



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE BIOTECNOLOGIA E
PRODUÇÃO VEGETAL E ANIMAL



ANTÔNIO MESAQUE BANDEIRA COIMBRA

**PALHADA DE CANA-DE-AÇÚCAR COMO
SUBSTRATO ALTERNATIVO PARA PLANTAS
ORNAMENTAIS**

ARARAS - SP
FEVEREIRO DE 2025

ANTÔNIO MESAQUE BANDEIRA COIMBRA

**PALHADA DE CANA-DE-AÇÚCAR COMO SUBSTRATO ALTERNATIVO PARA
PLANTAS ORNAMENTAIS**

**SUGARCANE STRAW AS AN ALTERNATIVE SUBSTRATE FOR ORNAMENTAL
PLANTS**

Trabalho de final de graduação,
apresentado ao Departamento de
Biotecnologia e Produção Vegetal e
Animal da Universidade Federal de São
Carlos, para obtenção do título de
bacharel em Engenharia Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. Jean Carlos Cardoso

Araras - SP

Fevereiro de 2025

AGRADECIMENTO

Com imensa gratidão, início agradecendo primeiramente a Deus, Jesus Cristo, meu Salvador, por me conceder esperança, fé e força. Sem Ele, nada seria possível em minha vida.

Expresso minha profunda gratidão à minha família, que sempre esteve ao meu lado com apoio incondicional, afeto e amor. Em especial, agradeço à minha amada mãe, Socorro, ao meu dedicado pai, Altamar, e aos meus queridos irmãos Caroline, Ezequiel, Quézia, Altamar e Rakelly, além do meu adorável sobrinho, Miguel, cuja presença ilumina nossos dias.

Agradeço, com todo meu coração, ao amor da minha vida, Camila. Sua confiança em mim foi primordial, seu apoio constante esteve presente nos momentos em que mais precisei, e sua ajuda chegou até mesmo quando eu ainda não sabia que precisava. Seu amor e carinho tornaram cada desafio mais leve e cada conquista ainda mais especial. Sou imensamente grato por tê-la ao meu lado.

De forma especial, deixo meu sincero agradecimento ao meu estimado professor e orientador, Jean. Sua dedicação exemplar ao ensino e seu compromisso com a formação de seus alunos foram fundamentais para o meu crescimento acadêmico e pessoal. Seu esforço incansável em nos orientar e apoiar impactou profundamente minha trajetória, e serei eternamente grato.

Agradeço também à República Galo Bravo por me permitir fazer parte de sua história. Sou imensamente grato a todos os contemporâneos da república que, de alguma forma, contribuíram para minha jornada: àqueles que me ajudaram, aos que tive a oportunidade de ensinar, aos de quem aprendi tanto, aos que tiveram paciência comigo e àqueles com quem aprendi a ter paciência. Vida longa à República Galo Bravo!

Agradeço à minha grande amiga Ana Carolina, que esteve ao meu lado desde o início da graduação, sempre me ajudando e apoiando.

Agradeço a todos os membros do Laboratório de Fisiologia e Cultura de Tecidos pelo apoio e dedicação. Minha gratidão também a todos os professores que, ao longo da graduação, compartilharam ensinamentos, experiências e histórias que enriqueceram minha trajetória acadêmica. Sou imensamente grato à Universidade Federal de São Carlos por toda a infraestrutura e suporte fundamentais para minha formação. Também sou grato pelo apoio da CNPQ, a qual me proporcionou uma bolsa de iniciação científica, da qual por meio desta me veio o incentivo e condições para a minha dedicação à pesquisa. Agradeço, ainda, a todos que, de alguma forma, contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional. Meu sincero e profundo obrigado a todos.

RESUMO

A floricultura brasileira tem experimentado um crescimento significativo da produção e valor econômico, sendo o estado de São Paulo um dos principais responsáveis por esse avanço. Um dos insumos amplamente demandados nesse cultivo é o substrato, sendo a fibra de coco e a casca de pinus a base utilizada para o cultivo de ornamentais. Apesar das inúmeras vantagens proporcionadas por esses substratos, a sua utilização também enfrenta alguns desafios, como a distância entre o local de produção e o cultivo de ornamentais, a presença de substâncias fitotóxicas para as plantas, a necessidade de processamento e, recentemente, a migração da produção de coco para a floresta amazônica, impactando diretamente o desmatamento. Há alguns anos, o setor canavieiro passou por uma transição, deixando de utilizar a cana queimada para adotar a cana crua, o que resultou em uma grande quantidade de palhada como resíduo no solo. Atualmente, essa palhada já é retirada do campo e utilizada como fonte de energia ou na geração de etanol de segunda geração. Com uma área total de 8,3 milhões de hectares, sendo metade concentrada em São Paulo, a produção de cana pode gerar de 10 a 30 ton ha⁻¹ de palhada, dependendo da variedade e idade do canavial. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar o potencial uso da palhada de cana-de-açúcar como substrato no cultivo de orquídeas e begônias. O experimento utilizou uma progênie de *Phalaenopsis* com mudas de aproximadamente 10-15 cm de diâmetro, e clones da planta *Begonia maculata* obtidos por estaquia. O experimento foi inteiramente casualizado e montado em um fatorial 2x5, sendo um dos fatores o substrato, com misturas entre a palhada de cana e substrato comercial nas proporções que variaram de 0 a 100% de palhada e o segundo fator a dose de fertilizante, sendo utilizados 75 e 100% da recomendação de adubação. Ademais, foram realizadas análises para compreender melhor as características físico-químicas dos substratos, como análise química dos substratos, análise de retenção de água total, análise de perda de água em relação ao tempo em condições de casa de vegetação e índice de decomposição da palhada. No cultivo de begônias, o substrato com 25% de palhada de cana-de-açúcar (C25) apresentou o melhor desempenho, promovendo maior crescimento vegetativo, síntese de clorofila e acúmulo de biomassa, enquanto o substrato 100% palhada (C100) mostrou limitações devido à menor disponibilidade de nutrientes. Para o cultivo de orquídeas *Phalaenopsis*, substratos com até 50% de palhada (C50) tiveram resultados superiores em crescimento e floração, enquanto o uso integral de palhada (C100) impactou negativamente características estéticas, como o tamanho das pétalas. A palhada de cana resultou em mais rapidez em relação a decomposição, retendo apenas 44% de sua massa após 220 dias, enquanto o substrato comercial teve decomposição mais lenta, favorecendo o fornecimento de nutrientes a longo prazo. Sobre a água nos substratos, a palhada destacou-se pela maior retenção (553% m/m), mas com maior taxa de perda, exigindo maior frequência de irrigação, enquanto o substrato comercial de begônia teve retenção moderada e o de orquídeas teve a menor capacidade. Na análise química, o substrato Carolina Soil® mostrou uma composição mais equilibrada de nutrientes, enquanto a palhada de cana apresentou menor concentração de nutrientes solúveis. Os resultados obtidos evidenciam o potencial da palhada de cana de açúcar como substrato alternativo quando misturado em até 50% do volume em conjunto com substratos comerciais, sendo seu uso viável no cultivo de begônia e orquídeas *Phalaenopsis*.

Palavras chaves: ornamentais; substratos; palhada; cana-de-açúcar; casca de pinus; fibra de coco.

