

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS  
CAMPUS DE DRACENA**

**Maria Clara Nunes Paiva**

**Substratos para a produção sustentável de primavera  
(*Bougainvillea*)**

Dracena

2026

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS  
CAMPUS DE DRACENA**

**Maria Clara Nunes Paiva**

**Substratos para a produção sustentável de primavera  
(*Bougainvillea*)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
à Faculdade de Ciências Agrárias e  
Tecnológicas – Unesp, Campus de Dracena  
como parte das exigências para conclusão do  
curso.

Orientador: Prof. Dr. Maria Gabriela Fontanetti Rodrigues

Dracena

2026

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
“JULIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS  
UNESP – CÂMPUS DE DRACENA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: Substratos para a produção sustentável de primavera (*Bougainvillea*)

Modalidade: Trabalho de conclusão de curso em **Atividades de pesquisa**.

Autor: Maria Clara Nunes Paiva

Orientador (a): Maria Gabriela Fontanetti Rodrigues

Número de Créditos: 12

Data da aprovação e correção de acordo com as sugestões da Banca:

\_\_11\_/06/\_/2026\_\_

Documento assinado digitalmente  
 MARIA GABRIELA FONTANETTI RODRIGUES  
Data: 16/06/2026 11:40:09-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Documento assinado digitalmente  
 YASMIN SOARES DIAS  
Data: 11/06/2026 19:47:13-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Documento assinado digitalmente  
 AFFONSO GAMA SOUZA PINHEIRO  
Data: 11/06/2026 15:29:52-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Maria Gabriela Fontanetti  
Rodrigues

Yasmin Soares Dias

Affonso Gama Souza  
Pinheiro

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a Deus que com seu cuidado me trouxe até aqui, sendo a força e a sabedoria que todos os dias necessito, e muito antes de mim conhecia cada virgula aqui escrita. E a eles, que lutaram, viveram e sonharam ao meu lado, aos meus pais dedicarei todo e qualquer sucesso, pois sob muito sol e longas estradas, me guiaram pela mais segura a qual não tiveram oportunidade.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, acima de tudo, a Deus, por me guiar até aqui, sendo Ele o autor da minha vida e escritor de todos os meus sonhos. A Ele com todos os seus planos, onde muitas vezes eu não tinha capacidade de discernimento, mas que sempre foram perfeitos, mostrando que por maior que fosse a dificuldade sempre esteve ao meu lado, sendo a fortaleza nos tempos difíceis, o ânimo nos momentos de aflição, a força quando desistir parecia mais fácil do que resistir, tendo me conduzido com amor e providência até este momento.

A Nossa Senhora das Graças, por sempre me acompanhar, sendo o meu amparo, a calma e a tranquilidade que tanto necessitei, o colo e o cuidado que tranquilizaram minha alma. Os inúmeros momentos onde pedi sua intercessão, e com todo o seu amor materno ofereceu consolo sob seu manto, me recordando que nunca estive sozinha.

Aos meus pais, por nunca medirem esforços para realizar meus sonhos, que com tantos sacrifícios me trouxeram até aqui, permitindo com tanta dedicação que eu apenas vivesse e crescesse. Ao meu pai Claudio Paiva, que passa dias fora, abdicou de noites de sono, para que um dia eu tivesse oportunidades melhores, por apoiar meus sonhos e escolhas, a sua maneira, sempre fazer de tudo pela minha educação e sucesso. A minha mãe Denise Nunes, que com incontáveis esforços e renúncias, sempre esteve me motivando e acreditando em mim, apoiando, e lembrando que cada esforço valeria a pena. Tudo o que conquistei na vida, devo a vocês. Agradeço aos meus irmãos, por muita paciência, força, apoio, por sempre me motivarem, não me deixando esquecer do quanto eu já havia vencido, apenas por chegar até aqui.

A minha melhor amiga, a irmã de outra mãe, Bárbara, que acompanhou tantos momentos dessa jornada ao meu lado. Comemorou comigo os momentos de alegria, celebrando como se fossem seus; acolheu minhas lágrimas em períodos angustiantes, dividiu comigo alegrias e tristezas, sempre com paciência e amor. Aquela que ouviu muitas reclamações, e que incontáveis vezes me permitiu repetir a mesma história, até que meu coração se curasse. Que me incluiu em suas orações, e muitas vezes foi instrumento da providência divina na minha vida, sempre me lembrando que Deus sempre esteve acima de tudo.

À minha orientadora Prof. Dr. Maria Gabriela, por todo acolhimento, paciência, dedicação, apoio, força, oportunidade, valiosas orientações, e todo conhecimento

transmitido ao longo da graduação, uma grande inspiração feminina e profissional. Sua orientação foi essencial para a realização deste trabalho. Sou imensamente grata.

Aos amigos que fiz durante a graduação, que durante esse ciclo foram meu apoio constante, que estiveram ao meu lado nos momentos de alegria, e permaneceram nos momentos de aflição, deixo a minha eterna gratidão. Cada um de vocês teve um papel único na minha vida, durante todo esse ciclo, com risadas, brincadeiras, desespero, aflição, onde compartilhávamos das dificuldades e vitórias, nos apoiávamos em semanas de provas, ou aquela cerveja no final do semestre. A amizade de vocês fez com que todo o peso, ficasse um pouco mais leve, e que a vontade de desistir fosse menor, por mais difícil que situação se mostrasse.

Aos professores que tive durante a graduação, por todos o aprendizado compartilhado, cada um de vocês contribuiu com sua experiência, conhecimentos, cada um de vocês tiveram um papel crucial no meu crescimento, sou grata a cada aula, conselho, ensinamento e toda dedicação.

Ao cursinho pré-vestibular alvo, que me acolheu e onde pude colher tantos aprendizados. Tenho um imenso carinho por todos os professores e alunos que passaram pelo projeto, pois graças a vocês pude adquirir tantas experiências, risadas, as amizades que fiz durante os anos que ministrei aulas, e muitas vezes olhar para os meus alunos foi minha motivação para continuar.

Agradeço imensamente a todos que, de alguma forma fizeram parte deste ciclo, e contribuíram para a realização desse sonho, deixo a minha eterna e profunda gratidão. Que Deus e Nossa senhora das Graças continue nos abençoando, e nos fortalecendo durante a jornada, pois sei que nada teria sentido sem amor, fé, propósito e perseverança. Concluo esse ciclo com o coração cheio de gratidão e sentimentos positivos.

Com gratidão eterna, Muito obrigada!

“Em breve você estará vivendo aquilo que um dia foi só uma oração.” (Santa Terezinha do Menino Jesus).

## RESUMO

A propagação da primavera (*Bougainvillea*) por estaquia apresenta limitações associadas ao baixo enraizamento, tornando essencial a seleção de meios de cultivo adequados. Este trabalho avaliou a influência de diferentes substratos no enraizamento e crescimento inicial de estacas caulinares de primavera. O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Unesp, Câmpus de Dracena, sob delineamento em blocos casualizados, testando-se os tratamentos: composto de pescado puro, vermiculita pura, Carolina Soil® puro, vermiculita + Carolina Soil® e vermiculita + composto de pescado. Foram avaliados parâmetros de brotação, crescimento radicular, acúmulo de biomassa e a taxa de crescimento relativo (TCR). Os resultados indicaram que o composto de pescado puro exibiu o menor comprimento radicular (2,726 cm) devido ao adensamento microestrutural e à consequente anoxia basal por excesso de umidade. Contudo, este mesmo material proporcionou o maior número de brotos (7,90), integrando o grupo superior junto à vermiculita pura (7,20), em função do elevado aporte de matéria orgânica e nitrogênio que estimularam as gemas latentes. A vermiculita pura induziu um maior alongamento radicular vertical, sugerindo uma resposta morfológica de hidrotropismo perante a baixa disponibilidade intrínseca de nutrientes do material inerte. Por outro lado, o Carolina Soil® puro destacou-se no acúmulo de biomassa aérea e radicular total, enquanto as misturas binárias superaram os componentes isolados na TCR nos períodos iniciais de desenvolvimento, evidenciando um provável sinergismo físico e nutricional. Conclui-se que o uso isolado de materiais inertes ou resíduos puros limita o desenvolvimento pleno das estacas, sendo as misturas de vermiculita com Carolina Soil® e com composto de pescado as alternativas mais eficientes e sustentáveis para a produção da espécie.

**Palavras-chave:** Enraizamento. Paisagismo. Propagação vegetativa. Resíduos orgânicos.

## ABSTRACT

The propagation of *Bougainvillea* by stem cuttings presents limitations associated with low rooting rates, making the selection of appropriate growing media essential. This study evaluated the influence of different substrates on the rooting and initial growth of *Bougainvillea* stem cuttings. The experiment was conducted in a greenhouse at Unesp, Dracena Campus, under a randomized complete block design, testing the following treatments: pure fish compost, pure vermiculite, pure Carolina Soil®, vermiculite + Carolina Soil®, and vermiculite + fish compost. Sprouting parameters, root growth, biomass accumulation, and relative growth rate (RGR) were evaluated. The results indicated that the pure fish compost exhibited the shortest root length (2.726 cm) due to microstructural compaction and consequent basal anoxia caused by excessive moisture. However, this same material provided the highest number of shoots (7.90), joining the upper statistical group along with pure vermiculite (7.20), due to the high input of organic matter and nitrogen that stimulated latent buds. Pure vermiculite induced greater vertical root elongation, suggesting a morphological hydrotropism response to the low intrinsic nutrient availability of the inert material. On the other hand, pure Carolina Soil® stood out in total shoot and root biomass accumulation, while the binary mixtures outperformed the isolated components in RGR during the initial periods of development, evidencing a probable physical and nutritional synergism. It is concluded that the isolated use of inert materials or pure waste limits the full development of the cuttings, whereas the mixtures of vermiculite with Carolina Soil® and with fish compost are the most efficient and sustainable alternatives for the production of this species.

