às exigências do mercado consumidor (Maldonado; Mattos; Moretti, 2014).

Outro aspecto relevante desse grupo de hortaliças é a colheita que deve ser realizada antes do florescimento tendo um período bem limitado de otimização entre o ponto de máximo crescimento vegetativo e a qualidade comercial (SENAR, 2012). Todos esses fatores evidenciam a necessidade do estabelecimento correto da cultura desde o início do seu ciclo, indicando a importância de mudas em estágio de desenvolvimento adequado no momento do transplantio.

A produção de mudas em bandejas de células revolucionou o mercado de hortaliças principalmente por facilitar o transplante evitando que as raízes de plantas vizinhas se embarçassem além de permitir o manejo de várias mudas individualmente num mesmo recipiente (Jorge *et al.*, 2019). Mudas produzidas em recipientes coletivos tendem a ter maior uniformidade de germinação e emergência facilitando o processo de plantio e assegurando homogeneidade aos lotes (Sousa; Lédo; Silva, 1997). No caso de bandejas reutilizáveis é necessário que se faça a correta higienização da mesma com o intuito de evitar problemas de contaminação e disseminação de patógenos para as mudas (Jorge *et al.*, 2019).

Para o desenvolvimento apropriado de mudas em recipientes fora do solo, é necessário que se utilize um substrato adequado que seja capaz de fixar as raízes e oferecer à planta quantidades de ar e água suficientes com a necessidade da cultura. Ferraz *et al.*, (2005), afirmam que embora variem de marca para marca, as propriedades químicas dos substratos comerciais geralmente são adequadas para o desenvolvimento das plantas, as características físicas, porém, se diferem consideravelmente entre as diferentes composições de substrato.

Essas diferenças explicam por que determinados substratos apresentam melhor desempenho, uma vez que a combinação ideal entre aeração, retenção de água, porosidade e densidade influencia diretamente a germinação, o desenvolvimento das plantas e a absorção de nutrientes (Dias *et al.*, 2008; Canesin e Barbosa, 2017; Ludwig *et al.*, 2014). Substratos muito compactos reduzem a oxigenação e o crescimento das raízes, enquanto substratos demasiadamente leves ou arenosos apresentam baixa capacidade de retenção hídrica, exigindo irrigações mais frequentes e podendo comprometer a nutrição das mudas (Ferraz; Centurion; Beutler, 2005). Assim, a escolha do substrato deve buscar o equilíbrio entre estrutura física e disponibilidade de nutrientes.

Segundo Jorge *et al.*, (2020), as principais qualidades procuradas em um substrato são o baixo custo, a disponibilidade no mercado, o teor de nutrientes, o pH, uma capacidade de troca de cátions adequada, a ausência de patógenos, a aeração, a retenção de água e a boa agregação às raízes. Além disso, é importante ressaltar que existem diversos substratos agrícolas que podem ser adquiridos comercialmente, porém muitos desses substratos podem ser elaborados na propriedade usando resíduos orgânicos e aumentando a sustentabilidade da produção (Jorge *et al.*, 2020).

Nesse contexto de reutilização de materiais orgânicos em misturas para a composição de substratos agrícolas e com o intuito de melhorar suas qualidades físicas, tem-se dentre os potenciais materiais a serem utilizados, a casca de arroz. Conforme Foletto *et al.*, (2005), o subproduto mais volumoso da indústria do arroz são as cascas que, se não forem aproveitadas, acabam sendo descartadas no meio ambiente e provocam poluição ambiental. No Rio Grande do Sul, a produção anual desse resíduo é de mais de um milhão de toneladas (Foletto *et al.*, 2005). Desse modo, o uso de casca de arroz na forma carbonizada incorporada à substratos comerciais para a produção de mudas pode ser uma alternativa para o aproveitamento desse subproduto.

A casca de arroz carbonizada se destaca por apresentar vantagens agrônômicas e ambientais. Suas principais vantagens incluem a baixa densidade aparente, o elevado volume

de macroporos, a alta estabilidade estrutural, a boa drenagem e a resistência à decomposição, características que favorecem a aeração e reduzem a compactação do substrato (Wendling; Ferrari; Grossi, 2002; Bortolozzo *et al.*, 2007; Tabajara e Colônia *apud* Saidelles *et al.*, 2009; Kratz *et al.*, 2013).

Além disso, o material possui pH levemente alcalino e teores adequados de cálcio (Tabajara e Colônia *apud* Saidelles *et al.*, 2009). Por outro lado, a casca de arroz carbonizada apresenta desvantagens, como o baixo teor de nitrogênio, fósforo e potássio, a baixa capacidade de retenção de água e a baixa capacidade de troca de cátions, o que a torna pouco eficiente quando utilizada isoladamente (Kratz *et al.*, 2013; Gonçalves e Poggiani *apud* Saidelles *et al.*, 2009). Dessa forma, sua utilização é mais adequada em mistura com materiais de maior retenção de umidade e disponibilidade de nutrientes, como turfa, húmus, esterco curtido ou compostos orgânicos, para corrigir esses desequilíbrios físicos e químicos.