ABSTRACT

Brazilian floriculture has experienced significant growth in both production and economic value, with the state of São Paulo being one of the main contributors to this progress. One of the key inputs in ornamental plant cultivation is the substrate, with coconut fiber and pine bark being the most commonly used bases. Despite the many advantages these substrates offer, their use also faces challenges, such as the distance between the production site and the ornamental cultivation area, the presence of phytotoxic substances, the need for processing, and, more recently, the shift of coconut production to the Amazon rainforest, directly contributing to deforestation. In recent years, the sugarcane industry has undergone a transition from using burnt cane to raw cane, resulting in a large amount of straw residue left in the field. Currently, this straw is removed and used as an energy source or for the production of second-generation ethanol. With a total area of 8.3 million hectares—half of which is located in São Paulo—sugarcane production can generate between 10 to 30 tons per hectare of straw, depending on the variety and age of the plantation. In this context, the aim of this study was to evaluate the potential use of sugarcane straw as a substrate for the cultivation of orchids and begonias. The experiment used a *Phalaenopsis* progeny with seedlings approximately 10–15 cm in diameter, and *Begonia maculata* clones obtained through cuttings. A completely randomized design in a 2x5 factorial scheme was used, with one factor being the substrate—comprising mixtures of sugarcane straw and commercial substrate in proportions ranging from 0 to 100% straw—and the second factor being the fertilizer dose, using 75% and 100% of the recommended fertilization rate. Additionally, analyses were performed to better understand the physical and chemical characteristics of the substrates, including chemical composition, total water retention, water loss over time under greenhouse conditions, and straw decomposition rate. For begonia cultivation, the substrate with 25% sugarcane straw (C25) showed the best performance, promoting greater vegetative growth, chlorophyll synthesis, and biomass accumulation, while the 100% straw substrate (C100) showed limitations due to lower nutrient availability. For *Phalaenopsis* orchid cultivation, substrates with up to 50% straw (C50) yielded better growth and flowering results, whereas the full straw substrate (C100) negatively affected aesthetic features such as petal size. Sugarcane straw showed a faster decomposition rate, retaining only 44% of its mass after 220 days, while the commercial substrate decomposed more slowly, favoring long-term nutrient supply. In terms of water retention, straw stood out for its higher retention (553% w/w), but also had a higher rate of water loss, requiring more frequent irrigation. The commercial begonia substrate had moderate retention, while the orchid substrate had the lowest capacity. In the chemical analysis, the Carolina Soil® substrate showed a more balanced nutrient composition, while sugarcane straw presented lower concentrations of soluble nutrients. The results demonstrate the potential of sugarcane straw as an alternative substrate when mixed up to 50% by volume with commercial substrates, making its use viable for cultivating begonias and *Phalaenopsis* orchids.

Keywords: ornamentals; substrates; straw; sugarcane; pine bark; coconut fiber.

SUMÁRIO

SUMÁRIO	6
1. INTRODUÇÃO	8
2. REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 SUBSTRATO	13
2.2 PRODUÇÃO DE PLANTAS ORNAMENTAIS	16
2.2.1 Importância Da Floricultura No Brasil	16
2.2.2 Diversidade Das Plantas Ornamentais Comercializadas	17
2.2.3 Propagação E Reprodução	18
2.2.4 Ambiente De Cultivo E Produção	20
2.2.5 Irrigação	20
2.2.6 Adubação E Fertilização	22
2.2.7 Pragas	23
2.2.8 Doenças	24
3. OBJETIVO	25
3.1 OBJETIVO GERAL	25
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	25
4. MATERIAL E MÉTODOS	26
4.1 EXPERIMENTO DE CULTIVO DE ORQUÍDEAS	26
4.2 EXPERIMENTO DE CULTIVO DE BEGÔNIAS	27
4.2.1 Análise Foliar Begônias	28
4.3 ANÁLISES DO SUBSTRATO E DA PALHADA	29
4.3.1 Análises De Decomposição Dos Substratos	29
4.3.2 Análises Químicas Dos Substratos	29
4.3.3 Capacidade De Retenção De Água (Massa/Massa)	30
4.3.4 Índice de perda de água com relação ao tempo do substrato de orquídeas (massa/massa)	30
4.4 FORMAS DE ANÁLISE DOS RESULTADOS	31
5. RESULTADOS	31
5.1 RESULTADOS DO EXPERIMENTO DE CULTIVO DAS ORQUÍDEAS PHALAENOPSIS	31
5.1.1 Imagens Das Plantas Do Cultivo De Orquídeas Na Palhada	38
5.2 RESULTADOS DO EXPERIMENTO DE CULTIVO DE BEGÔNIAS	40
5.2.1 Análise Foliar De Begônias	44
5.2.2 Imagens Das Plantas Do Cultivo De Begônias Na Palhada	47
5.3 ANÁLISES DO SUBSTRATO E DA PALHADA	49
5.3.1 Análises De Decomposição Dos Substratos	49
5.3.2 Análises Química Dos Substratos.	50
5.3.3 Capacidade De Retenção De Água (Massa/Massa)	51
5.3.4 Índice De Perda De Água Com Relação Ao Tempo Do Substrato De Orquídeas (Massa/Massa)	52
6. DISCUSSÃO	54

6.1 DECOMPOSIÇÃO E FATORES QUE O INFLUENCIAM.	54
6.2 COMPORTAMENTO DA ÁGUA NOS SUBSTRATOS	55
6.3 CULTIVO DE ORQUÍDEAS	55
6.4 CULTIVO DE BEGÔNIAS	56
6.5 SUSTENTABILIDADE NO USO DA PALHADA	57
6.6 ASPECTOS GERAIS	59
7. CONCLUSÃO	60
REFERÊNCIAS	61

1. INTRODUÇÃO

A floricultura brasileira passou por um processo de especialização e dinamismo comercial nos últimos anos, e essa indústria tem experimentado crescimentos significativos nos últimos anos. Em 2021 foram contabilizados cerca de 8 mil produtores de flores e plantas ornamentais no país, com mais de 2,5 mil espécies e 17,5 mil variedades cultivadas. Esse setor também representa uma importante contribuição para os aspectos socioeconômicos da agricultura brasileira, já que é responsável por gerar 209 mil empregos diretos, dentre produção, distribuição e setores de apoio, como também contribui com aproximadamente 800 mil empregos indiretos (Schoenmaker, 2022).

O faturamento do setor de plantas ornamentais no Brasil foi de R\$ 10,9 bilhões em 2021, representado por uma área de cultivo de 15,6 mil hectares, da qual aproximadamente 45% de toda a área de cultivo está concentrada no Estado de São Paulo, que lidera o faturamento com R\$ 4,4 bilhões reais (Neves, 2015; Schoenmaker, 2022).

São Paulo é, sem dúvidas, o maior estado produtor e consumidor da produção de flores e vasos de plantas, com destaque para as regiões de Holambra, Atibaia e Mogi das Cruzes, onde o cultivo de orquídeas, mais especificamente do gênero *Phalaenopsis* tem sido há alguns anos o principal grupo de flores de vasos comercializado (Neves, 2015; Schoenmaker, 2022).

No Brasil, as orquídeas desempenham também um importante papel no impulso do setor de floricultura e plantas envasadas. A produtividade e o desempenho comercial têm sido surpreendentemente bons devido ao impacto dos investimentos em novas técnicas de produção que agregam valor ao produto final da floricultura. Os produtores têm monitorado de perto o crescimento desse mercado e têm introduzido inúmeras espécies e cultivares inovadoras a cada ano (Sebrae, 2015).

Nas condições tropicais e subtropicais cerca de 90% das orquídeas são consideradas epífitas, ou seja, vivem sobre outras plantas, especialmente árvores, arbustos, palmeiras e lianas de diferentes biomas brasileiros, necessitando de um ambiente úmido para sua sobrevivência. Entretanto, as árvores só servem de suporte para a obtenção dos raios solares, não são plantas consideradas parasitas, já que estas se nutrem através da água lixiviada e os nutrientes dos materiais orgânicos depositados nos troncos, as raízes dessas são robustas e cobertas por um tecido esponjoso chamado velame. As raízes dessas plantas têm interações específicas com fungos micorrízicos e outros microrganismos, que junto ao velame, contribuem para a decomposição da matéria orgânica, disponibilizando nutrientes às raízes (Castro et al., 2017).

Na produção comercial de orquídeas epífitas, como é o caso da maioria das orquídeas cultivadas como ornamentais, o cultivo na escala industrial de produção de flores, tem sido realizado com substratos comerciais baseados principalmente em resíduos da indústria do coco e do pinus, e que são usados convencionalmente para o cultivo das orquídeas ornamentais (Anthura, 2019). O tipo de substrato utilizado influencia na qualidade final do produto, em relação ao tempo e o desenvolvimento (Assis et al., 2011).

Os substratos comerciais devem apresentar como características principais um ambiente adequado ao desenvolvimento e fixação das raízes, especialmente em relação a sua capacidade de retenção de água e aeração, boa capacidade de retenção de nutrientes aplicados via adubação, não ser veículo de proliferação de pragas e doenças para a cultura, e possuir baixa densidade, o que resulta em economia no transporte e facilidade de manuseio na produção e comercialização (Jorge, et al., 2020). Dessa forma, no cultivo de orquídeas deve-se atentar para propriedades específicas dos substratos, como aquelas físicas, químicas e biológicas, a fim de atender algumas características indispensáveis, como boa aeração para as raízes, boa capacidade de retenção de água e nutrientes, boa drenagem, baixa densidade, boa consistência para fixação de suporte, conferindo condições adequadas para o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo das plantas ao longo do tempo e das fases de cultivo em estufas (Yamakami et al., 2006; Meurer et al., 2008; Castro et al., 2017). Além disso, o substrato deve ser de baixo custo e de fácil manejo, disponível em grande quantidade, de longa durabilidade e isento de microrganismos fitopatogênicos e substâncias potencialmente fitotóxicas, além de apresentar boa durabilidade sem perdas significativas de suas características (Fernandes et al., 2006; Meurer et al., 2008; Castro et al., 2017).