**Keywords:** Landscaping. Organic residue. Propagation. Rooting. Vegetative.

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1</b> - Plantio das estacas em tubetes com diferentes substratos _____                                                                                              | 22 |
| <b>Figura 2</b> – Estacas dos tratamentos de Composto de pescado + Vermiculita e Carolina Soil® + Vermiculita, na UNESP/FCAT após 41 dias de implantação do experimento _____ | 25 |
| <b>Figura 3</b> – Estacas dos tratamentos Carolina Soil® e Vermiculita no campus de UNESP/FCAT após 48 dias de implantação do experimento _____                               | 25 |
| <b>Figura 4</b> - Medição do comprimento da maior raiz após 50 dias de implantação do experimento _____                                                                       | 26 |

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Valores médios para comprimento do maior broto, número de brotos e comprimento da maior raiz em mudas de primavera, cultivadas em diferentes substratos. \_\_\_\_\_ 27
- Tabela 2** - Produção de fitomassa de mudas de primavera sob influência de diferentes composições de substratos. \_\_\_\_\_ 28

## LISTA DE GRÁFICOS

|                                                                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Gráfico 1</b> – Taxa de crescimento relativo das estacas de primavera em substrato de vermiculita. _____                                        | 30 |
| <b>Gráfico 2</b> - Taxa de crescimento relativo de estacas de primavera em substrato de Carolina Soil®. _____                                      | 31 |
| <b>Gráfico 3</b> – Taxa de crescimento relativo de estacas de primavera em substrato de mistura de vermiculita e Carolina Soil®. _____             | 31 |
| <b>Gráfico 4</b> - Taxa de crescimento relativo de estacas de primavera em substrato de mistura de vermiculita com composto de pescado puro. _____ | 32 |
| <b>Gráfico 5</b> – Taxa de crescimento relativo de estacas de primavera em substrato de composto de pescado puro. _____                            | 32 |

## LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|     |                                     |
|-----|-------------------------------------|
| AIB | Ácido Indolbutírico                 |
| C   | Carbono                             |
| Ca  | Cálcio                              |
| CE  | Condutividade Elétrica              |
| CMB | Comprimento de Maior Broto          |
| CMR | Comprimento de Maior Raiz           |
| CP  | Composto de pescado                 |
| CRA | Capacidade de Retenção de Água      |
| CS  | Carolina Soil®                      |
| CTC | Capacidade de Troca Catiônica       |
| CV  | Coeficiente de Variação             |
| DBC | Delineamento em Blocos Casualizados |
| K   | Potássio                            |
| MF  | Massa Fresca                        |
| MS  | Massa Seca                          |
| N.  | Nitrogênio                          |
| NB  | Número de Brotos                    |
| P   | Fósforo                             |
| TCR | Taxa de Crescimento Relativo        |

## SUMÁRIO

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| 1 INTRODUÇÃO                          | 14 |
| 2 OBJETIVOS                           | 16 |
| 2.1 Objetivo Geral                    | 16 |
| 3 REVISÃO DE LITERATURA               | 17 |
| 3.1 Características da Primavera      | 17 |
| 3.2 Propagação                        | 18 |
| 3.3 Cultivo em substrato              | 20 |
| 4 MATERIAL E MÉTODOS                  | 22 |
| 4.1 Substratos                        | 23 |
| 4.2 Parâmetros fitotécnicos avaliados | 24 |
| 4.3 Análise estatística               | 26 |
| 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO              | 27 |
| 6 CONCLUSÃO                           | 34 |
| REFERÊNCIAS                           | 36 |

## 1 INTRODUÇÃO

A primavera (*Bougainvillea*) é uma espécie de importância hortícola pertencente à família Nyctaginaceae, amplamente utilizada como planta ornamental em regiões tropicais e subtropicais. É nativa da América do Sul, com centro de origem no Brasil, tendo sido posteriormente introduzida em diversos países (Freitas *et al.*, 2022).

A *Bougainvillea* é uma trepadeira arbustiva perene, conhecida e estudada mundialmente, principalmente em razão da exuberância de suas brácteas petaloides, que apresentam coloração intensa e elevada durabilidade, ocorrendo periodicamente durante a maior parte do ano (Lin *et al.*, 2021). Essas características, associadas à longa floração, resistência à seca e potencial de atração de polinizadores, conferem à espécie elevado valor na arborização e no paisagismo urbano (Li *et al.*, 2011; Zhao *et al.*, 2019).

A propagação da primavera ocorre predominantemente por meio das técnicas de estaquia e alporquia, sendo a estaquia amplamente empregada em viveiros comerciais. A eficiência desse método encontra-se associada a diversos fatores, como a espécie ou cultivar utilizada, o estágio fenológico da planta-matriz e as características anatômicas e fisiológicas do material vegetal. O processo da formação de raízes também está sujeito a idade da planta-matriz, ao tipo de ramo utilizado herbáceo, semilenhoso ou lenhoso, ao substrato adotado e às condições ambientais do sistema de propagação (Ferreira, 2022).

Apesar do avanço das técnicas empregadas, a propagação da primavera tem apresentado limitações que ainda restringem sua expansão comercial. A obtenção de material propagativo com adequada capacidade de enraizamento tem sido apontada como um dos principais entraves ao cultivo da espécie, em virtude da ocorrência de baixos índices de formação radicular (Ferrari *et al.*, 2004). Além disso, o reduzido rendimento na produção de mudas tem sido relatado na literatura, configurando um obstáculo à propagação em larga escala (Shah *et al.*, 2006; Duhoky & Al-Mizory, 2014; Costa *et al.*, 2015; Mata *et al.*, 2025).

Considerando que as limitações encontradas no seu enraizamento ainda limitam a produção de mudas em escala comercial, Landgraf *et al.* (2003) ressaltam necessidade de avaliar os fatores cabíveis de manejo no processo de propagação. Entre esses fatores, o substrato se destaca como um componente determinante, uma vez que desempenha influência direta sobre a formação e o desenvolvimento do

sistema radicular. Nesse sentido, os substratos constituem atualmente o principal meio utilizado na produção de mudas e de material propagativo de espécies ornamentais. Tal utilização está relacionada à ampla disponibilidade de materiais comerciais, que podem ser empregados de forma isolada ou em diferentes combinações, possibilitando ajustes conforme as exigências da espécie e do sistema de cultivo.

Em função da importância dos substratos na produção vegetal, avanços expressivos têm sido registrados quanto à qualidade e à diversidade desses materiais. Nas últimas décadas, observou-se significativo aprimoramento das formulações disponíveis no mercado agrícola, com o desenvolvimento de diferentes produtos destinados a atender às demandas dos sistemas de produção de mudas (Cardoso *et al.*, 2010; Fermino; Kämpf, 2006; Pagliarini *et al.*, 2012; Valero *et al.*, 2009; Vieira; Pauletto, 2009). Atualmente, uma ampla variedade de substratos comerciais pode ser encontrada (Gonçalves *et al.*, 2016). Contudo, a utilização de materiais alternativos provenientes de resíduos orgânicos disponíveis localmente ou em regiões próximas tem sido considerada uma estratégia viável para reduzir custos de produção, sem comprometer a qualidade das mudas obtidas (Sediyama *et al.*, 2014; Silva *et al.*, 2018; Pereira *et al.*, 2020).

Apesar da viabilidade do uso de materiais alternativos, é indispensável compreender suas especificações e como eles interagem com as exigências fisiológicas da primavera, sobretudo na superação de suas barreiras naturais de enraizamento. Nesse contexto, o aproveitamento de subprodutos orgânicos, como o composto de resíduo de pescado, desponta como uma vertente promissora. Por tratar-se de um material rico em matéria orgânica e nutrientes essenciais, seu uso tem potencial para estimular o desenvolvimento radicular. No entanto, para garantir o balanço ideal de macro e microporosidade, assegurando a aeração e a drenagem necessárias à sobrevivência das estacas, sua associação a condicionadores físicos eficientes, como a vermiculita, torna-se indispensável.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

O presente estudo teve como objetivo avaliar a influência de diferentes substratos utilizados na produção de mudas, incluindo materiais comerciais e composto orgânico, sobre o crescimento de brotações, produção de biomassa e enraizamento de estacas caulinares de primavera (*Bougainvillea*).

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Características da Primavera

O gênero *Bougainvillea* pertence à família Nyctaginaceae, a qual compreende aproximadamente 18 espécies. Dentre elas, destaca-se a primavera, amplamente cultivada em diferentes regiões do mundo em razão de seu elevado valor ornamental (Ahmed, 2014; Abarca-Vargas, Petricevich, 2018). Originária da América do Sul, com ocorrência natural no Brasil, essa espécie apresenta grande potencial para utilização em paisagismo, sendo frequentemente empregada em projetos ornamentais (Javed *et al.*, 1996; Shah *et al.*, 2006). No território brasileiro, é conhecida popularmente por diferentes denominações, como primavera, três-marias, flor-de-papel, sempre-lustrosa, ceboleiro, espinho-de-santa-rita e *Bougainvillea*, variando conforme a região do país (Lorenzi; Souza, 1999; Lopes *et al.*, 2009; Costa *et al.*, 2015).

O registro da espécie no Brasil remonta ao ano de 1767, estando a denominação do gênero associada a Louis Antoine de Bougainville (1729-1811), almirante da Marinha Francesa, responsável pela introdução e disseminação da planta em outras regiões do mundo no século XVIII. A partir desse período, a espécie passou a ser amplamente difundida e valorizada em diversos países, sobretudo em função de sua versatilidade ornamental e da capacidade de adaptação a diferentes condições ambientais. A presença de acúleos robustos e pontiagudos contribui para a redução da herbivoria por animais como bovinos, caprinos, primatas e aves, favorecendo sua sobrevivência em diferentes ambientes. Além disso, o desenvolvimento da espécie ocorre de forma mais satisfatória em regiões de clima quente, condição que também favorece a intensificação da coloração das brácteas (Das *et al.*, 2021).