Além de ser uma abordagem sustentável para o descarte de um subproduto abundante na indústria gaúcha, a casca de arroz também demonstra um ótimo potencial agrícola tendo sido pesquisada por diversas instituições. Um estudo realizado por Da Silva *et al.*, (2022) concluiu que a combinação de casca de arroz carbonizada com substrato comercial obteve algumas características favoráveis para o desenvolvimento de mudas, destacando-se o tamanho dos poros e o desenvolvimento de hortaliças com maior altura.

De acordo com Kratz e Wendling (2016), o uso de casca de arroz carbonizada na mistura de substratos para produção de mudas é viável por ter influência sobre parâmetros como pH, capacidade de troca de cátions e densidade do solo. Além de corroborarem com essa informação, os estudos de Saidelles *et al.*, (2009) afirmam que diferentes espécies cultivadas apresentam comportamentos diferentes em relação à proporção de casca de arroz carbonizada misturada com outros materiais. Dessa forma, a proporção adequada de casca de arroz no substrato deve ser ajustada conforme a espécie cultivada e as exigências fisiológicas da cultura, buscando o equilíbrio entre a retenção de água, a disponibilidade de nutrientes e a oxigenação radicular, evidenciando a relevância da avaliação dos efeitos da adição, ao substrato agrícola, da casca de arroz carbonizada em diferentes proporções, na produção de mudas de alface.

## 2.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no viveiro de mudas, numa estufa agrícola, modelo arco pampeano, com cobertura plástica de filme de polietileno, com portas e laterais móveis e dimensões aproximadas de 10,0 metros de largura x 30,0 metros de comprimento na área agrícola do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia - Campus Ibirubá.

O experimento foi conduzido durante os meses de agosto e setembro do ano de 2025 em bandejas de isopor (poliestireno expandido) com 200 células. Para cada um dos tipos/cultivares de alface foram usados dois substratos comerciais diferentes. Turfafértil que é composto de Turfa, Casca de Arroz Carbonizada, Calcário Calcítico, sendo aditivado com fertilizantes mineral, com N 0,01%, P 0,05% e K 0,006% e Maxifértil composto por casca de pinus

compostada e carbonizada, vermiculita, calcário e aditivos NPK e proporções variáveis de casca de arroz carbonizada da seguinte forma: 100% substrato Turfafétil; 100% substrato Maxifertil; 75% substrato Turfafétil + 25% casca de arroz carbonizada; 75% substrato Maxifertil + 25% casca de arroz carbonizada; 50% substrato Turfafétil + 50% casca de arroz carbonizada; 50% substrato Maxifertil + 50% casca de arroz carbonizada; 100% casca de arroz carbonizada. Cada repetição correspondeu à 50 células de uma bandeja (Figura 1). As cultivares de alface crespa e alface americana utilizadas foram, respectivamente, Samira e Astra ambas da linha de semente TopSeed Premium da empresa Agristar do Brasil.

**Figura 1** - Substratos usados na produção das mudas de alface. Casca de arroz carbonizada (A). Substrato comercial Turfafétil (B). Substrato comercial Maxifétil (C).



*Fonte: Elaborado pelo autor.*

Para realizar as misturas de substrato e casca de arroz foram usados um balde e um medidor que estabeleceu-se ser 25% da mistura, assim, por exemplo, para a mistura de 75% de substrato e 25% de casca de arroz, usou-se 3 medidas de substrato e uma de casca de arroz (Figura 2).

**Figura 2** - Balde e medidor usados para misturar os tratamentos.

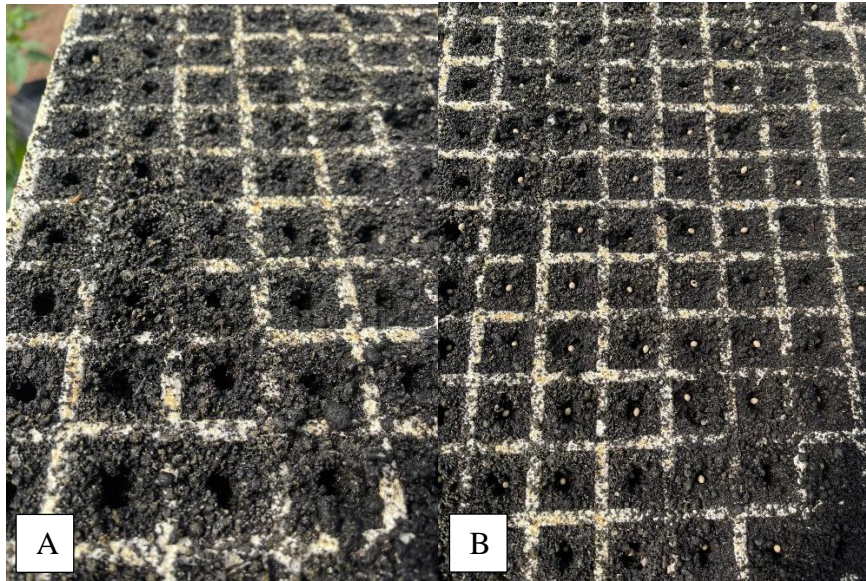


*Fonte: Elaborado pelo autor.*

Antes da semeadura as bandejas foram higienizadas com água e uma solução de hipoclorito de sódio (2%). As misturas que levam substrato comercial na sua composição foram

umedecidas até aproximadamente 60%, que geralmente é um percentual alcançado empiricamente, quando se aperta um volume da mistura nas mãos e ela toma forma, mas não solta água. A mistura foi então espalhada sobre as bandejas de modo que todas as células estivessem adequadamente preenchidas. Foram feitas pequenas covas de aproximadamente 6 mm de profundidade e em cada uma foi depositada uma semente (Figura 3). Em seguida, as sementes foram cobertas com uma fina camada de substrato.