Um substrato ainda muito procurado especialmente por colecionadores brasileiros, é o xaxim, que é formado por raízes adventícias de algumas samambaias das famílias *Dicksoniaceae* e *Cyatheaceae*. Esse substrato atende às exigências do cultivo das orquídeas, retendo grande quantidade de água, e conservando-se úmido por longo tempo sem afetar a aeração das raízes, podendo na ausência de chuvas ou irrigações, suprir à demanda de água no velame das raízes, ou aumentar a umidade relativa do ambiente próximo às raízes, mantendo estas úmidas (Demattê et al., 1996; Araújo et al., 2007; Meurer et al., 2008).

Entretanto, no Brasil, as plantas que fornecem o xaxim, encontram-se em alerta sobre seu estado de conservação, sendo consideradas algumas espécies em extinção, por causa do extrativismo desenfreado, encontrando-se na lista de plantas ameaçadas de extinção pelo IBAMA, já que estas levam de 15 a 18 anos para atingir o estágio ideal para extração do xaxim, na qual foi proibida a comercialização e industrialização de derivados oriundos

diretamente ou indiretamente da extração do xaxim, pela lei n.º 11.754 de Julho de 2004. Sendo assim, houve necessidade de utilizar outros substratos alternativos ao xaxim no cultivo de orquídeas.

Em virtude da proibição do uso do xaxim no cultivo de orquídeas, associado a uma demanda crescente de plantas ornamentais nos últimos 15 anos, a qual também pressiona pela quantidade, qualidade e industrialização da produção de substratos houve a necessidade de estudos e uso de substratos alternativos ao xaxim. Dessa forma, buscou-se aproveitamento de resíduos agrícolas, como uma opção de baixo custo, e também contribuindo com a diminuição do descarte inadequado de resíduos no meio ambiente, as principais alternativas encontradas foram, a fibra de coco, a casca de pinus, a casca de arroz carbonizada, a fibra de piaçava e o bagaço de cana-de-açúcar, bem como o uso de esfagno (musgo), uma alternativa ao xaxim (Assis et al., 2008; Lone et al., 2008; Meurer et al., 2008; Yamamoto et al., 2009; Schafer & Lerner, 2022).

Desses, o substrato mais utilizado atualmente na floricultura nacional, incluindo o cultivo de orquídeas, tem sido à base de casca de pinus e chips de coco, utilizados isoladamente ou em conjunto devido às suas propriedades que atendem as exigências no cultivo de plantas ornamentais, incluindo orquídeas. Segundo o IBGE, somente em 2021 a área de floresta de pinus plantada foi de 1,81 milhões de hectares no Brasil, sendo que 1,52 milhões ficam na região Sul do país. E segundo o Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste - ETENE (2021), o Brasil tem uma área colhida de coco de 194 mil hectares, sendo os maiores estados produtores o Ceará com 40,46 mil ha, a Bahia com 36,54 mil ha e o Pará com uma área colhida de 17,65 mil hectares (Brainer, 2021). Dessa forma, e devido ao tamanho dessas indústrias, é de se esperar que alguns resíduos, como a casca do pinus e o mesocarpo do coco, já foram um grande problema como resíduos para essas indústrias, e que hoje se tornaram produtos de alto valor agregado no mercado hortícola, incluindo a produção de flores.

Outra importante planta para o mercado de flores e plantas de vasos é a begônia, na qual fica dentre as principais atividades das regiões de Atibaia, Ibiúna e Santa Cruz do Sul (Neves, 2015). Segundo Fernanda Brigatti (2020), da Folha de São Paulo, durante a pandemia, uma begônia chegou a custar 300 reais, por conta de uma nova variedade que chegou ao Brasil, ganhando mais espaço no mercado das ornamentais. Os substratos também utilizados para o cultivo de begônias são a base de fibra de coco e a casca de pinus, que no geral é o principal utilizado para as plantas ornamentais (Schafer & Lerner, 2022).

Apesar de suas características interessantes para o cultivo, há também desvantagens do uso desses substratos. Como exemplo, um dos entraves na utilização desses materiais são a presença de substâncias tóxicas como, o tanino no caso do mesocarpo do coco, na qual causa redução no desenvolvimento da planta, e a liberação de resinas ácidas em relação a casca de pinus, na qual as orquídeas não são tolerantes a essa resina, e acabam não fixando suas raízes. (Castro et al., 2017; Gallindo et al., 2018). Sendo assim, para a utilização dos atuais substratos comerciais como o mesocarpo de coco, e casca de pinus, é necessário primeiramente o processamento destes materiais, onde a casca de pinus passa por processos como trituração, e o mesocarpo de coco exige uma boa desfibradora, seguido por um tempo para compostagem, e também a necessidade de realizar lavagens desses materiais, e um tempo de cura, para a diminuição das substâncias tóxicas presentes, e assim atender as propriedades físico-químicas toleráveis (Souza et al., 2007; Castro et al., 2017; Gallindo et al., 2018). Além disso, devido a algumas exigências para a produção do coco visando a produção de substrato, a produção do coco tem se expandido para grandes áreas de produção em plena floresta amazônica, como por exemplo no estado do Pará, contribuindo diretamente no desmatamento da floresta Amazônica (Magalhães et al., 2017).

Como relatado há necessidade do processamento desses resíduos para a utilização como substrato, e a presença de substâncias tóxicas nesses substratos, e a grande distância do local de produção de plantas ornamentais (Sudeste principalmente) em relação a disponibilidade desses materiais, tem efeitos diretamente sobre o custo desses substratos visando o cultivo das plantas ornamentais. Além disso, o uso de áreas de floresta nativa como no caso da floresta Amazônica para o plantio do coco visando a produção de substrato se apresentam como principais pontos negativos do uso desses substratos no cultivo de plantas de uso na Horticultura, incluindo as plantas ornamentais. Dessa forma, faz-se necessário a busca por materiais alternativos como substratos, em geral também resíduos da indústria, mas que estejam mais próximo das áreas de produção e que apresentem menores impactos ecológicos.

Segundo a CONAB (2024), o Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, tendo uma produção de 678 milhões de toneladas na safra de 2024, com uma área plantada de 8,7 milhões de hectares, sendo São Paulo o maior representante com 50% de toda a área plantada no país.

A partir da regulamentação pela Lei nº 11.241, de 19 de setembro de 2002, foi determinado a eliminação gradativa do sistema convencional de produção de cana-de-açúcar que envolvia a queima da palhada, para o sistema conhecido como cana crua, onde há a

colheita da cana-de-açúcar sem a queima da palha, industrialmente realizada por meio de máquinas agrícolas colheitadeiras. Nesse novo sistema de produção, onde há a mudanças na condução da cultura, da qual passou da colheita manual, para a mecanizada, tem sido observada na superfície do campo uma grande quantidade de palha, que a depender da variedade e idade do canavial pode chegar de 10 a 30 toneladas ha⁻¹ (Bordonal et al., 2018; Tenelli et al., 2021). Essa grande quantidade de palha deixada sobre o solo, em algumas condições climáticas, confere algumas desvantagens, como diminuição da brotação de soqueiras, uma maior incidência de pragas, aumento de riscos de incêndios, além de afetar a dinâmica e a eficiência dos herbicidas (Rossetto et al., 2008; Copetti, 2021). Buscando algumas possibilidades no uso da palhada deixada sobre o solo, a indústria já vem utilizando, como fonte de energia nas usinas de cana-de-açúcar. (Menandro, 2013).

A palhada da cana-de-açúcar tem uma elevada relação C/N, em média de 100/1, indicando assim um maior tempo para decomposição. Além disso, uma reserva de macronutrientes, como N, P, K, Ca, Mg, S (4,67; 0,47; 4,75; 1,8; 0,94; 0,65 g por quilo de palhada), na qual após a sua mineralização pode ficar disponível às plantas (Oliveira et al., 1999; Yamaguchi et al., 2013). Além disso, trata-se de um material muito leve e pouco resistente ao corte, diferentemente do coco e do pinus que apresentam maior resistência à fragmentação, o que facilitaria bastante o processo de transformação da massa bruta em fragmentos de diferentes tamanhos, atendendo a granulometria exigida por diferentes espécies vegetais cultivadas.