Aliadas à sua capacidade de adaptação ambiental a diferentes condições ambientais, espécies do gênero *Bougainvillea* possuem características morfológicas que favorecem seu cultivo, em diferentes regiões, essas plantas desenvolvem-se facilmente em condições adequadas de luminosidade e baixa disponibilidade hídrica. Além disso, demonstram boa tolerância à prática de podas, característica que favorece sua utilização em projetos paisagísticos e em sistemas de condução ornamental (Hammad, 2009; Chew, 2010). Trata-se de plantas lenhosas que geralmente apresentam estruturas de defesa, podendo assumir hábito arbustivo ou

trepador, dependendo das condições de cultivo. Quando conduzidas próximas a suportes como muros, grades ou outras plantas, tendem a desenvolver crescimento escandente, comportando-se como trepadeiras (Chew, 2010).

Os ramos podem apresentar espinhos de diferentes conformações, variando entre retos, semi curvados ou curvados. As folhas são geralmente alternas ou dispostas em fascículos, podendo estar inseridas em pequenos braquiblastos e apresentar pecíolo ou serem sésseis, como observado em algumas espécies do gênero (Reitz, 1970). As flores são pequenas, normalmente de coloração branca ou creme, organizadas em grupos de três e envolvidas por brácteas vistosas e coloridas, estruturas responsáveis pelo elevado valor ornamental da planta e que também contribuem para a atração de polinizadores. As sementes possuem embrião curvado (Reitz, 1970). Quanto ao comportamento foliar, as plantas podem permanecer sempre-verdes em regiões com precipitação bem distribuída ao longo do ano, ou apresentar caráter decíduo em ambientes sujeitos a períodos de estiagem.

### **3.2 Propagação**

A utilização de métodos de propagação vegetativa representa uma estratégia importante para contornar limitações associadas à multiplicação de espécies nativas e ornamentais. Entre esses métodos, destaca-se a estaquia, amplamente empregada tanto na produção comercial de mudas quanto em programas voltados à recuperação, preservação e manutenção de recursos genéticos de espécies florestais (Wendling; Gatto, 2002).

A propagação por estaquia caracteriza-se pela formação de raízes a partir de partes vegetativas da planta matriz, como ramos ou folhas, quando submetidas a condições adequadas para o desenvolvimento radicular. Nesse processo, ocorre a formação de uma nova planta geneticamente semelhante ao material de origem, esse método é amplamente empregado na multiplicação de espécies ornamentais, uma vez que apresenta diversas vantagens, entre elas a manutenção das características genotípicas da planta matriz e a possibilidade de produção de mudas em espécies que apresentam limitações na propagação sexuada, como problemas relacionados à formação de sementes, frutificação irregular ou danos às sementes (Barbosa *et al.*, 2007).

As porções caulinares localizadas nas regiões mediana e apical dos ramos apresentam maior acúmulo de reservas quando comparadas a folhas e meristemas, sendo, por esse motivo, frequentemente indicadas para a propagação de diversas espécies. A maior disponibilidade de compostos de reserva nos ramos contribui para a manutenção da viabilidade do propágulo por períodos mais prolongados em condições de viveiro, o que favorece o aumento das taxas de sobrevivência e, conseqüentemente, o sucesso da multiplicação (Leal; Biondi, 2007).

No contexto das espécies ornamentais, a estaquia também se destaca por possibilitar a multiplicação de plantas que apresentam limitações na emissão de flores em determinadas condições ambientais. Dessa forma, restrições associadas à propagação sexuada podem ser contornadas, ampliando as alternativas para a produção de mudas (Leal; Biondi, 2007).

A estaquia destaca-se como a técnica mais empregada na propagação de primavera, principalmente em função de sua simplicidade operacional, baixo custo de implantação e da possibilidade de obtenção de mudas geneticamente uniformes em relação à planta matriz. Entretanto, a eficiência desse método pode ser influenciada por diversos fatores, entre os quais se destacam a idade fisiológica do material vegetal, o tipo de estaca utilizado, as condições ambientais de cultivo, como umidade e luminosidade, além da utilização de reguladores vegetais que estimulam o processo de formação de raízes, notadamente as auxinas exógenas como o Ácido Indolbutírico (AIB), que atuam na desdiferenciação celular e na formação de primórdios radiculares (Hartmann *et al.*, 2011; Freitas, Reis; Carvalho, 2022).

A propagação da primavera pode ser realizada por meio da técnica de estaquia (Lorenzi; Souza, 2008). Entretanto, a ocorrência de baixas porcentagens de enraizamento tem sido frequentemente relatada na literatura (Singh *et al.*, 2011; Cervený; Gibson, 2006). Fisiológica e anatomicamente, esse gargalo no enraizamento é frequentemente associado ao desenvolvimento de um anel contínuo de esclerênquima no córtex do caule, que atua como uma barreira mecânica impedindo a emergência das raízes adventícias, somado a possíveis desbalanços de auxinas endógenas, as estacas utilizadas nesse processo podem ser classificadas de acordo com a posição ocupada no ramo, sendo denominadas apicais, medianas ou basais. Além disso, também podem ser diferenciadas conforme o estágio de desenvolvimento dos tecidos, sendo identificadas como lenhosas, herbáceas ou semilenhosas (Souza, 1977). As estacas lenhosas caracterizam-se pela presença de tecidos mais rígidos,

endurecidos e resistentes, enquanto as herbáceas apresentam estrutura mais suculenta e de menor consistência. Já as estacas semilenhosas ou semi-herbáceas apresentam características intermediárias entre esses dois tipos (Souza; Inforzato, 1959).

Em função das limitações associadas ao baixo enraizamento das estacas, diferentes estratégias têm sido adotadas com o objetivo de favorecer a formação radicular. Entre os fatores que podem ser manejados nesse processo, destaca-se o substrato, que corresponde ao meio no qual ocorre o desenvolvimento do sistema radicular de plantas cultivadas fora do solo (Kämpf *et al.*, 2006). As características físicas e químicas desse material podem influenciar diretamente o enraizamento das estacas, bem como a qualidade das raízes formadas e a porcentagem de enraizamento obtida (Fachinello *et al.*, 2005). Nesse contexto, a vermiculita tem sido amplamente utilizada na propagação vegetativa, em virtude de sua elevada porosidade e da boa capacidade de retenção de umidade, propriedades que favorecem o enraizamento de estacas herbáceas e semilenhosas (Gonçalves & Minami, 1994; Fachinello *et al.*, 2005).

### **3.3 Cultivo em substrato**

O processo de enraizamento das estacas é uma fase crítica da propagação vegetativa e é diretamente influenciado pelas propriedades físicas do substrato, entre as quais se destacam a porosidade, a densidade e a capacidade de retenção de água (Wendling; Gatto, 2002; Hartmann *et al.*, 2011). A porosidade, dividida entre macroporos, que garantem a drenagem e a aeração e microporos, responsáveis por reter a umidade, dita o equilíbrio entre a água e o oxigênio disponíveis (Kämpf, 2005). Quando essas características não se apresentam em condições adequadas, como em substratos excessivamente densos ou compactados, ocorrem limitações severas ao desenvolvimento radicular, conforme alertado por Hartmann *et al.* (2011). A falta de oxigênio impede a respiração das células da raiz, enquanto a resistência física do material compactado atua como uma barreira mecânica à emissão e ao alongamento de novas raízes (Pêgo; Antunes; Silva, 2019).

De acordo com Xavier *et al.* (2013), o substrato exerce funções multifatoriais e essenciais nesse processo. Ele não apenas proporciona sustentação mecânica às estacas ao longo de todo o período de formação das raízes adventícias, mas também,

conforme destaca Kämpf (2005), funciona como um regulador do microclima na região basal do material vegetal. Para que a rizogênese ocorra com sucesso, o substrato deve manter a base da estaca em um ambiente úmido, evitando a desidratação dos tecidos, escuro, uma vez que a luz pode degradar fitohormônios essenciais ao enraizamento, como as auxinas, e adequadamente aerado, prevenindo o apodrecimento por asfixia ou proliferação de patógenos (Hartmann, *et al.*, 2011).

Nesse contexto, como aponta Kämpf (2005), os substratos comerciais têm sido amplamente utilizados na produção de mudas devido à sua uniformidade física, estabilidade estrutural e facilidade de manejo. Geralmente formulados à base de turfa, casca de pinus compostada, vermiculita e fibra de coco, esses materiais apresentam características previamente padronizadas, proporcionando adequada retenção hídrica, boa capacidade de aeração e baixa densidade aparente. Além disso, muitos substratos comerciais já possuem correção de pH e adubação de base incorporada, favorecendo o estabelecimento inicial das estacas e reduzindo oscilações no desenvolvimento das mudas. Entretanto, como ponderam Wendling e Gatto (2002), apesar da elevada eficiência agrônômica, o uso contínuo desses produtos pode elevar significativamente os custos de produção, especialmente em viveiros de pequeno e médio porte, além de gerar dependência de insumos industrializados e, em alguns casos, de matérias-primas não renováveis.

A adoção de substratos balanceados e apropriados transcende o simples estímulo ao enraizamento, ela é determinante para o desenvolvimento inicial e para o vigor das plantas, favorecendo a obtenção de mudas de alta qualidade, com sistema radicular robusto e bem estruturado (Klein *et al.*, 2012). Além dos critérios técnicos, a escolha deve considerar fatores socioeconômicos e ambientais, priorizando materiais que possuam ampla disponibilidade regional, facilidade de obtenção, baixo custo de transporte e aquisição.