**Figura 3** - Covas no substrato (A). Sementes colocadas em cada célula da bandeja (B).



*Fonte: Elaborado pelo autor.*

Logo após a semeadura, as bandejas passaram para o sistema de irrigação flutuante *floating* que foi instalado dentro da estufa (Figura 4). Esse sistema é composto por uma lona ajustada em cima de uma estrutura de tijolos que forma uma espécie de piscina sobre a qual foram colocadas as bandejas de modo que elas flutuem em uma lâmina de aproximadamente 6,0 cm de lâmina d'água sem que a água ficasse exposta à luminosidade para evitar a formação de algas.

**Figura 4** - Construção do sistema *floating* (A e B). Sistema pronto (C).



Fonte: Elaborado pelo autor.

A adubação das mudas foi realizada no sistema *floating* por meio da mistura de sais fertilizantes juntamente com a água. A quantidade de fertilizante comercial Giorgioniteroi, foi determinada pela condutividade elétrica da solução nutritiva, que foi medida com um condutivímetro portátil, toda vez em que foi adicionado água ou sais fertilizantes com o objetivo de manter um valor entre 0,8 à 1,0 mS.cm<sup>-1</sup> (Figura 5).

**Figura 5** - Fertilizante (A). Pesagem do fertilizante (B). Diluição do fertilizante (C). Medição da água do floating com o condutivímetro (D).



*Fonte: Elaborado pelo autor.*

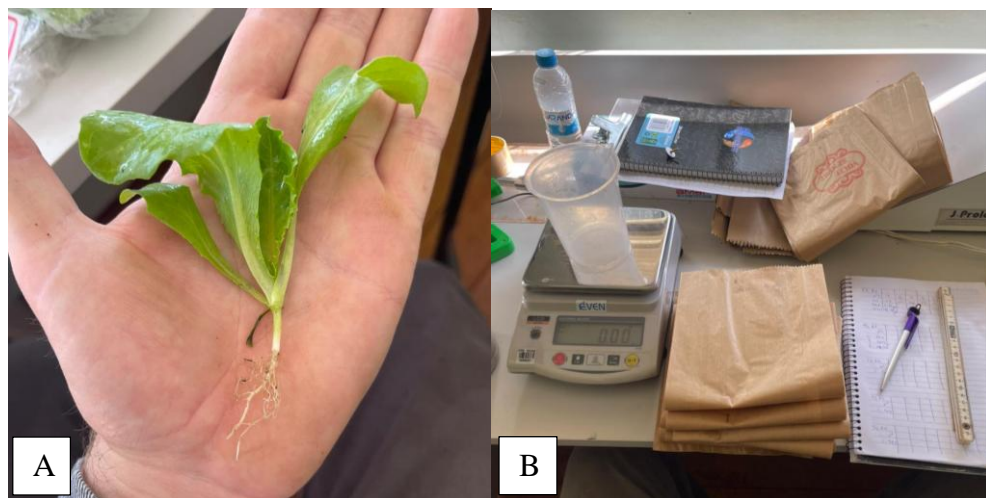
O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado e o experimento foi bifatorial, sendo um dos fatores a composição do substrato agrícola e o outro a cultivar utilizada. Ao todo foram 14 tratamentos (diferentes composições de substrato comercial e casca de arroz carbonizada) e 4 repetições, correspondendo a 50 mudas cada.

Quando as mudas alcançaram o ponto de transplântio, ou seja, quando apresentavam quatro à cinco folhas definitivas, foram realizadas avaliações em 6 (seis) plantas de cada repetição (Figura 6). Analisando o número de folhas de cada muda através de contagem numérica, a massa fresca e massa seca da parte aérea com o auxílio de uma balança e estufa de secagem, o comprimento da raiz medido com régua graduada e a massa fresca e massa seca da raiz utilizando uma balança e estufa de secagem (Figura 7).

**Figura 6 -** Mudas prontas para avaliação (A e B).



**Figura 7 -** Muda pronta para avaliação (A). Materiais usados para avaliação (B).



*Fonte: Elaborado pelo autor.*

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e comparação de médias pelo teste de Tuckey a 5% de probabilidade. Por serem valores muito baixos, os dados obtidos para massa fresca da raiz tiveram que ser analisados com base no logaritmo neperiano a fim de apresentarem diferença estatística.

## 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se na Tabela 1 que o número de folhas apresentou diferença estatística entre os tratamentos, com os maiores valores registrados para a cultivar Astra em todos os tratamentos exceto 100% CAC. Os tratamentos com substrato para a cultivar Astra não diferiram estatisticamente entre si, indicando que a redução parcial do substrato comercial na mistura com a CAC, não comprometeu o desenvolvimento foliar. Já a cultivar Samira apresentou menos folhas, destacando-se o tratamento 75% Maxifétil + 25% CAC e 50% Maxifétil + 50% CAC como superiores entre os demais, sugerindo boa resposta dessa cultivar ao substrato Máxifertil, sendo que as misturas do substrato Turfafétil e CAC apresentaram inferioridade quando comparados ao outro substrato.