Considerando que a produção de plantas ornamentais no país está altamente concentrada no Estado de São Paulo, na qual há uma demanda por substratos alternativos para o cultivo de plantas ornamentais, a palhada residual proveniente da colheita mecanizada da cana de açúcar representa um enorme potencial em quantidade de palhada, localização mais próxima da região produtora, e sem a presença de substância potencialmente tóxicas, à exemplo do que ocorre com a casca de pinus (resina ácida) ou das altas quantidades de taninos encontradas no mesocarpo do coco.

Além disso, como dito, trata-se de um substrato com bom potencial de durabilidade durante o período de cultivo nos vasos e extremamente leve, o que atende as demandas atuais de substratos para o cultivo de plantas ornamentais. Essas informações associadas à grande quantidade disponível nos canaviais e que representam um problema para a usina, são as principais justificativas para o melhor conhecimento desse resíduo e de seu uso como substrato no cultivo de plantas ornamentais, incluindo as orquídeas e begônias.

Soma-se a isso outros resíduos da moagem da cana de açúcar já utilizados como substratos no cultivo de plantas utilizadas na horticultura, à exemplo do bagaço de cana-de-açúcar compostado que demonstrou boa resposta para o desenvolvimento de petúnias, também uma planta ornamental (Zanello & Cardoso, 2016).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 SUBSTRATO

Os substratos são elementos indispensáveis na agricultura moderna e no cultivo de plantas ornamentais, hortaliças e florestais. Sua importância está diretamente ligada à necessidade de substituir o solo tradicional em sistemas de cultivo, especialmente em ambientes protegidos, como estufas e viveiros. Esses materiais oferecem condições controladas e otimizadas para o crescimento das plantas, permitindo maior eficiência no uso de recursos e promovendo um desenvolvimento mais saudável e sustentável. Além de funcionarem como suporte físico, os substratos desempenham funções essenciais, como retenção de água, troca de gases, e fornecimento de nutrientes para o desenvolvimento da parte subterrânea e aérea. A evolução das técnicas agrícolas e a busca por maior controle sobre os fatores de cultivo têm impulsionado a popularidade dos substratos, que são agora elementos indispensáveis em sistemas agrícolas com acesso à tecnologia e com a busca por sustentabilidade (Ballester-Olmos, 1992; Kratz, 2013; Jorge et al., 2020).

A composição dos substratos é um fator determinante para o sucesso do cultivo e pode incluir materiais orgânicos, minerais e sintéticos. Cada tipo de material possui propriedades únicas que contribuem para o desempenho geral do substrato. A escolha do material baseia-se em critérios como a necessidade das plantas, o tipo de cultivo, as condições ambientais e até mesmo a disponibilidade local. Entre os materiais orgânicos, destacam-se a turfa, fibras de coco, casca de pinus, casca de arroz, bagaço de cana-de-açúcar, resíduos de madeira e compostos vegetais. Esses materiais são amplamente reconhecidos por sua sustentabilidade, ampla disponibilidade e características que favorecem o crescimento das plantas. A turfa, em particular, é um dos materiais mais utilizados na formulação de substratos devido à sua alta capacidade de retenção de água, leveza e uniformidade. Este material, formado pela decomposição parcial de vegetais em ambientes úmidos, é ideal para sistemas de cultivo que exigem uma retenção de água uniforme e consistente. No entanto, sua extração pode causar impactos ambientais significativos, como a degradação de ecossistemas naturais, o que tem

motivado a busca por alternativas sustentáveis, como a fibra de coco e o bagaço de cana (Silva et al., 2008; Schafer, Souza & Fior, 2015).

A fibra de coco, um subproduto da indústria agrícola, tem ganhado popularidade devido às suas excelentes características físicas, incluindo leveza, boa retenção de água e alta aeração. Este material é renovável e sustentável, sendo frequentemente combinado com outros componentes para criar misturas que maximizem a eficiência do cultivo. Da mesma forma, a casca de arroz carbonizada é amplamente utilizada por suas propriedades drenantes, aumentando a oxigenação do substrato e prevenindo a compactação. Essa característica é especialmente importante em cultivos que demandam alta oxigenação radicular, como orquídeas e bromélias. O bagaço de cana-de-açúcar, um resíduo abundante no Brasil, apresenta características físicas estáveis e boa capacidade de retenção de água, tornando-se uma alternativa promissora para substratos destinados à produção de mudas. Sua ampla disponibilidade e baixo custo tornam o bagaço de cana uma escolha atrativa para sistemas de cultivo sustentáveis (Ballester-Olmos, 1992; Souza, 2001).

Os materiais minerais, como perlita, vermiculita, pedra-pomes e areia, são amplamente utilizados como aditivos em substratos. A perlita, um vidro vulcânico expandido, é valorizada por sua leveza e capacidade de melhorar a drenagem, prevenindo a compactação. Já a vermiculita, um silicato hidratado expansivo, é conhecida por sua alta capacidade de retenção de água e nutrientes, sendo frequentemente usada em misturas para cultivos que demandam umidade constante. A pedra-pomes, com sua estrutura porosa, contribui para a estabilidade estrutural e aumenta a aeração do substrato, sendo particularmente útil em sistemas que exigem alta porosidade e drenagem eficiente (Kratz, 2013; Zorzeto et al., 2014).

Embora menos comuns devido ao custo elevado e à menor sustentabilidade, os materiais sintéticos também possuem um papel importante em sistemas de cultivo especializados, como micropropagação e hidropônicos. Exemplos incluem espumas de poliuretano, polímeros hidrofílicos e lã de vidro, que oferecem características únicas, como retenção controlada de água e aeração eficiente. Esses materiais são amplamente utilizados em sistemas de alta precisão, onde o controle extremo das condições de cultivo é essencial, como em pesquisas científicas e cultivos comerciais de alto valor agregado. No entanto, o impacto ambiental e a falta de biodegradabilidade desses materiais ainda são desafios a serem superados (Souza, 2001; Fermino & Bellé, 2008).

As propriedades físicas dos substratos são determinantes para seu desempenho e incluem porosidade, densidade, granulometria e capacidade de retenção de água. A porosidade total, definida como o espaço não ocupado por partículas sólidas no substrato, é

um dos fatores mais importantes, pois influencia diretamente a retenção de água e a aeração radicular. Substratos com alta porosidade, são considerados ideais, pois oferecem um equilíbrio adequado entre macroporos, que promovem a aeração, e microporos, responsáveis pela retenção de água. A granulometria, ou o tamanho das partículas do substrato, é outro fator crítico, pois afeta a estabilidade estrutural e a capacidade de drenagem. Partículas médias a grossas são preferidas para evitar a compactação e garantir aeração adequada (Kratz, 2013; Mueller & Klein, 2021).

A densidade aparente, que mede a massa do substrato por unidade de volume, é especialmente relevante em sistemas que envolvem transporte ou manuseio de recipientes. Substratos leves, com densidade entre 100 e 300 g/L, são ideais para recipientes pequenos e médios, enquanto substratos mais densos são usados em recipientes grandes ou em condições ambientais adversas, como locais sujeitos a ventos fortes. A capacidade de retenção de água também é avaliada com precisão, utilizando tensões específicas que refletem diferentes níveis de disponibilidade hídrica. Esses parâmetros são medidos por meio de métodos de saturação e drenagem, permitindo ajustes nas formulações para atender às demandas específicas das plantas (Ballester-Olmos, 1992; Zorzeto et al., 2014).

As propriedades químicas dos substratos incluem pH, condutividade elétrica (CE) e capacidade de troca de cátions (CTC). O pH, que afeta diretamente a disponibilidade de nutrientes, deve ser mantido em níveis ideais para cada tipo de cultura, geralmente entre 5,5 e 6,5. A CE, que mede a concentração de sais dissolvidos, é um indicativo da salinidade do substrato, sendo monitorada para evitar toxicidade às plantas. A CTC, por sua vez, avalia a capacidade do substrato de reter e liberar nutrientes como cálcio, magnésio e potássio, garantindo um fornecimento contínuo às plantas (Silva et al., 2008; Schafer, Souza & Fior, 2015).

A formulação de substratos envolve a combinação de diferentes materiais para alcançar um equilíbrio entre propriedades físicas e químicas. A seleção de componentes é baseada em análises detalhadas, que avaliam a porosidade, densidade, pH, CE e CTC. Substratos podem ser personalizados para atender às necessidades específicas de culturas como hortaliças, plantas ornamentais ou mudas florestais. Por exemplo, substratos ricos em materiais grosseiros, como pedra-pomes, são ideais para plantas que demandam alta aeração, enquanto aqueles com maior proporção de turfa ou fibra de coco são adequados para culturas que requerem maior retenção hídrica (Souza, 2001; Schafer, Souza & Fior, 2015).