Nesse sentido, cresce o interesse pela utilização de resíduos orgânicos como componentes alternativos de substratos agrícolas, especialmente aqueles oriundos de cadeias produtivas com elevado potencial de reaproveitamento. Entre esses materiais, destacam-se os resíduos de pescado, provenientes principalmente da filetagem e do processamento industrial de peixes. Estima-se que apenas cerca de 30% da carcaça do pescado seja destinada ao consumo direto, enquanto aproximadamente 70% correspondem a resíduos como vísceras, cabeças, espinhas e esqueletos, frequentemente descartados sem tratamento adequado (Braz; Murback

*et al.*, 2021). Segundo Melo *et al.* (2011), parte desses resíduos pode ser aproveitada na fabricação de farinha e rações animais; contudo, uma parcela significativa ainda é desperdiçada, ocasionando problemas ambientais associados ao acúmulo de matéria orgânica e à contaminação de corpos hídricos.

Quando submetidos à compostagem, os resíduos de pescado apresentam elevado potencial agronômico devido à sua riqueza em nitrogênio, fósforo e cálcio, nutrientes fundamentais para o crescimento vegetal e para a formação de tecidos radiculares. Estudos demonstram que compostos orgânicos produzidos a partir desses resíduos podem atuar tanto como fertilizantes quanto como condicionadores de substrato, promovendo incremento da atividade microbiana, melhoria da capacidade de troca catiônica e maior disponibilidade gradual de nutrientes (Oliveira; Francisco, 2004). Além disso, a associação entre resíduos de pescado e materiais ricos em carbono, como podas urbanas, casca de arroz carbonizada ou fibra de coco, favorece o equilíbrio da relação C/N, condição essencial para a estabilização da matéria orgânica durante o processo de compostagem (Höfig *et al.*, 2022).

Nesse contexto, a utilização de resíduos orgânicos regionais — como casca de arroz carbonizada, fibra de coco, bagaço de cana-de-açúcar, resíduos de agroindústrias, resíduos de pescado ou compostos orgânicos — na formulação de substratos agrícolas tem se consolidado como uma alternativa altamente viável e sustentável para a produção de mudas, incluindo plantas ornamentais (Caldeira *et al.*, 2013; Toni, 2025). Esses materiais inserem-se em uma lógica de economia circular e apresentam elevado potencial para compor o meio de cultivo. De acordo com os preceitos de Kämpf (2005), eles contribuem significativamente para a melhoria estrutural das propriedades físicas, aumentando a aeração e o armazenamento de água, e químicas fornecendo nutrientes graduais e equilibrando o pH, podendo, muitas vezes, igualar ou até superar o desempenho e a eficiência agronômica de substratos comerciais convencionais.

Contudo, o sucesso agronômico da adoção desses resíduos orgânicos exige o manejo e a análise criteriosa de suas propriedades, como a estabilização da Relação Carbono/Nitrogênio (C/N) por meio de compostagem, evitando a imobilização do nitrogênio, especialmente no uso do bagaço de cana, e o monitoramento da Condutividade Elétrica (CE) para evitar que a salinidade induza estresse osmótico nas raízes recém-formadas. No caso específico dos resíduos de pescado, cuidados adicionais relacionados ao armazenamento, à homogeneização e à estabilização da

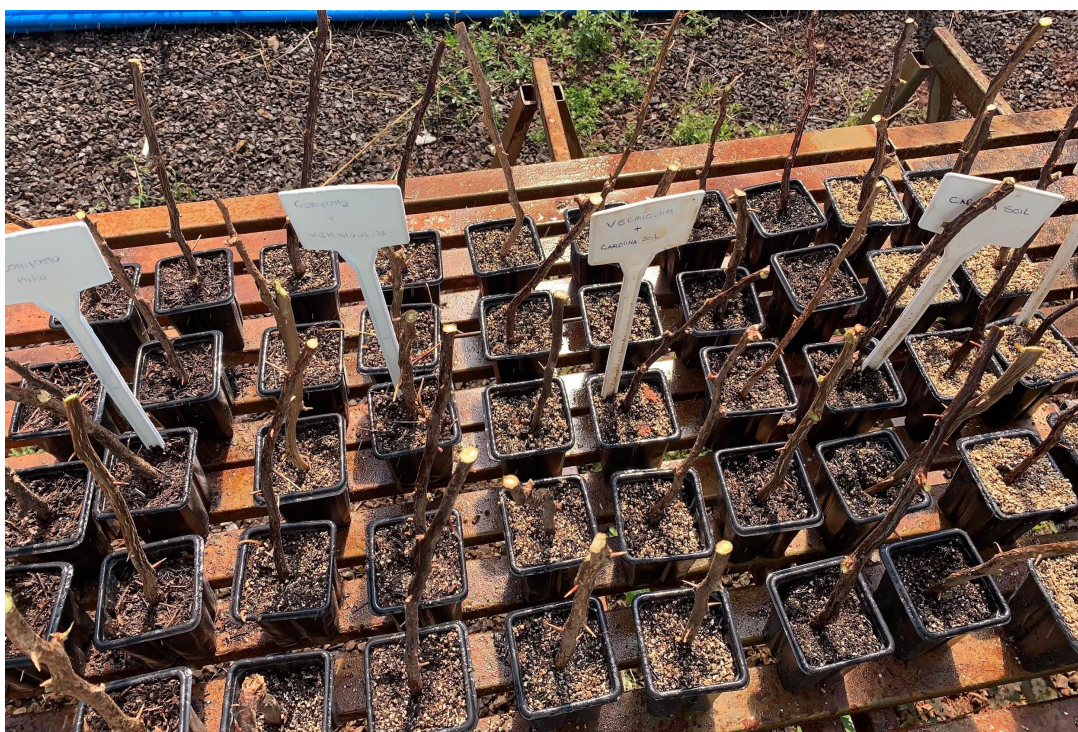
matéria orgânica tornam-se indispensáveis, uma vez que o material apresenta elevada umidade e rápida decomposição, fatores que podem favorecer odores indesejáveis e desequilíbrios microbiológicos quando manejados inadequadamente. Resultados expressivos comprovando esse enfoque e o favorecimento do desenvolvimento das espécies com o uso equilibrado de resíduos foram relatados em estudos conduzidos por Bezerra *et al.* (2006) e Araújo *et al.* (2009).

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação no período de agosto a outubro de 2025, localizada na Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas - Unesp, Campus Dracena, no município de Dracena, SP, com as coordenadas geográficas 21° 28' 58" S de latitude, 51° 38' 58" W de longitude e altitude 421 m, no período de 50 dias.

O material propagativo foi obtido a partir de estacas de primavera coletadas de planta-matriz cultivada a pleno sol, em uma propriedade rural localizada no município de Dracena, SP, nas imediações da empresa Bella Terra®. O preparo das estacas foi realizado utilizando-se segmentos das porções basais e medianas dos ramos coletados, com cerca de 20 cm de comprimento, após a coleta o material foi submetido à remoção total das folhas e flores, com o objetivo de minimizar a transpiração e favorecer o enraizamento.

**Figura 1** - Plantio das estacas em tubetes com diferentes substratos.



Fonte: elaborada pela autora

O experimento foi conduzido em casa de vegetação com irrigação tipo microaspersão, dez vezes ao dia, com período de duração de 10 minutos. Para a instalação do experimento, utilizou-se tubetes de 290 cm<sup>3</sup>, o delineamento utilizado

para a implementação do experimento foi o DBC, composto por cinco tratamentos e quatro repetições, contendo 10 estacas por parcela experimental, cada tratamento contou com substratos na seguinte relação: Composto de pescado; 50% de Composto de pescado + 50% de Vermiculita; 50% de Vermiculita + 50% de Carolina Soil®; Carolina Soil®; e Vermiculita. As estacas tiveram base imersa, por dez minutos, em solução comercial Enraizador Power, composta por ácido indolbutírico (AIB), na concentração de 6.050 ppm, enriquecida com 1% de nitrogênio (N), 4,2% de fósforo (P), 17% de cálcio (Ca), com o intuito de estimular a formação de raízes.

#### **4.1 Substratos**

Foram testados três tipos de substratos distintos, além das interações resultantes de suas misturas, foram eles: composto de pescado puro, substrato comercial Carolina Soil® e vermiculita.

A caracterização dos materiais indica o complemento de propriedades físicas e químicas essenciais para a composição do meio de cultivo. O composto de pescado atua como uma rica matriz orgânica e nutricional, destacando-se pelos elevados teores de matéria orgânica (70,78%), nitrogênio (11,01%), cálcio e fósforo, embora apresente restrições físicas de adensamento quando utilizado isoladamente. Em contrapartida, o substrato comercial Carolina Soil® oferece estabilidade e padronização técnica; sua mistura homogênea de turfa de Sphagnum, vermiculita e adubação de base garante excelente aeração, retenção hídrica por capilaridade, pH controlado ( $5,5 \pm 0,5$ ) e condutividade elétrica estável ( $0,7 \pm 0,3$ ). Por fim, a vermiculita funciona como um condicionador mineral de alta porosidade e baixíssima densidade (80 a 130 g/cm<sup>3</sup>), promovendo expressiva capacidade de troca catiônica (CTC) e trocas gasosas, apesar de sua instabilidade estrutural e tendência à perda de volume ao longo do ciclo de cultivo. Desse modo, a integração desses diferentes componentes permite contrabalançar suas limitações individuais, reunindo o suporte físico e o aporte de nutrientes necessários para otimizar o desenvolvimento vegetal.

#### **4.2 Parâmetros fitotécnicos avaliados**

Após 10 dias do plantio das estacas, realizou-se a contagem do número de brotos (NB), e comprimento do maior broto (CMB) (figuras 2 e 3) mesurados em centímetros com o auxílio de um paquímetro foram realizadas avaliações periódicas a

cada sete dias, durante 40 dias contados a partir da primeira avaliação, os dados obtidos a partir das medições, foram utilizados para o cálculo da taxa de crescimento relativo ( $TCR = (LnW2 - LnW1)/(T2 - T1)$ ). As análises destrutivas contaram com avaliação do comprimento de maior raiz (CMR) (figura 4) dado em centímetros; massa fresca (MF) e massa seca (MS) das partes aéreas e radiculares de 5 estacas de cada tratamento, com um total de 25 unidades, determinadas aleatoriamente de cada tratamento, para a obtenção da massa seca, a parte aérea e radicular das plantas foram separadas do corpo das estacas, pesadas ainda frescas em balança analítica de precisão (0,0001g), as raízes foram mensuradas em centímetros com a utilização de um paquímetro, o material fresco foi acondicionado em sacos de papel e submetidas a secagem em estufa de circulação forçada de ar a 64°C, durante 3 dias, seguida de uma nova pesagem, para obtenção da massa seca, as avaliações de enraizamento e desenvolvimento vegetativo foram realizadas aos 50 dias após a instalação do experimento.