Corrêa *et al.* (2019) quando comparando o uso de substratos comerciais com resíduos de palmito de açaí, caroço de açaí e casca de arroz carbonizada, encontraram que o resíduo de palmito de açaí e o substrato comercial não apresentaram diferença estatística entre si. Porém, os substratos formados por caroço de açaí e casca de arroz carbonizada resultaram em mudas com menor desenvolvimento foliar, corroborando o presente estudo.

Resultados semelhantes foram encontrados por Watthier *et al.* (2019), que observaram maior número de folhas em mudas cultivadas nos substratos formulados com 60% de húmus de minhoca + 40% CAC e 80% húmus de minhoca + 20% CAC. Esses autores destacam que a combinação equilibrada entre húmus e casca de arroz melhora a disponibilidade de nutrientes e a retenção de água, favorecendo o crescimento foliar, enquanto o uso isolado da casca de arroz carbonizada reduziu o desenvolvimento das mudas devido à baixa condutividade elétrica e à pouca retenção hídrica.

De forma convergente, Freitas *et al.* (2013) constataram que substratos alternativos formulados com diferentes composições orgânicas (PlantHort I, II e III) proporcionaram maior número de folhas em relação ao substrato comercial Plantmax. Entretanto, o aumento da proporção de casca de arroz carbonizada causou redução linear no número de folhas, evidenciando que o excesso desse material limita a retenção de nutrientes e de umidade. Segundo os autores, proporções intermediárias de casca de arroz ainda resultaram em mudas com número de folhas adequado ao transplântio, demonstrando que o equilíbrio entre aeração e fertilidade do substrato é determinante para o crescimento inicial da alface.

**Tabela 1** - Número de folhas (NF) e comprimento da raiz (CR) das cultivares Astra e Samira para cada um dos tratamentos

Tratamento	Cultivar	NF	CR
100% Maxifértil	Astra	4,83 ab	13,82 a
	Samira	4,3 cd	12,74 ab
75% Maxifértil + 25% CAC	Astra	4,9 ab	11,62 ab
	Samira	4,5 bc	13,12 ab
50% Maxifértil + 50% CAC	Astra	5,2 a	12,82 ab
	Samira	4,4 bcd	10,54 b
100% CAC	Astra	3,9 cde	11,16 b
	Samira	3,7 e	12,74 ab
50% Turfafértil + 50% CAC	Astra	4,74 ab	11,58 ab
	Samira	4,06 cde	12,41 b
75% Turfafértil + 25% CAC	Astra	4,83 ab	10,99 b
	Samira	3,94 de	11,95 ab
100% Turfafértil	Astra	4,78 ab	11,53 ab
	Samira	4,04 cde	12,08 ab

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Em relação ao comprimento da raiz, a maior parte dos tratamentos não diferiu estatisticamente entre si. A única diferença apresentada foi que o tratamento 100% Maxifértil da cultivar Astra se mostrou superior aos tratamentos 50% Maxifértil + 50% CAC da cultivar Samira, 100% CAC da cultivar Astra, 50% Turfafértil + 50% CAC da cultivar Samira e 75% Turfafértil + 25% CAC da cultivar Astra, não demonstrando nenhuma tendência quanto a cultivar ou substrato comercial.

Corrêa *et al.* (2019) verificaram que o substrato comercial e o resíduo de palmito de açaí proporcionaram os maiores comprimentos de raiz, enquanto os substratos à base de caroço de açaí e casca de arroz carbonizada apresentaram raízes significativamente menores. Os autores atribuíram esse comportamento à melhor estrutura física e disponibilidade de nutrientes nos substratos comercial e de palmito, que favoreceram o desenvolvimento radicular, ao passo que a elevada porosidade e baixa retenção de água da casca de arroz limitaram o crescimento das raízes.

De forma semelhante, Watthier *et al.* (2019) observaram que o comprimento do sistema radicular foi maior no substrato contendo 20% de húmus de minhoca e 80% CAC enquanto o menor crescimento ocorreu no substrato com 80% de húmus. Segundo os autores,

o aumento da densidade do substrato com mais húmus, reduziu a disponibilidade de água e a aeração, restringindo a expansão das raízes. Esses resultados indicam que a proporção equilibrada entre matéria orgânica e material estruturante é determinante para o desenvolvimento do sistema radicular, visto que o excesso de húmus compromete a porosidade, e a casca de arroz, isoladamente, não retém umidade suficiente para o crescimento adequado.

Freitas *et al.* (2013) também observaram que o aumento da proporção de casca de arroz carbonizada nos substratos causou redução linear no comprimento radicular, comportamento semelhante ao observado para outras variáveis de crescimento. Ainda assim, os substratos alternativos PlantHort I, II e III, com até 50% de casca de arroz, apresentaram melhor desenvolvimento de raízes do que o substrato comercial Plantmax.

De forma complementar, Klein *et al.* (2012) avaliaram misturas do substrato comercial Horta 2 com diferentes proporções de casca de arroz carbonizada e observaram que, embora o substrato com 50% CAC tenha apresentado maior comprimento de raiz, essa diferença não foi estatisticamente significativa em relação aos demais. Os autores destacam que a casca de arroz carbonizada melhora a aeração e reduz a densidade do substrato, o que beneficia o crescimento das raízes, mas pode diminuir a retenção de água, exigindo maior frequência de irrigação.