A sustentabilidade tem sido um tema central no desenvolvimento de substratos. A incorporação de resíduos agroindustriais, como fibra de coco, casca de arroz carbonizada e

bagaço de cana, é uma estratégia eficaz para reduzir o impacto ambiental e promover a economia circular. Esses materiais não apenas melhoram as propriedades dos substratos, mas também ajudam a reduzir o desperdício de recursos naturais. Além disso, tecnologias modernas, como sensores de monitoramento em tempo real e técnicas de análise, estão sendo integradas ao processo de formulação, permitindo ajustes precisos e personalizados para diferentes condições de cultivo (Silva et al., 2008; Kratz, 2013).

Apesar dos avanços, os desafios permanecem, incluindo a falta de padronização nos métodos de análise e variações na qualidade dos produtos disponíveis no mercado. A pesquisa contínua e o desenvolvimento de novas tecnologias são essenciais para atender às crescentes demandas por substratos mais eficientes, acessíveis e sustentáveis.

2.2 PRODUÇÃO DE PLANTAS ORNAMENTAIS

2.2.1 Importância Da Floricultura No Brasil

O setor de flores e plantas ornamentais tem desempenhado um papel significativo na economia brasileira. Segundo dados do Cepea/USP em 2023, o agronegócio como um todo representa 24% do PIB brasileiro, enquanto a cadeia de flores e plantas ornamentais contribui de forma robusta dentro deste segmento. Em 2014, o PIB do setor foi estimado em R\$4,5 bilhões, movimentando R\$10,2 bilhões em transações financeiras (Neves et al., 2015; Castro et al., 2023).

A floricultura é intensiva em mão de obra, gerando aproximadamente 190 mil empregos diretos e indiretos em 2014. Esse número destaca a importância social do setor, principalmente em áreas rurais e urbanas de menor desenvolvimento. O setor emprega, em média, de 10 a 15 pessoas por hectare, o que o torna um dos segmentos agrícolas com maior capacidade de gerar trabalho. Além disso, 80% da força de trabalho é composta por mulheres (Franca & Maia, 2008; Brainer, 2019; Oliveira et al., 2021).

O cultivo de flores ocorre em todo o Brasil, mas com concentração maior na região Sudeste, particularmente no estado de São Paulo, que lidera a produção e exportação de flores. Outros estados, como Santa Catarina, Pernambuco e Ceará, também se destacam como polos importantes. A diversidade climática do Brasil permite a produção de flores tropicais e de clima temperado ao longo de todo o ano, proporcionando uma vantagem competitiva tanto no mercado interno quanto no internacional (Franca & Maia, 2008; Oliveira et al., 2021).

O consumo de flores e plantas ornamentais no Brasil ainda é considerado baixo em comparação com mercados desenvolvidos. Enquanto o consumo per capita nacional é de

cerca de US\$4,70, em países como a Suíça esse valor ultrapassa os US\$170. Essa lacuna representa uma oportunidade significativa de crescimento para o setor. Além disso, o mercado interno tem mostrado sinais de expansão, especialmente em datas comemorativas e no aumento da demanda por paisagismo e decoração (Franca & Maia, 2008; Brainer, 2019).

Apesar do crescimento e do potencial do setor, a floricultura enfrenta desafios como a falta de padronização da qualidade em mais de 50% da produção e problemas logísticos, que dificultam a competitividade no mercado internacional. Investimentos em infraestrutura, tecnologia e treinamento são fundamentais para superar esses obstáculos (Aki & Perosa, 2002; Oliveira et al., 2021).

Outro aspecto relevante é o impacto positivo na sustentabilidade e na inclusão social. A floricultura é uma atividade frequentemente praticada por pequenos agricultores, promovendo uma melhor distribuição de renda e contribuindo para o desenvolvimento rural. A modernização da cadeia produtiva, aliada à criação de cooperativas e associações, tem potencial para ampliar ainda mais esses benefícios (Neves et al., 2015; Oliveira et al., 2021).

2.2.2 Diversidade Das Plantas Ornamentais Comercializadas

A floricultura e a produção de plantas ornamentais no Brasil têm uma importância significativa tanto para o mercado interno quanto para exportações, abrangendo uma ampla variedade de espécies e usos. Entre os principais grupos, destacam-se as flores de corte, que lideram o mercado pela versatilidade e pela demanda em ocasiões especiais e decorações. As rosas são as mais representativas, conhecidas mundialmente por seu simbolismo e elegância, sendo amplamente utilizadas em casamentos, dia dos namorados e arranjos corporativos. crisântemos e gérberas também desempenham papéis importantes, especialmente em eventos que exigem cores vibrantes e arranjos sofisticados. Outras flores de corte notáveis incluem lírios, valorizados por sua sofisticação, e antúrios, populares em decorações tropicais (Neves et al., 2015; Brainer, 2019; Oliveira et al., 2021).

Outro segmento relevante é o das plantas de vaso, que têm ganhado destaque devido à crescente busca por decoração de interiores em residências e escritórios. Orquídeas, especialmente das espécies *Phalaenopsis* e *Cattleya*, são as mais valorizadas nesse grupo, combinando beleza e sofisticação, o que as torna símbolos de status e presente ideal. Violetas e samambaias também têm forte apelo comercial, sendo acessíveis e de fácil manejo. O mercado de plantas suculentas e cactos, por sua vez, tem registrado crescimento notável, acompanhando tendências globais de urbanização e busca por espécies de baixa manutenção (Aki & Perosa, 2002; Brainer, 2019; Oliveira et al., 2021).

No paisagismo, as plantas ornamentais desempenham papel fundamental em projetos de jardins e espaços abertos. Palmeiras ornamentais, como a Palmeira Ráfia e a Areca, são amplamente utilizadas para conferir elegância a áreas externas e entradas de edifícios. Bromélias e hibiscos enriquecem os ambientes com suas cores vivas e texturas exóticas, enquanto dracenas e ficus são escolhas frequentes para projetos urbanos, dada a sua adaptabilidade e impacto visual (Brainer, 2019; Oliveira et al., 2021; Castro et al., 2023).

Plantas de folhagem têm conquistado espaço significativo no mercado, especialmente devido ao crescente interesse por decoração de interiores com foco em texturas e formas diferenciadas. A Costela-de-Adão, com suas folhas grandes e recortadas, tornou-se um ícone no design contemporâneo. Calateias, conhecidas por suas folhas decorativas, e filodendros, com seu apelo tropical, também são amplamente utilizados para criar ambientes modernos e aconchegantes (Aki & Perosa, 2002; Brainer, 2019; Castro et al., 2023).

Os bulbos e tubérculos, embora representem um nicho menor, são de alta relevância em determinados mercados. Espécies como amarílis, gladiolos e tulipas são valorizadas tanto em jardins quanto em decorações mais sofisticadas, especialmente em climas que favorecem seu cultivo. Apesar de sua produção ser limitada a regiões específicas, esses produtos têm um impacto considerável na diversificação da oferta e no posicionamento do Brasil no mercado internacional (Neves et al., 2015; Oliveira et al., 2021).

A comercialização das flores e plantas ornamentais é marcada por uma forte sazonalidade, com picos de demanda em datas comemorativas como o Dia das Mães, Natal e outras celebrações. Enquanto as flores de corte dominam o mercado interno e têm participação expressiva em exportações, as plantas de vaso e folhagem apresentam crescimento constante, especialmente devido ao aumento de residências urbanas e ao fortalecimento do paisagismo como tendência de bem-estar e qualidade de vida. Em suma, a diversidade de espécies e usos reflete não apenas a riqueza do setor, mas também sua capacidade de atender a diferentes demandas, consolidando-se como uma das áreas mais dinâmicas e promissoras do agronegócio brasileiro (Neves et al., 2015; Brainer, 2019; Castro et al., 2023).

2.2.3 Propagação E Reprodução

A propagação de plantas ornamentais é um processo essencial para a sua produção e comercialização, garantindo o suprimento de espécies amplamente utilizadas em decoração e paisagismo. A propagação pode ocorrer de maneira sexuada, via sementes, ou assexuada, utilizando partes vegetativas. A propagação por sementes é uma técnica que permite a

produção de um grande número de plantas, sendo especialmente útil em árvores ornamentais, palmeiras e algumas flores de corte, como o amor-perfeito (*Viola tricolor*) e a perpétua (*Gomphrena globosa*). Entretanto, esse método apresenta desafios, como o alto custo das sementes de qualidade e a variabilidade genética das plantas resultantes, o que pode levar à perda de uniformidade em características estéticas, como cor, forma das folhas e tamanho das flores, frequentemente indesejáveis no cultivo ornamental (Grolli, 2008; Senar, 2018).