**Figura 2** – Estacas dos tratamentos de Composto de pescado + Vermiculita e Carolina Soil® + Vermiculita, na UNESP/FCAT após 41 dias de implantação do experimento.



Fonte: Elaborada pela autora

**Figura 3** – Estacas dos tratamentos Carolina Soil® e Vermiculita no campus de UNESP/FCAT após 48 dias de implantação do experimento.



Fonte: Elaborada pela autora

**Figura 4** - Medição do comprimento da maior raiz após 50 dias de implantação do experimento.



Fonte: Elaborada pela autora

#### 4.3 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo Tukey com  $p \leq 0,05$  obtidos pelo programa SISVAR; os dados

obtidos pela TCR ( $TCR = (LnW2 - LnW1)/(T2 - T1)$ ) baseada em Benicassa (2003) foram ajustados em regressão polinomial de segunda ordem.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados apresentados nas Tabelas 1 e 2 demonstram que o tipo de substrato influenciou significativamente as variáveis relacionadas ao crescimento vegetal, principalmente aquelas associadas ao desenvolvimento radicular e à produção de biomassa, observa-se que o número de brotos, o comprimento da maior raiz, a massa fresca da parte aérea e radicular, bem como a massa seca da raiz, apresentaram diferenças estatísticas entre os tratamentos, evidenciando a elevada sensibilidade dessas variáveis às características físicas e químicas das matrizes de cultivo testadas em contrapartida, as variáveis comprimento do maior broto (CMB) e massa seca da parte aérea (MS aérea) não demonstraram variações estatisticamente significativas ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, sugerindo que a regulação inicial dessas características dependeu majoritariamente das reservas endógenas contidas nas estacas caulinares no momento do plantio.

**Tabela 1** - Valores médios para comprimento do maior broto, número de brotos e comprimento da maior raiz em mudas de primavera, cultivadas em diferentes substratos.

| Fonte de Variação        | Comp. Maior broto      | Número de brotos | Comp. Maior Raiz |
|--------------------------|------------------------|------------------|------------------|
| Quadrado médio           |                        |                  |                  |
| Tratamentos              | 1.167300 <sup>NS</sup> | 7.630000*        | 599.379006*      |
| Composto de pescado (CP) | 2.55                   | 7.90 a           | 2.726 c          |
| CP + vermiculita         | 3.09                   | 5.50 b           | 8.798 b          |
| CS® + vermiculita        | 2.20                   | 6.80 ab          | 9.764 b          |
| Carolina Soil® (CS®)     | 2.65                   | 6.90 ab          | 15.436 b         |
| Vermiculita              | 2.34                   | 7.20 a           | 31.492 a         |
| Média                    | 2.566                  | 6.86             | 13.643           |
| <sup>1</sup> CV%         | 27.44                  | 44.05            | 73.90            |

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. <sup>NS</sup>: não significativo; \*: significativo a 5% de probabilidade. <sup>1</sup> valores transformados pela equação  $\sqrt{x + 0.5}$ . Legenda: CP: Composto de pescado; CS®: Carolina Soil®; CV: Coeficiente de Variação. Fonte: Elaborada pela autora

**Tabela 2** - Produção de fitomassa de mudas de primavera sob influência de diferentes composições de substratos.

| Fonte de variação               | MF aérea       | MF raiz      | MS aérea               | MS raiz      |
|---------------------------------|----------------|--------------|------------------------|--------------|
|                                 | Quadrado médio |              |                        |              |
| <b>Tratamentos</b>              | 0.626035*      | 1.891036*    | 0.036079 <sup>NS</sup> | 0.033619*    |
| <b>Composto de pescado (CP)</b> | 0.852 b        | 0.009 b      | 0.255                  | 0.006 b      |
| <b>CP + vermiculita</b>         | 0.955 b        | 0.381 ab     | 0.264                  | 0.041 b      |
| <b>CS® + vermiculita</b>        | 0.352 c        | 0.322 b      | 0.109                  | 0.012 b      |
| <b>Carolina Soil® (CS®)</b>     | 1.108 a        | 1.507 a      | 0.277                  | 0.197 a      |
| <b>Vermiculita</b>              | 0.343 c        | 0.026 b      | 0.112                  | 0.008 b      |
| <b>Média</b>                    | <b>0.722</b>   | <b>0.449</b> | <b>0.203</b>           | <b>0.053</b> |
| <b><sup>1</sup>CV%</b>          | <b>38.14</b>   | <b>28.02</b> | <b>16.90</b>           | <b>5.43</b>  |

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. <sup>NS</sup>: não significativo; \*significativo a 5% de probabilidade. <sup>1</sup> valores transformados pela equação  $\sqrt{x + 0.5}$ . Legenda: MF: Massa Fresca; MS: Massa Seca; CP: Composto de pescado; CS®: Carolina Soil®; CV: Coeficiente de Variação. Fonte: Elaborada pela autora

O comprimento de maior raiz (CMR) foi observado isoladamente no tratamento com vermiculita pura (31,492 cm), indicando de maneira clara que esse material mineral favorece a expansão e o alongamento das raízes (Tabela 1). Esse resultado expressivo pode ser atribuído diretamente ao equilíbrio da porosidade, excelente aeração e alta capacidade de retenção de água desse substrato, características estruturais que promovem uma menor resistência física e mecânica ao crescimento radicular axial (Costa *et al.*, 2015).

Além disso, a vermiculita apresenta uma capacidade de troca catiônica (CTC) favorável, porém, substratos compostos exclusivamente por materiais inertes tendem a apresentar baixa disponibilidade intrínseca de nutrientes, o que restringe o acúmulo subsequente de matéria seca total pelas plantas (Wendling; Gatto, 2002; Caldeira *et al.*, 2013). Essa escassez força o sistema radicular a se alongar verticalmente em

busca de elementos minerais e água, uma estratégia de busca por hidrotropismo (Taiz *et al.*, 2017).

Por outro lado, o composto de pescado puro exibiu o menor índice de crescimento radicular em comprimento (2,726 cm). Este comportamento limitante decorre de propriedades físicas desfavoráveis do material isolado, tais como a tendência ao adensamento microestrutural e a consequente redução drástica da porosidade de aeração com o decorrer dos ciclos de irrigação (Kämpf, 2005; Hartmann *et al.*, 2011). O acúmulo de humidade excessiva na base da estaca atua bloqueando a oxigenação celular, o que compromete severamente a respiração mitocondrial nas zonas meristemáticas e inviabiliza a adequada diferenciação celular e rizogênese adventícia (Taiz *et al.*, 2017).

Um aspecto metodológico relevante diz respeito ao elevado Coeficiente de Variação (CV = 73,90%) verificado para a variável comprimento da maior raiz. Em estudos prévios (Hartmann *et al.*, 2011; Costa *et al.*, 2015) de propagação vegetativa por estaquia de espécies consideradas de difícil enraizamento, como a primavera, índices de variabilidade dessa magnitude são biologicamente expectáveis e amplamente aceitos na comunidade acadêmica. Conforme discutido na fundamentação anatômica da espécie, a presença de um anel contínuo de esclerênquima no córtex caulinar atua como uma barreira mecânica natural. A ruptura e superação dessa barreira ocorrem de forma assintótica e heterogênea entre as unidades experimentais, resultando em flutuações amostrais que elevam o CV%, sem contudo invalidar a consistência estatística dos efeitos principais captados pela análise de variância.

Em relação ao número de brotos (NB), o composto de pescado apresentou os maiores valores absolutos (7,90 a), integrando o grupo estatístico superior juntamente com a vermiculita pura (7,20 a), sugerindo que estes materiais favorecem fortemente a brotação inicial (Tabela 1). No caso do composto de pescado, esse efeito benéfico está diretamente relacionado ao maior teor de matéria orgânica e nutrientes prontamente disponíveis, especialmente o nitrogênio (Toni, 2025), fatores químicos essenciais que estimulam diretamente a divisão celular, o metabolismo adaptativo e o crescimento de novas estruturas vegetativas a partir das gemas latentes (Taiz, *et al.*, 2017).

No entanto, quando o composto orgânico foi associado à vermiculita, observou-se uma redução significativa nesse parâmetro (5,50 b), indicando que a mistura física

pode ter alterado negativamente o equilíbrio físico-químico. Resultados semelhantes foram observados por Cruz *et al.* (2020), que destacam na sua literatura que a proporção exata entre os componentes constituintes do substrato é um fator altamente determinante para o desempenho fitotécnico e estabelecimento das mudas.