Em conjunto, os resultados indicam que o crescimento radicular da alface é favorecido por substratos com equilíbrio entre porosidade e retenção hídrica, sendo prejudicado tanto pela compactação excessiva quanto pela baixa umidade. Substratos contendo combinações de materiais orgânicos e estruturantes, como húmus de minhoca, palmito de açaí ou casca de arroz carbonizada em proporções moderadas, promovem condições físicas e químicas mais adequadas ao desenvolvimento radicular, resultando em mudas mais vigorosas e com maior potencial de sobrevivência após o transplante.

**Tabela 2** - Massa fresca da parte aérea (MFPA) e massa fresca da raiz (MFR) das cultivares Astra e Samira para cada um dos tratamentos

Tratamento	Cultivar	MFPA	MFR
100% Maxifértil	Astra	2,65 a	0,52 a
	Samira	1,76 bcd	0,46 ab
75% Maxifértil + 25% CAC	Astra	2,61 a	0,41 abcd
	Samira	2,21 ab	0,44 abcd
50% Maxifértil + 50% CAC	Astra	2,70 a	0,44 abcd
	Samira	1,62 cde	0,38 bcd
100% CAC	Astra	1,20 e	0,20 e
	Samira	1,28 de	0,32 cde
50% Turfafértil + 50% CAC	Astra	2,23 ab	0,38 bcd
	Samira	1,73 bcd	0,37 bcd
75% Turfafértil + 25% CAC	Astra	2,19 ab	0,32 de
	Samira	1,61 cde	0,37 bcd
100% Turfafértil	Astra	2,05 bc	0,44 abc
	Samira	1,63 cde	0,47 ab

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Quanto à massa fresca da parte aérea, a cultivar Astra apresentou os maiores valores sob todos os tratamentos exceto 100% CAC e 100% Turfafértil e a cultivar Samira se equiparou à Astra apenas sob o tratamento de 75% Maxifértil + 25% CAC (Tabela 2). Novamente, não fica evidente uma tendência de comportamento, sendo possível apenas constatar que a cultivar Samira apresentou piores resultados principalmente nos tratamentos com mistura de substrato Turfafértil em qualquer concentração e nos tratamentos com 50% ou mais de CAC.

Corroborando com a observação de que o uso de 100% CAC prejudicou o desenvolvimento das mudas, Watthier *et al.* (2019) verificaram que o substrato composto por 100% de casca de arroz carbonizada resultou na ausência de desenvolvimento das mudas de alface. Os autores atribuíram este resultado à baixa disponibilidade de nutrientes, evidenciada pela baixa condutividade elétrica, e às características físicas do material, como o elevado espaço de aeração, que embora facilite a drenagem, pode ter comprometido a retenção de água e o contato das raízes com os nutrientes.

De forma interessante, no mesmo estudo, os tratamentos com misturas de húmus de minhoca e CAC, especificamente 60% húmus + 40% CAC e 80% húmus + 20% CAC,

superaram significativamente o substrato comercial S-10 em produção de MFPA. Isso sugere que a CAC, quando em mistura com um material orgânico rico em nutrientes como o húmus, pode compor um substrato de alta qualidade (Watthier *et al.*, 2019).

A sensibilidade ao aumento da concentração de componentes no substrato também foi abordada por Gomes *et al.* (2008), o substrato comercial Bioplant e o tratamento 70% húmus + 30% CAC foram os que apresentaram os maiores valores de massa fresca de parte aérea. Os autores associaram a queda de produção ao aumento da condutividade elétrica do substrato, que pode ter gerado um estresse salino para as plântulas. Essa observação pode ajudar a explicar o desempenho inferior da cultivar Samira nos tratamentos com o substrato comercial Turfafértil em diferentes concentrações, que, dependendo de sua formulação, poderia apresentar uma salinidade inicial elevada, potencializada pelas misturas.

Gazola *et al.* (2015) também observaram a superioridade de misturas sobre componentes isolados. Em seu trabalho, os tratamentos que continham uma combinação de substrato comercial, vermiculita, casca de arroz carbonizada e fibra de coco ou substrato comercial e vermiculita proporcionaram maior MFPA em mudas de alface. Este resultado reforça a ideia de que a combinação de diferentes materiais com características complementares tende a criar um ambiente mais favorável ao desenvolvimento da parte aérea.

Por fim, o trabalho de Klein *et al.* (2012) demonstrou que a adição de CAC a um substrato comercial melhorou as características físico-químicas da mistura, como a aeração e a retenção de água, sendo benéfico para o desenvolvimento das cultivares de alface analisadas. Embora não tenham encontrado uma tendência clara na MFPA com o aumento da proporção de CAC, notaram diferenças de comportamento entre as cultivares. Isso se alinha com os resultados do presente estudo, onde as cultivares Astra e Samira responderam de forma distinta aos mesmos substratos, evidenciando a interação genótipo-ambiente como um fator determinante na produção de mudas.