Por outro lado, a propagação assexuada ou vegetativa é amplamente utilizada para garantir plantas idênticas à matriz, preservando características desejadas, como o porte e a coloração das folhas e flores. Esse método é realizado por meio de técnicas como estaquia, alporquia, divisão de touceiras e micropropagação *in vitro*. A estaquia, por exemplo, é comumente aplicada em plantas como a rosa (*Rosa spp.*), a dracena (*Dracaena spp.*) e a violeta-africana (*Saintpaulia ionantha*), enquanto a alporquia é indicada para espécies como a costela-de-adão (*Monstera deliciosa*) e o comigo-ninguém-pode (*Dieffenbachia spp.*). Além disso, a divisão de bulbos é essencial para a propagação de plantas como o lírio (*Lilium spp.*), o jacinto (*Hyacinthus spp.*) e o gladiolo (*Gladiolus spp.*). Essas técnicas não apenas preservam a qualidade das plantas, mas também oferecem maior controle sobre o processo produtivo (Forlin, 2008; Senar, 2018).

A micropropagação, por sua vez, representa um avanço tecnológico na reprodução de plantas ornamentais, utilizando o cultivo de tecidos vegetais em condições controladas de laboratório. Essa técnica permite a produção em larga escala e a obtenção de mudas com alto padrão genético e fitossanitário, sendo especialmente relevante para espécies de alto valor comercial, como as orquídeas (*Orchidaceae*), as poinsettias (*Euphorbia pulcherrima*) e as helicônias (*Heliconia spp.*). A micropropagação também é indicada para plantas que apresentam dificuldade em enraizar por métodos convencionais, como algumas variedades de samambaias e bromélias. Além disso, a técnica é amplamente adotada em viveiros especializados, que utilizam alta tecnologia para atender à crescente demanda do mercado interno e internacional (Forlin, 2008; Senar, 2018).

A escolha do método de propagação deve levar em conta as características específicas de cada espécie, bem como os objetivos de cultivo e as condições ambientais disponíveis. Fatores como luz, umidade, temperatura e qualidade do substrato são fundamentais para o sucesso do processo, independentemente do método utilizado. Espécies como as azaléias (*Rhododendron spp.*) e as gérberas (*Gerbera jamesonii*) se destacam por sua popularidade em jardins e arranjos florais, enquanto plantas de folhagem, como a zamioculca (*Zamioculcas zamiifolia*), são amplamente cultivadas para interiores. O manejo adequado durante a

propagação, incluindo o controle de pragas e doenças, é essencial para garantir a qualidade e a sustentabilidade da produção, contribuindo para o crescimento desse setor econômico e para a valorização ambiental das plantas ornamentais (Forlin, 2008; Grolli, 2008; Senar, 2018).

2.2.4 Ambiente De Cultivo E Produção

A produção de plantas ornamentais ocorre em diferentes tipos de ambientes, como estufas, telados e campos abertos. Cada um desses locais apresenta características específicas que influenciam diretamente a qualidade e a produtividade. Estufas são amplamente utilizadas devido ao controle que oferecem sobre fatores climáticos, como temperatura, umidade e luz. Essas estruturas são ideais para espécies sensíveis, como orquídeas (*Orchidaceae*), violetas-africanas (*Saintpaulia ionantha*) e poinsetias (*Euphorbia pulcherrima*), pois criam um microclima ideal para o desenvolvimento uniforme e a proteção contra pragas e doenças (Calvete & Tessaro, 2008; Senar, 2018)

Os telados, por sua vez, são mais acessíveis e frequentemente utilizados para plantas que demandam sombreamento parcial, como samambaias (*Nephrolepis exaltata*) e antúrios (*Anthurium andraeanum*). Essas estruturas reduzem a intensidade da luz solar direta e ajudam a controlar a temperatura, sendo uma solução eficiente em regiões de clima quente. Além disso, telados são úteis para o cultivo de mudas, permitindo que estas passem por uma aclimação gradual antes de serem transplantadas para o campo ou vendidas para o consumidor final (Senar, 2018; Almeida, 2023)

Já o cultivo em campo é recomendado para espécies mais robustas e que se adaptam bem às condições naturais, como helicônias (*Heliconia spp.*), crisântemos (*Chrysanthemum spp.*) e gladiolos (*Gladiolus spp.*). Essa modalidade de produção é amplamente empregada em regiões com condições climáticas favoráveis e solo fértil. No entanto, o cultivo a céu aberto requer atenção redobrada com o manejo de pragas, doenças e adversidades climáticas, como geadas e chuvas intensas (Calvete & Tessaro, 2008; Almeida, 2023).

Essa diversidade de ambientes permite que os produtores ajustem as condições de cultivo às necessidades específicas de cada espécie, garantindo alta qualidade e competitividade no mercado de plantas ornamentais e flores.

2.2.5 Irrigação

A irrigação em plantas ornamentais e flores varia de acordo com as necessidades específicas de cada espécie, o método utilizado e as condições de cultivo, como o ambiente protegido ou a céu aberto. O entendimento dessas relações permite não apenas melhorar a

eficiência do uso da água, mas também garantir que as plantas alcancem seu máximo potencial de desenvolvimento e qualidade

Plantas de alto valor comercial, como rosas e crisântemos, frequentemente cultivadas em estufas, se beneficiam significativamente da irrigação por gotejamento. Esse sistema permite uma aplicação precisa da água na zona radicular, reduzindo o desperdício e minimizando a umidade nas folhas, o que ajuda a prevenir doenças fúngicas. A fertirrigação, combinada com o gotejamento, é amplamente usada para essas espécies, garantindo que os nutrientes sejam fornecidos de forma eficiente diretamente às raízes, promovendo flores de alta qualidade e uniformidade (Bellé, 2008; Senar, 2018).

Já as gérberas, que possuem sensibilidade à saturação hídrica no substrato, também respondem bem à irrigação por gotejamento, pois esse método permite um controle cuidadoso da quantidade de água aplicada. Em contrapartida, espécies como samambaias e outras folhagens ornamentais, que exigem alta umidade tanto no substrato quanto no ambiente, podem utilizar sistemas de aspersão, que simulam o efeito da chuva e mantêm as folhas úmidas, criando condições próximas às de seus habitats naturais. Esse método, no entanto, requer monitoramento cuidadoso para evitar o desperdício e a propagação de doenças (Mitesueda et al., 2011; Senar, 2018).

No caso de flores delicadas como as begônias e violetas, a irrigação por microaspersão é frequentemente preferida. Esse sistema aplica água de maneira uniforme sobre o substrato e as plantas, evitando danos às folhas e flores. Além disso, a irrigação manual com regadores ou mangueiras de baixa pressão ainda é utilizada em produções de menor escala ou para plantas em vasos, como orquídeas, onde o controle individual é necessário para evitar excesso de água. As orquídeas também podem se beneficiar do uso da aspersão, especialmente em ambientes controlados, pois esse sistema ajuda a manter a umidade do ar e simula condições naturais que favorecem o desenvolvimento saudável dessas plantas (Senar, 2018).

A escolha do sistema de irrigação também depende das condições ambientais e do sistema de cultivo. Em ambientes protegidos, como estufas, o controle da umidade e da temperatura é essencial. Por isso, a combinação de gotejamento e fertirrigação, com monitoramento eletrônico, é ideal para garantir o equilíbrio hídrico. Em cultivos a céu aberto, as características do solo, clima e espécie definem a técnica mais apropriada. Por exemplo, para plantas tropicais, como helicônias, que exigem grandes volumes de água, sistemas de irrigação por sulcos ou aspersão podem ser utilizados em larga escala (Bellé, 2008; Mitesueda et al., 2011).

Portanto, compreender as demandas hídricas de cada espécie e utilizar o sistema de irrigação adequado é fundamental para o sucesso da produção de plantas ornamentais e flores, otimizando recursos e promovendo a sustentabilidade do cultivo.

2.2.6 Adubação E Fertilização

A adubação, fertilização e fertirrigação são práticas fundamentais para o cultivo de plantas ornamentais e flores, impactando diretamente a qualidade estética e a produtividade. Em cultivos de flores de corte como rosas, gérbas e crisântemos, a fertilização adequada assegura hastes robustas e flores uniformes, características indispensáveis para atender às exigências do mercado (Almeida, Frazão & Santos, 2009; Alvarez, 2014).