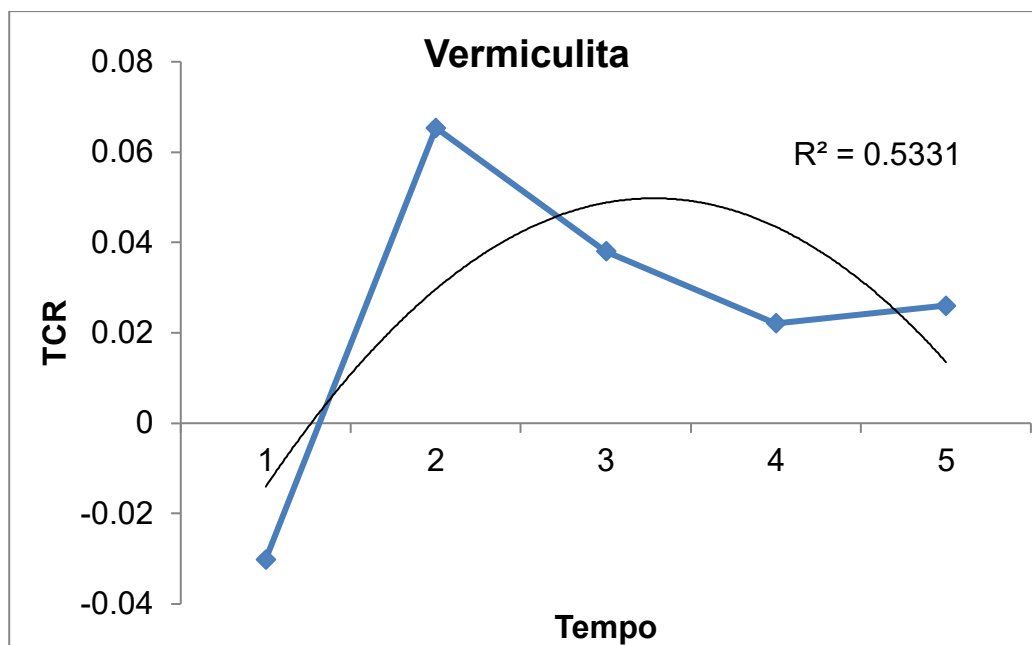
Por outro lado, o substrato comercial Carolina Soil® apresentou os maiores valores para as variáveis de massa fresca e seca, tanto da parte aérea quanto radicular, consolidando-se como o tratamento de maior eficiência no acúmulo real de biomassa (Tabela 2).

Diferente da vermiculita pura, que estimulou uma raiz longa, porém fina e esguia, o Carolina Soil® propiciou um sistema radicular denso, ramificado e dotado de elevada biomassa. Substratos estruturalmente mais complexos e devidamente enriquecidos com frações estáveis de matéria orgânica são frequentemente associados ao maior incremento de massa vegetal, uma vez que favorecem tanto a absorção nutricional contínua quanto a atividade microbiológica benéfica na rizosfera (De Snyders *et al.*, 2024; Qiu *et al.*, 2025).

Essa complexa dinâmica de desenvolvimento reflete-se de forma direta no comportamento temporal da Taxa de Crescimento Relativo (TCR) das estacas ao longo do período experimental (Gráficos 1 a 5). Ao longo dos 40 dias de monitoramento e avaliação contínua, os maiores incrementos de TCR concentraram-se marcadamente nas fases iniciais de estabelecimento das mudas, destacando-se positivamente os tratamentos que continham composto orgânico e misturas estruturantes. A subsequente redução gradual dessa taxa de crescimento ao longo do tempo configura um comportamento fisiológico padrão amplamente documentado, decorrente do pleno estabelecimento das mudas no ambiente protegido e do progressivo aumento da biomassa madura acumulada (Benincasa, 2003).

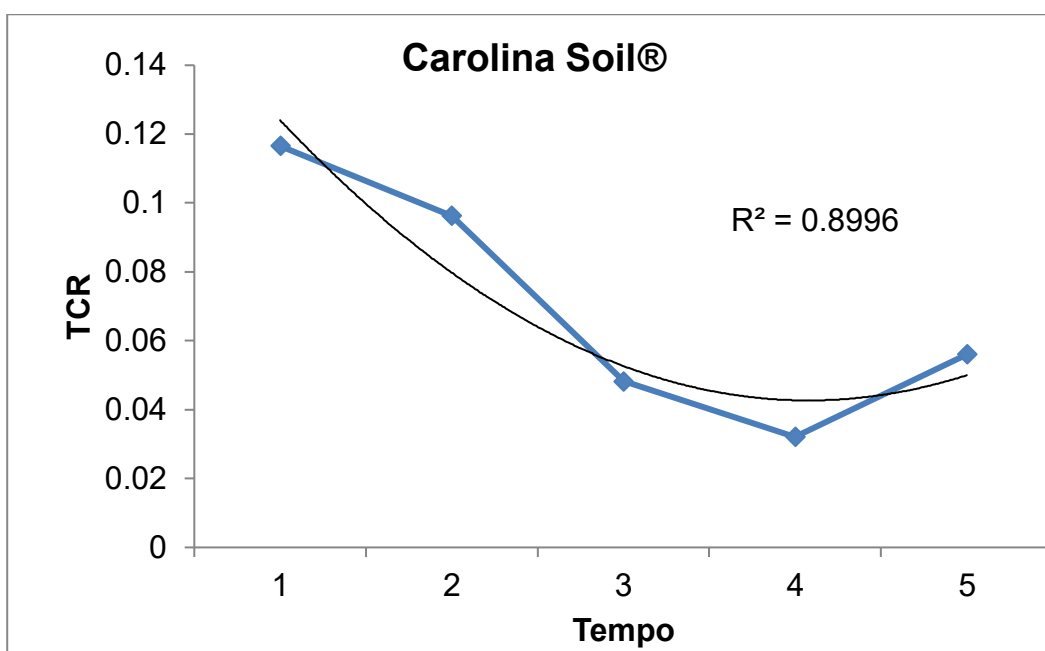
### Taxa de Crescimento Relativo (TCR)

**Gráfico 1** – Taxa de crescimento relativo das estacas de primavera em substrato de vermiculita.



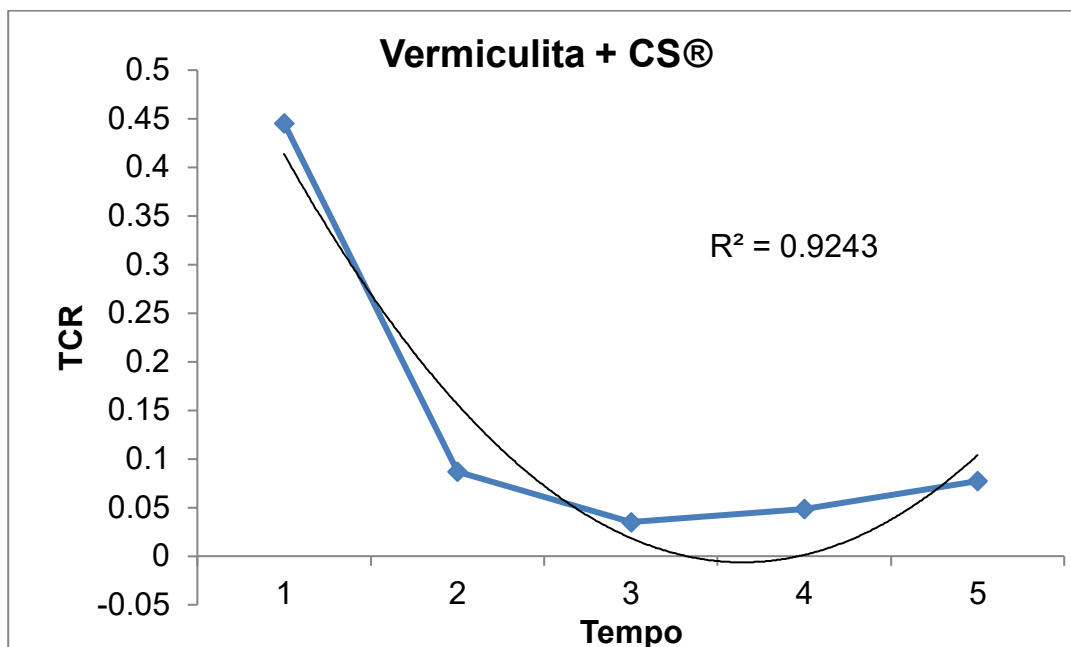
Fonte: Elaborada pela autora

**Gráfico 2** - Taxa de crescimento relativo de estacas de primavera em substrato de Carolina soil®.



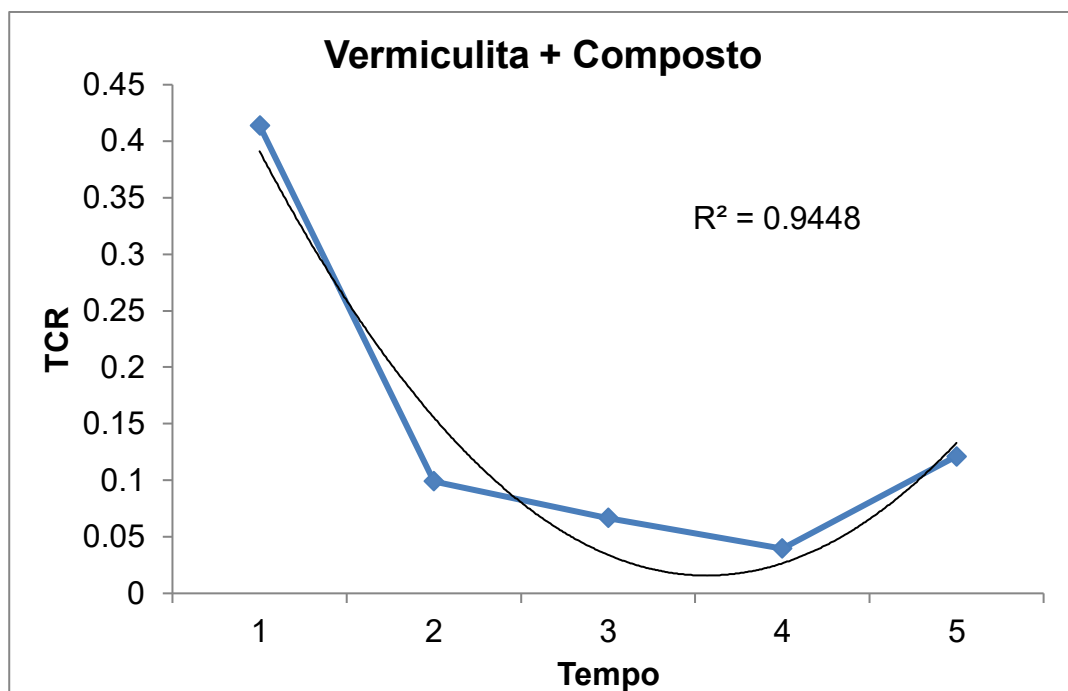
Fonte: Elaborada pela autora

**Gráfico 3** – Taxa de crescimento relativo de estacas de primavera em substrato de mistura de vermiculita e Carolina soil®.