A massa fresca da raiz seguiu tendência semelhante à massa fresca da parte aérea apresentando os piores resultados para o tratamento 100% CAC e melhores resultados para o tratamento 100% Maxifértil ambos para a cultivar Astra. Para a massa fresca da raiz, porém, não se nota uma tendência de piora para os tratamentos com Turfafértil, demonstrando que a piora veio com o aumento da porcentagem de CAC para ambos os substratos com uma performance levemente melhor para as misturas com Maxifértil.

O efeito deletério do uso exclusivo de casca de arroz carbonizada no desenvolvimento radicular, observado no presente estudo, é confirmado de forma contundente por Watthier *et al.* (2019). Em seu experimento com mudas de alface, o tratamento com 100% CAC não permitiu o desenvolvimento das mudas, um resultado atribuído tanto à baixa fertilidade do material quanto às suas características físicas, como o excesso de aeração que pode prejudicar a retenção de umidade e o contato raiz-substrato.

A tendência de piora no desenvolvimento radicular com o aumento da porcentagem de CAC, notada em ambos os substratos Maxifértil e Turfafértil no presente estudo, também encontra respaldo. Klein *et al.* (2012) observaram que, embora a adição de 50% de CAC

tenha aumentado o comprimento radicular, a massa fresca da raiz diminuiu progressivamente com o aumento da proporção de CAC na mistura com o substrato comercial Horta 2.

Em contraste com os resultados do presente trabalho, onde o substrato comercial Maxifétil puro se mostrou superior, Watthier *et al.* (2019) encontraram que as misturas 60% húmus + 40% CAC e 80% húmus + 20% CAC produziram mudas com maior massa fresca radicular do que o substrato comercial S-10 utilizado como testemunha. Isso demonstra que, embora substratos comerciais de qualidade, como o Maxifétil, possam oferecer um excelente desempenho, misturas bem formuladas com materiais orgânicos podem, em alguns casos, superá-los. A superioridade do Maxifétil puro para a cultivar Astra sugere que sua composição já é otimizada para a cultura, enquanto as misturas com CAC, nas proporções testadas, não trouxeram benefícios adicionais ao sistema radicular, e em altas concentrações, foram prejudiciais.

É interessante notar que, no presente estudo, não se observou uma tendência de piora para os tratamentos com Turfafétil na massa fresca da raiz, ao contrário do que foi visto para a parte aérea. Isso pode indicar que as características físicas do Turfafétil e suas misturas eram adequadas para o desenvolvimento radicular, mas alguma característica química, como uma possível salinidade elevada, pode ter limitado o desenvolvimento da parte aérea de forma mais acentuada. Gomes *et al.* (2008) optaram por não discutir seus dados de massa de raiz devido à alta variabilidade, um problema comum em avaliações do sistema radicular, o que reforça a complexidade da análise desses dados e a possibilidade de respostas distintas entre a parte aérea e a raiz.

No que se refere à massa seca da parte aérea, apenas o tratamento de 100% CAC para a cultivar Astra diferiu dos demais sendo que todos os outros foram estatisticamente iguais entre si (Tabela 3).

**Tabela 3** - Massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR) das cultivares Astra e Samira para cada um dos tratamentos

Tratamento	Cultivar	MSPA	MSR
100% Maxifértil	Astra	0,0087 a	0,1112 ab
	Samira	0,0110 a	0,0975 abc
75% Maxifértil + 25% CAC	Astra	0,0107 a	0,13 a
	Samira	0,0122 a	0,1150 ab
50% Maxifértil + 50% CAC	Astra	0,0087 a	0,1315 a
	Samira	0,0122 a	0,0925 bc
100% CAC	Astra	0,0022 b	0,0682 c
	Samira	0,0067 a	0,0675 c
50% Turfafértil + 50% CAC	Astra	0,0087 a	0,13 a
	Samira	0,0085 a	0,0975 abc
75% Turfafértil + 25% CAC	Astra	0,0102 a	0,1167 ab
	Samira	0,0097 a	0,0825 bc
100% Turfafértil	Astra	0,0087 a	0,1112 ab
	Samira	0,0110 a	0,0975 abc

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

A inferioridade do tratamento com 100% CAC é fortemente corroborada por múltiplos estudos com hortaliças. Watthier *et al.* (2019) observaram que mudas de alface não se desenvolveram em substrato de 100% CAC, atribuindo o fato à baixa disponibilidade de nutrientes e ao excessivo espaço de aeração.

De forma similar, Freitas *et al.* (2013) e Silva *et al.* (2012) verificaram uma redução linear na massa seca foliar e caulinar de mudas de alface e tomateiro, respectivamente, com o aumento das proporções de CAC. Essa tendência negativa para altas concentrações de CAC, culminando no pior resultado com o material puro, alinha-se perfeitamente com a observação do presente estudo, indicando que este material, isoladamente, não fornece as condições químicas e físicas ideais para o acúmulo de biomassa na parte aérea da alface.

Em contraste, Freitas *et al.* (2013) e Silva *et al.* (2012) encontraram que seus substratos alternativos foram consistentemente superiores ao substrato comercial, mesmo com a adição de até 75% de CAC. Isso indica que a qualidade do substrato comercial base é um fator determinante.

Adicionalmente, Gomes *et al.* (2008) demonstraram que um substrato formulado com 70% de húmus e 30% de CAC, sem adição de outros fertilizantes, produziu MSPA

equivalente à do substrato comercial. Este resultado reforça que uma mistura bem formulada pode igualar ou até superar um produto comercial, e que o equilíbrio químico é crucial. A similaridade estatística entre os tratamentos no presente estudo pode, portanto, indicar que os nutrientes e as condições físicas já eram adequadas na maioria das combinações, com exceção do extremo de 100% CAC.