Para flores em vasos, como violetas e begônias, a adubação inicial do substrato é geralmente complementada com fertilizantes de liberação lenta. Esses fertilizantes garantem um suprimento contínuo de nutrientes como nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), essenciais para a formação de flores vibrantes e folhas saudáveis. Em espécies tropicais como helicônias e bromélias, a alta demanda por nutrientes requer um manejo intensivo de adubação com foco em macro e micronutrientes específicos (Senar, 2018; Segovia et al., 2020).

A fertirrigação, amplamente empregada em cultivos protegidos como estufas, é particularmente eficaz em espécies sensíveis à salinidade do solo, como orquídeas e antúrios. A utilização de adubos solúveis, como nitrato de cálcio e sulfato de potássio, permite o fornecimento direto e controlado de nutrientes. Além disso, o monitoramento da condutividade elétrica é essencial para evitar a toxicidade por sais e garantir o equilíbrio nutricional do substrato (Almeida, Frazão & Santos, 2009; Alvarez, 2014).

No cultivo de folhagens ornamentais, como samambaias e dracenas, a adubação deve ser equilibrada para promover o desenvolvimento vegetativo e evitar excessos que possam comprometer a estética. Micronutrientes como ferro (Fe) e zinco (Zn) desempenham papel crucial na manutenção da coloração verde intensa das folhas (Senar, 2018; Segovia et al., 2020).

Práticas como a análise periódica do solo ou substrato e a calibração das doses de fertilizantes são indispensáveis para evitar deficiências ou excessos, que podem impactar negativamente a qualidade e o ciclo de vida das plantas ornamentais. A combinação de tecnologias modernas, como fertirrigação e substratos otimizados, assegura a eficiência no manejo nutricional e a sustentabilidade dos cultivos (Almeida, Frazão & Santos, 2009; Senar, 2018).

2.2.7 Pragas

As plantas ornamentais e flores estão constantemente expostas a ataques de pragas, o que pode afetar sua saúde, desenvolvimento e qualidade estética, fatores essenciais para sua comercialização e valorização no mercado. Dentre as pragas mais comuns, destacam-se os ácaros, cochonilhas, pulgões e lagartas, que atuam de diferentes formas, causando danos severos às plantas. Os ácaros, por exemplo, se alimentam do conteúdo celular das folhas, provocando descoloração, manchas prateadas e, em casos graves, queda das folhas. Cochonilhas, por sua vez, sugam a seiva das plantas, resultando em desfolhamento, crescimento reduzido e predisposição a doenças secundárias devido à excreção de substâncias açucaradas que favorecem o desenvolvimento de fungos como a fumagina (Redaelli & Heineck, 2008; Alvarenga, Silveira & Buainain, 2023).

Os pulgões são pragas extremamente comuns em flores e plantas ornamentais, especialmente em espécies jovens. Esses insetos sugam a seiva de brotos e folhas novas, causando deformações e retardando o desenvolvimento das plantas. Além disso, os pulgões podem transmitir doenças virais que são difíceis de controlar. Já as lagartas, especialmente em plantas cultivadas a céu aberto, podem consumir grandes áreas de folhas e pétalas, comprometendo diretamente a aparência e a capacidade fotossintética das plantas. Espécies como as helicônias e gérberras são particularmente suscetíveis aos danos causados por lagartas, exigindo monitoramento constante e ações corretivas rápidas (Silva, 2009; Senar, 2017).

O manejo integrado de pragas (MIP) é a abordagem mais eficaz para minimizar os danos causados por esses organismos. Essa estratégia combina métodos culturais, biológicos e químicos de forma sustentável. O monitoramento regular das plantas é essencial para a identificação precoce das pragas e para evitar infestações severas. A utilização de agentes de controle biológico, como joaninhas para controle de pulgões e ácaros predadores para ácaros, tem se mostrado uma alternativa eficiente e ecológica. Além disso, a aplicação criteriosa de defensivos agrícolas, quando necessária, deve priorizar produtos seletivos para minimizar os impactos sobre os organismos benéficos e o ambiente (Tamai, Lopes & Alves, 2000; Silva, 2009).

Outra medida importante é o manejo adequado do ambiente de cultivo, que pode reduzir a incidência de pragas. Em estufas, por exemplo, o controle da umidade, ventilação e temperatura pode dificultar o desenvolvimento de algumas espécies de pragas. Em cultivos a céu aberto, práticas como rotação de culturas, eliminação de restos culturais e uso de barreiras

físicas ajudam a reduzir o risco de infestação. A escolha de variedades mais resistentes também é uma estratégia recomendada, pois algumas plantas ornamentais têm maior tolerância a pragas específicas (Tamai, Lopes & Alves, 2000; Redaelli & Heineck, 2008; Alvarenga, Silveira & Buainain, 2023).

Por fim, é importante destacar que a capacitação de produtores e trabalhadores é essencial para o sucesso no manejo de pragas. A identificação precisa das espécies de pragas, o conhecimento sobre seus ciclos de vida e os métodos de controle adequados garantem um manejo mais eficaz, sustentável e alinhado às boas práticas agrícolas. A adoção de tecnologias modernas, como armadilhas com feromônios e o uso de aplicativos para monitoramento de pragas, pode otimizar o controle e reduzir perdas econômicas significativas em plantações de flores e plantas ornamentais (Redaelli & Heineck, 2008; Senar, 2017).

2.2.8 Doenças

As doenças em plantas ornamentais representam um dos principais desafios para a manutenção da qualidade e da estética dessas plantas, essenciais para sua comercialização. Entre as doenças mais comuns, destacam-se as causadas por fungos, bactérias e vírus. Os fungos são os agentes patogênicos mais frequentes, sendo responsáveis por doenças como oídio, ferrugem e podridão, que causam manchas, desfolha e apodrecimento dos tecidos. Em flores como crisântemos e rosas, oídio é uma preocupação recorrente, caracterizado por um revestimento branco-pulverulento sobre as folhas, que compromete sua aparência e desenvolvimento (Silva, 2008; Benchimol, 2016)

As bactérias também afetam diversas espécies ornamentais, provocando murcha bacteriana e manchas foliares. Espécies como orquídeas e antúrios são suscetíveis a essas doenças, que podem levar à necrose e à morte da planta se não forem controladas. Os vírus, por sua vez, causam sintomas como mosaicos, clorose e deformações foliares. Essas infecções virais são frequentemente transmitidas por insetos vetores, como pulgões e trips, exigindo uma abordagem integrada de manejo para reduzir sua disseminação (Benchimol, 2016; Pereira, Junior & Bonaldo, 2022)

O controle das doenças em plantas ornamentais requer práticas preventivas e corretivas. A prevenção inclui a utilização de mudas certificadas, o manejo adequado do ambiente de cultivo e a rotação de culturas, quando possível. A higienização dos instrumentos de poda e a remoção de plantas infectadas também são fundamentais para evitar a disseminação de patógenos. Para o controle curativo, fungicidas e bactericidas são frequentemente utilizados, sendo importante seguir rigorosamente as recomendações de

dosagem e intervalo de aplicação para minimizar impactos ambientais e evitar a resistência dos patógenos (Senar, 2017; Pereira, Junior & Bonaldo, 2022).

Além disso, o controle biológico tem ganhado destaque como uma alternativa sustentável. O uso de agentes biocontroladores, como *Trichoderma* spp., pode ajudar no manejo de doenças fúngicas, enquanto o emprego de bioestimulantes e indutores de resistência fortalece as defesas naturais das plantas. A integração de tecnologias modernas, como o monitoramento digital e a análise laboratorial de amostras, tem contribuído para diagnósticos mais precisos e estratégias de controle mais eficazes (Benchimol, 2016; Senar, 2017)

Por fim, a capacitação de produtores e técnicos é essencial para o sucesso no manejo de doenças em plantas ornamentais. A adoção de práticas de manejo integrado de doenças, que combinam métodos culturais, biológicos e químicos, é fundamental para garantir a sustentabilidade da produção e preservar a qualidade das plantas ornamentais.

3. OBJETIVO

3.1 OBJETIVO GERAL

Analisar as características físico-químicas da palhada de cana-de-açúcar, bem como avaliar a viabilidade técnica de sua aplicação como substrato no cultivo de plantas ornamentais, como as orquídeas e begônias.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar ensaios de cultivo com orquídeas e begônias utilizando como substrato diferentes proporções de palhada adicionadas ao substrato comercial
- Avaliar se o uso desse substrato alternativo poderia reduzir a necessidade de adubação mineral para 75% da dose recomendada, gerando economia também no uso de fertilizantes minerais
- Quantificar o índice de decomposição do substrato à base de palhada de cana-de-açúcar.
- Calcular índice de retenção de água total e o índice de perda de água em relação ao tempo em condições de cultivo em casa de vegetação.
- Realizar análise química da palhada de cana de açúcar e comparar aos principais substratos comerciais, casca de pinus e chips de coco.
- Avaliar a relação entre a condutância estomática (GSW), a eficiência do fotossistema II (PhisPs2) e a variação da temperatura foliar na regulação da fotossíntese e troca gasosa.