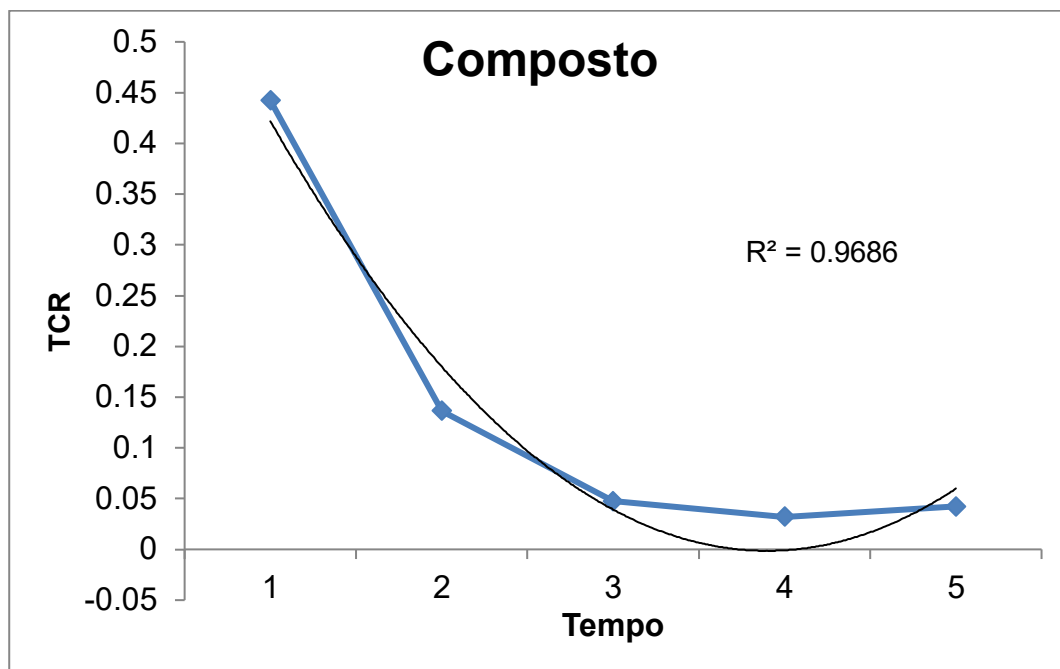
Fonte: Elaborada pela autora

**Gráfico 4** - Taxa de crescimento relativo de estacas de primavera em substrato de mistura de vermiculita com composto de pescado puro.



Fonte: Elaborada pela autora

**Gráfico 5** – Taxa de crescimento relativo de estacas de primavera em substrato de composto de pescado puro.



Fonte: Elaborada pela autora

O substrato comercial Carolina Soil® puro (Gráfico 2) apresentou um crescimento inicial moderadamente elevado ( $TCR = 0,116$ ), seguido por uma redução linear e gradual da TCR ao longo das avaliações temporais. Esse resultado satisfatório demonstra de forma sólida que o substrato forneceu condições perfeitamente adequadas para o estabelecimento inicial seguro das estacas, padrão este decorrente do equilíbrio estável entre retenção hídrica, porosidade gasosa e disponibilidade de matéria orgânica nativa derivada de sua formulação industrial à base de turfa de Sphagnum (Kratz; Wendling, 2013). Entretanto, a diminuição progressiva da taxa nas etapas finais do ciclo sugere um início de esgotamento dos nutrientes prontamente disponíveis ou uma desaceleração natural do vigor vegetativo aéreo, à medida que ocorreu a intensa expansão do sistema radicular e o crescimento estrutural das mudas dentro das restrições volumétricas do recipiente (Lima *et al.*, 2016).

Os tratamentos contendo misturas físicas de substratos apresentaram os melhores resultados gerais de TCR. A combinação Vermiculita + Carolina Soil® (Gráfico 3) destacou-se ao apresentar o maior pico inicial de TCR de todo o experimento (0,445), indicando um rápido estabelecimento celular e uma intensa

atividade metabólica nos períodos iniciais de cultivo. Esse estímulo inicial é resultante da complementariedade física e nutricional promovida pela mistura, unindo a excelente difusão gasosa da vermiculita com a retenção hídrica e fertilidade estável da turfa (Caldeira *et al.*, 2013).

O substrato composto orgânico isolado (Gráfico 5) também manifestou uma elevada TCR inicial (0,442), porém, registou-se uma queda acentuada e abrupta nas avaliações subsequentes. Esse declínio drástico indica que, apesar de o alto teor nutricional favorecer significativamente o arranque e crescimento inicial das brotações, o excesso de retenção de água e as alterações físicas por compactação/adensamento tardio do substrato limitaram parcialmente o desenvolvimento e a oxigenação das estacas ao longo do período experimental (Zietemann; Gomes, 2001).

De forma geral, observa-se que os tratamentos que integraram composto de pescado puro, vermiculita + Carolina Soil® e vermiculita + composto de pescado, foram misturas de substratos que proporcionaram o melhor desempenho fisiológico e adaptativo das estacas caulinares de primavera, especialmente nas fases iniciais e críticas de crescimento. As propriedades do substrato influenciam significativamente a propagação vegetativa inicial de primavera. Isoladamente, a vermiculita favorece o alongamento radicular devido à sua alta porosidade. Em contrapartida, o substrato comercial Carolina Soil® maximiza a produção de biomassa seca e fresca, enquanto o composto orgânico puro otimiza a emissão de brotações.

Esses resultados corroboram de maneira robusta com os preceitos de Hartmann *et al.* (2011) que destacam a importância crucial do equilíbrio de manejo entre a retenção de água, a aeração do meio e a disponibilidade paulatina de nutrientes para o sucesso prático da propagação vegetativa por estaquia desta espécie ornamental (Landgraf *et al.*, 2003; Ferreira, 2022).

## **6 CONCLUSÃO**

Conclui-se que, entre as formulações testadas, a mistura de Vermiculita + Carolina Soil® estabeleceu-se como a combinação mais promissora do experimento. Essa mistura apresentou superior eficiência cinética e elevado pico de Taxa de Crescimento Relativo (TCR) nas fases iniciais.

## REFERÊNCIAS

ABARCA-VARGAS, R.; PETRICEVICH, V. L. Bougainvillea Genus: A review on phytochemistry, pharmacology, and toxicology. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, v. 2018, p. 1-17, 2018.

AHMED, A. H. New flavone from the aerial parts of Bougainvillea glabra. **International Journal of Computational Engineering Research**, v. 4, p. 1-5, 2014.

ARAÚJO, F. C. de; MENDONÇA, V.; MEDEIROS, L. F. de; FREITAS, P. S. C. de; FIGUEIREDO, V. B. de. Substratos orgânicos na produção de mudas de tamarindeiro. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 4, n. 2, p. 08-13, 2009.

BAI, G. et al. Effects of vermiculite on the growth process of submerged macrophyte Vallisneria spiralis and sediment microecological environment. **Journal of Environmental Sciences**, China, v. 118, p. 130-139, ago. 2022. DOI: 10.1016/j.jes.2021.08.038. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jes.2021.08.038>. Acesso em: 14 maio 2026.

BARBOSA, J. G. et al. Crisântemo. In: PAULA JÚNIOR, T. J.; VENZON, M. 101 **culturas: manual de tecnologias agrícolas**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2007. p. 305-314.

BRAZ, J. M.; AMARAL, M. A., ODAKURA, A. M., MARCONDES, A. S., & NEU, D. H. Utilização dos resíduos gerados na piscicultura. **Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente**, v. 2, n. 3, p. 36, 202

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003.

BEZERRA, A. M. E.; MEDEIROS, J. B. L. P.; MOMMENTÉ, V. G.; TEÓFILO, E. M. Diferentes substratos na produção de mudas de Copaifera langsdorffii Desf. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 37, n. 2, p. 182-187, 2006.

BEZERRA, A. M. E.; MOMMENTÉ, V. G.; MEDEIROS, J. B. L. P. Produção de mudas de Cochlospermum vitifolium (Willd.) Spreng. em diferentes substratos e níveis de luminosidade. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 35, n. esp., p. 419-423, 2004.

BITTRICH, V.; KUHN, U. Nyctaginaceae. In: KUBITZKI, K.; ROHWER, J. G.; BITTRICH, V. (org.). **The families and genera of vascular plants**. Berlin: Springer, 1993. p. 473-486.

CALDEIRA, M. V. W. et al. Substratos para produção de mudas florestais e ornamentais: utilização de resíduos orgânicos. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 37, n. 5, p. 865-874, 2013.

CALDEIRA, M. V. W.; DELARMELINA, W. M.; FARIA, J. C. T. de; JUERGENS, M. Substratos alternativos na produção de mudas de Chamaecrista desvauxii. **Revista Árvore**, v. 37, n. 1, p. 31-39, 2013.

CARDOSO, A. F.; CHARLO, H. C. O.; ITO, L. A.; CORÁ, J. E.; BRAZ, L. T. Caracterização física do substrato reutilizado da fibra da casca de coco. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 385-392, 2010.

CERVENY, C. B.; GIBSON, J. L. Influence of indolebutyric acid potassium salt on propagation of semi-hardwood stem cuttings of bougainvillea. **HortScience**, v. 41, n. 4, p. 983, 2006.

COSTA, E. M.; LOSS, A.; PEREIRA, H. P. N.; ALMEIDA, J. F. Enraizamento de estacas de *Bougainvillea spectabilis* Willd. com o uso de ácido indolbutírico. **Acta Agronômica**, v. 64, n. 3, p. 221-226, 2015.