É fundamental, contudo, notar que a resposta à CAC é altamente dependente da espécie. Em um estudo com a espécie florestal angico-vermelho, Fonseca *et al.* (2017) obtiveram o resultado oposto, o tratamento com 100% CAC foi o que proporcionou o maior acúmulo de MSPA. Isso evidencia que espécies rústicas e adaptadas a solos de baixa fertilidade podem se beneficiar das características físicas da CAC, sendo menos dependentes da oferta de nutrientes do substrato, um comportamento distinto do observado em hortaliças como a alface.

Por fim, a massa seca da raiz demonstrou inferioridade para a cultivar Samira, sendo que todos os tratamentos dessa cultivar, exceto 75% Maxifértil + 25% CAC, não diferiram entre si. Para a cultivar Astra, todos os tratamentos foram estatisticamente iguais exceto o 100% CAC. Esses resultados reforçam as tendências observadas nas demais variáveis, demonstrando superioridade da cultivar Astra e do substrato Maxifértil.

A clara inferioridade do tratamento com 100% CAC para a cultivar Astra encontra forte respaldo. Watthier *et al.* (2019) relataram ausência de desenvolvimento de mudas de alface em 100% CAC, enquanto Freitas *et al.* (2013) e Silva *et al.* (2012) observaram uma resposta quadrática ou de redução linear na massa seca da raiz de alface e tomateiro com o aumento da proporção de CAC. A justificativa para esse desempenho ruim reside na natureza da CAC que embora melhore a aeração, pode em excesso reduzir a capacidade de retenção de água e o contato efetivo das raízes com as partículas do substrato.

A superioridade geral da cultivar Astra em detrimento da Samira evidencia uma forte interação genótipo-ambiente. Klein *et al.* (2012) também encontraram diferenças significativas na massa de raiz entre duas cultivares de alface, reforçando que a resposta ao substrato é geneticamente dependente. Silva *et al.* (2012) observaram uma resposta quadrática na MSR de tomateiro, com uma proporção de CAC que variava conforme o substrato base. É plausível que a proporção de 25% de CAC tenha criado um ponto ótimo de aeração e estrutura física para a cultivar Samira, que não foi atingido nas outras combinações.

O bom desempenho do substrato Maxifértil, tanto puro quanto em misturas, sugere que se trata de um produto comercial de alta qualidade. Watthier *et al.* (2019) e Freitas *et al.* (2013) encontraram que misturas alternativas superaram os substratos comerciais na produção de MSR. Isso contextualiza os resultados do presente trabalho, indicando que o Maxifértil é um substrato de alto padrão, cujo desempenho só foi igualado por uma mistura específica no caso da cultivar mais sensível. A falta de resposta da cultivar Astra às diferentes misturas (exceto 100% CAC) sugere que o substrato Maxifértil puro já fornecia condições próximas do ideal para esta cultivar, não havendo ganhos com a adição de CAC.

Por fim, é crucial destacar a dependência da espécie. Em total contraste com os resultados para hortaliças, Fonseca *et al.* (2017) verificaram que o tratamento com 100% CAC

foi o que promoveu o maior acúmulo de massa seca radicular em mudas da espécie florestal angico-vermelho. Este resultado divergente sublinha que as recomendações de substrato não podem ser universalizadas, e que as características físicas da CAC, prejudiciais em excesso para a alface, podem ser benéficas para espécies mais rústicas e com diferentes estratégias de desenvolvimento radicular.

### 3 CONCLUSÃO

A cultivar Astra apresentou os maiores valores de massa fresca da parte aérea na maioria dos tratamentos e manteve um desempenho superior em massa seca da parte aérea e massa seca da raiz, com exceção apenas do tratamento com 100% CAC. Em contraste, a cultivar Samira demonstrou maior sensibilidade às variações do substrato, apresentando piores resultados, especialmente nas misturas com Turfafétil e em altas concentrações de CAC.

O substrato Maxifétil revelou-se o mais eficiente, com o tratamento 100% Maxifétil proporcionando os melhores resultados para a massa fresca da raiz da cultivar Astra. As misturas formuladas com Maxifétil consistentemente superaram as misturas com Turfafétil, indicando uma superioridade intrínseca do Maxifétil como substrato base.

A casca de arroz carbonizada, quando utilizada em proporção de 100%, mostrou-se o tratamento mais limitante para ambas as cultivares em todas as variáveis de biomassa (MFPA, MFR, MSPA e MSR). Contudo, a mistura de 75% Maxifétil + 25% CAC destacou-se como um ponto de equilíbrio, sendo o único tratamento onde a cultivar Samira se equiparou à Astra em MFPA e um dos poucos onde a Samira não demonstrou inferioridade em MSR.

Em síntese, a produção de mudas de alface de melhor qualidade foi com a cultivar Astra e pelo uso do substrato comercial Maxifétil.