CRUZ, G. H. M. et al. Irrigation frequency and vermiculite proportion in substrate for *Eucalyptus grandis* seedlings. **Seminário: Ciências Agrárias**, Londrina, 2020.

DAS, K.; VAGHELA, J. S.; BADORE, N. Pharmacognostical, phytochemical and fluorescence analysis of the plant *Bougainvillea spectabilis* (Willd.). **Research Journal of Pharmacy and Technology**, v. 14, n. 7, p. 3733-3738, 2021.

DE SNYDERS, Elise et al. Impacto de substratos alternativos no crescimento de plantas e exsudatos radiculares em interações entre plantas: um estudo sobre *Secale cereale* L. e *Amaranthus retroflexus* L. **Agronomy, Basileia**, v. 14, n. 12, p. 3000, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agronomy14123000>. Acesso em: 14 maio 2026.

DUHOKY, M. M. S.; AL-MIZORY, L. S. M. In vitro micropropagation of selected *Bougainvillea* sp. through callus induction. **Journal of Agriculture and Veterinary Science**, v. 6, n. 6, p. 01-06, 2014.

FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C. (ed.). **Propagação de plantas frutíferas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2005. 221 p. il., color.

FERMINO, M. H.; KÄMPF, A. N. Impedância mecânica de substratos para plantas submetidos a diferentes tensões hídricas. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 12, p. 25-30, 2006.

FERRARI, M. P.; GROSSI, F.; WENDLING, I. Propagação vegetativa de espécies florestais. **Colombo: Embrapa Florestas**, n. 94, 2004.

FERREIRA, R. M. Substratos alternativos para estaquia de plantas ornamentais. 2022. 85 f. **Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Instituto de Agronomia**, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2022.

FREITAS, M. S. de; REIS, S. N.; CARVALHO, A. J. C. de. Propagação de *Bougainvillea spectabilis* Willd. por estacas caulinares. **Ornamental Horticulture**, v. 28, p. 123-130, 2022.

GONÇALVES, A. L.; MINAMI, K. Efeito de substrato artificial no enraizamento de estacas de calanchoe (*Kalanchoe x blossfeldiana* cv. Singapur, Crassulaceae). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 51, n. 2, p. 240-244, 1994.

GONÇALVES, F. C. M.; ARRUDA, F. P.; SOUSA, F. L.; ARAÚJO, J. R. Germinação e desenvolvimento de mudas de pimentão Cubanelle em diferentes substratos. **Revista Mirante**, v. 9, n. 1, p. 35-45, 2016.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES, F. T. Jr.; GENEVE, R. L. **Plant propagation: principles and practices**. 8. ed. Boston: Prentice-Hall, 2011. 915 p.

HEADLEE, W. L.; BREWER, C. E.; HALL, R. B. Biochar as a substitute for vermiculite in potting mix. **Annals of Forest Science**, [s. l.], 2013.

HÖFIG, P.; MARTINS, E. DE S.; BROETTO, T.; GIASSON, E.; SILVA, G. M. F. da. Avaliação da qualidade de um fertilizante produzido por compostagem conjunta de materiais orgânicos e rochas moídas. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, v. 15, n. 3, p. 1-18, 202

JAVED, A. M.; HASSAN, S. A. I. D.; NAZIR, S. In vitro propagation of *Bougainvillea spectabilis* through shoot apex culture. **Pakistan Journal of Botany**, v. 28, n. 2, p. 207-211, 1996.

KÄMPF, A. N. **Produção comercial de plantas ornamentais**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 254 p

KÄMPF, A. N. et al. **Floricultura: técnicas de preparo de substratos**. Brasília: LK, 2006. 132 p.

KLEIN, C. et al. Caracterização química e física de substratos para a produção de mudas de alface. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 18, n. 2, p. 110-117, 2012.

KRATZ, D.; WENDLING, I. Produção de mudas de espécies florestais e ornamentais em substratos renováveis. **Floresta, Curitiba**, v. 43, n. 3, p. 397-410, 2013.

LANDGRAF, P. R. C. et al. **Produção de mudas para jardim**. Lavras: UFLA, 2003. (Boletim Técnico).

LEAL, L.; BIONDI, D. Propagação vegetativa de *Gloxinia sylvatica* (H. B. & K.) Wiehler. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. S1, p. 300-302, 2007.

LI, Y. et al. Otimização do sistema de cultura de tecidos de *Bougainvillea* pela metodologia de superfície de resposta. **Industrial Crops and Products**, v. 226, 120667, abr. 2025.

LIMA, R. L. S. et al. Substratos e adubação de liberação lenta na produção de mudas de *Bougainvillea*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 46, n. 7, p. 1175-1180, 2016.

LIN, H. et al. Um método eficiente para a propagação de *Bougainvillea glabra* 'New River' (Nyctaginaceae) a partir de segmentos de caule in vitro. **Forests**, v. 15, n. 3, p. 519, 2024.

LIN, W. et al. De novo transcriptome analysis of *Bougainvillea spectabilis* provides insights into the anthocyanin and betalain biosynthesis. **BMC Plant Biology**, v. 21, n. 1, p. 1-15, 2021.

LOPES, R. K.; RITTER, M. R.; RATES, S. M. K. Revisão das atividades biológicas e toxicidade das plantas ornamentais mais utilizadas no Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 7, n. 3, p. 305-315, 2009.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M. **Plantas ornamentais no Brasil: arbustivas, herbáceas e trepadeiras**. 4. ed. Nova Odessa: Plantarum, 2008.

MATA, L. B. da et al. Uso de bioestimulante no enraizamento de estacas de *Bougainvillea*. 2025. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Graduação) – Instituto Federal Goiano, 2025.

MELO, Felipe De Oliveira; ALVES, M. M.; GUIMARÃES, MARIA DANIELLE FIGUEIREDO; HOLANDA, FRANCISCO CARLOS ALBERTO FONTELES. Aproveitamento do resíduo a partir do beneficiamento de pescado de uma indústria pesqueira no norte do Brasil. **Arquivos de Ciências do Mar**, Fortaleza, v. 44, n. 3, p. 5–11, 2011

OLIVEIRA, F. N. S.; LIMA, H. J. M.; CAJAZEIRA, J. P. Uso da compostagem em sistemas agrícolas orgânicos. [S. l.]: [s. n.], 2004.

PAGLIARINI, M. K.; CASTILHO, R. M. M.; ALVES, M. C. Caracterização físico-química de misturas de componentes de substrato com resíduo de celulose para fins de produção de mudas. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 7, p. 160-169, 2012.

PÁSCHOA, J. C. V. D. Diferentes fontes de carbono em compostagem, utilizando resíduos da filetagem da tilápia. 2022.

PÊGO, R. G.; ANTUNES, L. F. de S.; SILVA, A. R. C. Vigor of zinnia seedlings produced in alternative substrate in trays with different cell size. **Ornamental Horticulture**, v. 25, n. 4, p. 417-424, 2019.

PEREIRA, C. M. S.; ANTUNES, L. F. S.; AQUINO, A. M.; LEAL, M. A. A. Substrato à base de esterco de coelho na produção de mudas de alface. **Nativa**, v. 8, n. 1, p. 58-65, 2020.

REITZ, R. (org.). Nyctaginaceae. In: **Flora ilustrada catarinense**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1970.

SEDIYAMA, N. A. M.; SANTOS, C. I.; LIMA, C. P. Cultivo de hortaliças no sistema orgânico. **Revista Ceres**, v. 61, supl., p. 829-837, 2014.

SHAH, S. T. et al. Mass propagation of Bougainvillea spectabilis through shoot tip culture. **Pakistan Journal of Botany**, v. 38, n. 4, p. 953-959, 2006.

SILVA, N. M. S. et al. Qualidade de mudas de maracujazeiro amarelo produzidas com substratos alternativos. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 14, n. 2, p. 96-102, 2018.

SINGH, K. K.; RAWAT, J. M.; TOMAR, Y. K. Influence of IBA on rooting potential of torch glory Bougainvillea glabra during winter season. **Journal of Horticulture Science & Ornamental Plants**, v. 3, n. 2, p. 162-165, 2011.

SOUZA, H. M. Os tipos de estacas. **Suplemento Agrícola**, n. 1141, p. 7, 1977.

SOUZA, H. M.; INFORZATO, R. Enraizamento de estacas de Camellia japonica L. var. Alba Plam, por meio de hormônios vegetais. **Bragantia**, v. 18, n. 1, p. 5-8, 1959.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

TONI, J. P. T. Compostagem de resíduos de pescado e material vegetal urbano: um estudo de caso. 2025. 21 f. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Graduação em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Dracena, 2025.

VALERO, R. M. M.; MATSURA, E. E.; SOUZA, A. L. Caracterização física de dois substratos orgânicos para plantas e a estimativa da umidade por meio da reflectometria no domínio do tempo. **Ciência Rural**, v. 39, p. 571-574, 2009.

VIEIRA, M. A.; PAULETTO, E. A. Avaliação de atributos físicos do substrato de casca de arroz (Oryza sativa L.) carbonizada e tratada com polímeros hidrofílicos sintéticos. **Bioscience Journal**, v. 25, p. 1-6, 2009.

WENDLING, I.; GATTO, A. **Substratos, adubação e irrigação na produção de mudas**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2002.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura clonal – princípios e técnicas**. Viçosa: UFV, 2013.

ZHAO, D.; TANG, Y.; XIA, X.; WEI, M.; TAO, J. Comprehensive evaluation of ornamental characters and landscape application of Bougainvillea cultivars. **Scientia Horticulturae**, v. 256, 108632, 2019. Disponível em: DOI da publicação.

ZIETEMANN, C.; GOMES, J. M. Influência de diferentes substratos na produção de mudas de Citharexylum myrianthum Cham. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 25, n. 2, p. 159-166, 2001.

WENDLING, I.; GATTO, A. Substratos, adubação e irrigação na produção de mudas. **Viçosa: Aprenda Fácil Editora**, 2002. 166 p.