## REFERÊNCIAS

- AMARO, G. B. *et al.*; **Recomendações técnicas para o cultivo de hortaliças em agricultura familiar**. Circular técnica 47. Brasília, DF: Embrapa hortaliças, 2007.
- BORTOLOZZO, A. R. *et al.*; Produção de morangos no sistema semi-hidropônico. **Circular técnica 62**, Embrapa: Bento Gonçalves, 2007.
- CANESIN, F. M.; BARBOSA, R. Z.; Efeito de diferentes substratos na germinação de sementes de maracujá azedo. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, periódico semestral, n. 31, 2017.
- CARVALHO, P. G. B. de *et al.*; Hortaliças como alimentos funcionais. **Horticultura brasileira**, v. 24, n. 4, 2006.
- CORRÊA, B. A.; Reaproveitamento de resíduos orgânicos regionais agroindustriais da Amazônia tocantina como substratos alternativos na produção de mudas de alface. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v. 9, n. 1, p. 97-104, 2019.
- DA SILVA, J. L. *et al.*; Uso de biocarvão como substrato na produção de mudas a partir de duas biomassas diferentes. **Ver. Recnol. Soc.** Curitiba, v.18, n.53, p. 237-248, seção temática, 2022.
- DIAS, M. A. *et al.*; Germinação de sementes e desenvolvimento de plantas de pimenta malagueta em função do substrato e lâmina de água. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 30, n. 3, p. 115 – 121, 2008.
- FERRAZ, M. V.; CENTURION, J. F.; BEUTLER, A. N.; Caracterização física e química de alguns substratos comerciais. **Acta Scientiarum. Agronomy**. Maringá, v. 27, n.2, p. 209 – 214, 2005.
- FOLETTTO, E. L. *et al.*; Aplicabilidade das cinzas da casca de arroz. **Quim. Nova**, vol. 28, n. 6, p. 1055-1060, 2005.
- FONSECA, E. F. *et al.* Uso potencial da casca de arroz carbonizada na composição de substratos para produção de mudas de *Anadenanthera peregrina* (L) Speg. **Revista Desafios**, v. 4, n. 4, p. 32-41, 2017.
- FREITAS, G. A. de. *et al.*; Produção de mudas de alface em função de diferentes combinações de substratos. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 44, n. 1, p. 159-166, 2013.
- GAZOLA, T. *et al.* Avaliação de substratos alternativos na produção de mudas e desenvolvimento de plantas de alface. **UNIMAR CIÊNCIAS**, v. 24, n. 1-2, p. 33-39, 2015.
- GOMES, L. A. A. *et al.* Produção de mudas de alface em substrato alternativo com adubação. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 3, p. 359-363, 2008.

HENZ, G. P.; SUINAGA, F.; **Tipos de alface cultivados no Brasil**. Comunicado técnico 75 Brasília, DF: Embrapa, 2009.

JORGE, M. H. A. *et al*; **Recomendações técnicas para utilização de bandejas multicelulares na produção de mudas de hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2019.

JORGE, M. H. A. *et al*; **Informações técnicas sobre substratos utilizados na produção de mudas de hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2020.

KRATZ, D. *et al*.; Substratos renováveis na produção de mudas de *Eucalyptus benthamii*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 4, p. 607-621, 2013.

KRATZ, D.; WENDLING, I.; Crescimento de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* em substratos à base de casca de arroz carbonizada. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 63, n.3, p. 348-354, 2016.

LUDWIG, F. *et al*.; Características dos substratos na absorção de nutrientes e na produção de gerbera de vaso. **Hortic. Bras.**, v. 32, n. 2, 2014.

MALDONADE, I. R.; MATTOS, L. M.; MORETTI, C. L.; **Manual de boas práticas agrícolas na produção de alface**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2014.

SAIDELLES, F. L. F. *et al*.; Casca de arroz carbonizada como substrato para produção de mudas de tamboril-da-mata e garapeira. **Semina: ciências agrárias**, Londrina, v.30, suplemento 1, p. 1173-1186, 2009.

SENAR – Serviço nacional de Aprendizagem Rural; **Hortaliças: Cultivo de hortaliças folhosas**. Brasília, DF: SENAR, 2012.

SILVA, R. R. *et al*. Influência de casca de arroz carbonizada em diferentes substratos na qualidade de mudas de tomateiro. **Agrária**, v. 7, suplemento, p. 803-809, 2012.

SOUSA, J. A. de; LÉDO, F. J. da S.; SILVA, M. R. da; **Produção de mudas de hortaliças em recipientes**. Circular técnica 19. Rio Branco: Embrapa-CPAF/AC, 1997.

SUINAGA, F. A. *et al*.; **Desempenho produtivo de cultivares de alface crespa**. Boletim de pesquisa e desenvolvimento 89. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2013.

WATTHIER, M. *et al*. Húmus de minhoca e casca de arroz carbonizada como substratos para produção de mudas de alface. **Braz. Ap. Sci. Rev.**, Curitiba, v. 3, n. 5, p. 2065-2071, 2019.

WENDLING, I.; FERRARI, M. P.; GROSSI, F.; Curso intensivo de viveiros e produção de mudas. **Documentos 79**, Embrapa Florestas: Colombo, 2002.

YURI, J. E. *et al*.; Nutrição e adubação da cultura da alface. *In*: PRADO, R. de M.; CECÍLIO FILHO, A. B.; **Nutrição e adubação de hortaliças**. Jaboticabal: FCAV/CAPES, 2016. p. 559-577