4. MATERIAL E MÉTODOS

A palhada de cana-de-açúcar foi retirada de quadras de plantio de cana de açúcar alocadas dentro da UFSCar campus Araras. A palhada foi cortada com auxílio de uma tesoura em partículas com média de 1 cm de comprimento, e foi feita a mistura homogênea dos substratos Carolina Soil® e Agrolink®, para garantir maior aeração e drenagem de água, foram usadas duas espécies vegetais *Begonia Maculata* e orquídeas do gênero *Phalaenopsis*.

4.1 EXPERIMENTO DE CULTIVO DE ORQUÍDEAS

As mudas utilizadas foram de uma progênie de *Phalaenopsis* com aproximadamente 10-15 cm de diâmetro e foram plantadas em vasos de 650 mL de volume, em condições de estufa agrícola com plástico difusor de luz e na face superior tela termoreflectora (Aluminet® de 60%).

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, em fatorial 2x5, sendo dois tipos de adubação e cinco diferentes proporções a base de volume do substrato comercial e palhada de cana de açúcar. As plantas foram dispostas aleatoriamente em cinco tratamentos contendo 6 repetições cada, sendo que cada repetição foi constituída de uma planta, distribuídas nos seguintes tratamentos: C0 – Substrato comercial Agrolink® (chips de coco + casca de pinus, com diâmetro de 1cm aproximadamente), C25 – 75% de Substrato comercial + 25% de palhada de cana-de-açúcar, C50 – 50% de Substrato comercial + 50% de palhada de cana-de-açúcar, C75 – 25% de Substrato comercial + 75% de palhada de cana-de-açúcar, C100 – Palhada de cana-de-açúcar.

Além disso, em metade dos vasos foram aplicados 100% da recomendação de adubação Basacote® Plus 6M, 16-8-12(+2), (Compo Expert), baseada nas recomendações descritas no Cultivation Guide da empresa Anthura (2018), que foram calculados a dose de aplicação de acordo com condutividade elétrica recomendada, e outra metade com 75% dessa recomendação. adubação, na qual foi utilizado fertilizante de liberação controlada.

No experimento, de modo a avaliar o desenvolvimento e crescimento das plantas, foram realizadas avaliações da parte vegetativa, a fim de quantificar o diâmetro da planta, número de folhas, diâmetro e comprimento da maior folha, teor de clorofila das folhas, taxa de transporte de elétrons, eficiência do fotossistema II e variação de temperatura da folha com relação ao ambiente ($\Delta T^{\circ}C$). Da parte reprodutiva da planta foram avaliados a frequência de floração, comprimento da haste, diâmetro da haste, número de botões florais, diâmetro equatorial e polar da flor, comprimento e diâmetro das pétalas e sépalas direita e esquerda,

comprimento e diâmetro da sépala dorsal, comprimento do labelo, abertura vertical do labelo e abertura horizontal do labelo.

Por serem plantas com folhas posicionadas de forma opostas, o diâmetro das plantas (cm), foram obtidos pelo maior diâmetro, sendo mensurado da ponta de uma folha à ponta da folha oposta. Para a contabilização do número de folhas, foram quantificadas todas as folhas maiores que 1 cm. Os teores de clorofilas foram obtidos utilizando o equipamento Clorofilômetro (Falker, Brasil), medindo clorofila a, b e a+b, na qual as medições foram realizadas em três pontos de uma única folha correspondente à primeira folha a partir do primórdio foliar, visto que o início do desenvolvimento da nova folha somente ocorre após o completo desenvolvimento da folha anterior, sendo essa a mais nova e desenvolvida. A parte reprodutiva foi feita no durante um mês. As análises do ETR, PhisPs2, variação de temperatura da folha com relação ao ambiente, foram realizadas com o fluorômetro-porômetro LI-PF600 (Li-cor, USA). Essas análises foram realizadas no horário das 11:00 as 12:00 horas, sendo avaliadas todas as plantas, realizando-se três medições da última folha desenvolvida.

4.2 EXPERIMENTO DE CULTIVO DE BEGÔNIAS

As plantas utilizadas para o experimento foram baseadas em clones da planta *Begonia maculata* provenientes de estaquia. Essas foram plantadas em vasos de 650 mL de volume, em condições de casa de vegetação coberta na face superior com plástico agrícola difusor e tela de sombreamento cor alumínio de 60% e nas laterais protegidas com tela sombrite preta de 50% de quebra de luz.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, em fatorial 2 x 5, sendo dois tipos de adubação e cinco diferentes proporções do substrato comercial e palhada de cana de açúcar. As plantas foram organizadas aleatoriamente em cinco tratamento contendo 6 repetições cada, sendo que cada repetição foi constituída de uma planta, distribuídas nos seguintes tratamentos: C0 – Substrato comercial Carolina Soil®, C25 – 75% de Substrato comercial + 25% de palhada de cana-de-açúcar, C50 – 50% de Substrato comercial + 50% de palhada de cana-de-açúcar, C75 – 25% de Substrato comercial + 75% de palhada de cana-de-açúcar, C100 – Palhada de cana-de-açúcar.

Além disso, em metade dos vasos foram aplicados 100% da recomendação de adubação, na qual foi utilizado fertilizante de liberação controlada da Basacote®, baseada nas recomendações descritas no Cultivation Guide da empresa Anthura (2018), que foi calculado

a dose de aplicação de acordo com condutividade elétrica recomendada, e outra metade com 75% dessa recomendação.

Neste experimento, foram avaliados o desenvolvimento e crescimento das plantas, foram realizadas avaliações, a fim de quantificar, altura da planta, número de folhas, diâmetro e comprimento da maior folha, teor de clorofila das folhas, massa seca e massa fresca da parte aérea, condutância estomática (GSW), PhisPs2 e variação da temperatura da folha com relação a temperatura do ambiente.

Com relação à altura da planta (cm), esta foi determinada a partir da superfície do substrato até o ponto mais alto da planta. Para a contabilização do número de folhas, foram quantificadas todas as folhas maiores que 1 cm. O teor de clorofila foram obtidos utilizando o equipamento Clorofilômetro (Falker, Brasil), medindo clorofila a, b e a+b, na qual as medições foram realizadas em três pontos de uma única folha correspondente ao terceiro par de folhas a partir do ápice. Para essas medições foram evitadas extremidades e a nervura central das folhas. Para as medições da massa fresca e seca da parte aérea, foi cortada a parte aérea bem rente ao substrato com auxílio de uma tesoura, medido sua massa fresca logo em seguida, e após colocada em estufa para secagem a 65°C por 24 horas e depois pesado sua massa seca. As análises do GSW, PhisPs2, variação de temperatura da folha com relação ao ambiente ($\Delta T^{\circ}\text{C}$), foram realizadas com o fluorômetro-porômetro LI-PF600 (Li-cor, USA) com. Essas análises foram realizadas no horário das 11:00 as 12:00 horas, sendo avaliadas todas as plantas, realizando três medições da última folha desenvolvida.

Ainda ao final do experimento foram realizadas análises da condutividade elétrica e pH dos vasos. Foram escolhidos 3 vasos de cada tratamento do experimento de forma aleatória, na qual os substratos ficaram imersos 24h em água destilada com o mesmo volume de substrato, 650 ml de água destilada. Após 24 horas depois de terem ocorrido as trocas da solução do substrato com a água destilada, foram medidos a condutividade elétrica (CE) e o pH da solução.

4.2.1 Análise Foliar Begônias

No cultivo de begônias, ao final do experimento foi feita análise nutricional foliar, para melhor entender a dinâmica nutricional nos diferentes substratos de cultivo. Foram feitas amostras compostas de cada tratamento, totalizando 10 amostras (5 tratamentos de substratos x 2 fatoriais de adubação). Para a coleta das folhas, foram escolhidas a terceira folha desenvolvida a partir do ápice da planta. Foi feita a secagem das amostras em estufa a 65°C, e foram enviadas para o Laboratório de Tecidos Vegetais do IAC Campinas. Foram analisados

os seguintes parâmetros: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, sódio, boro, ferro, manganês, cobre e zinco (Bataglia, et al., 1983).

4.3 ANÁLISES DO SUBSTRATO E DA PALHADA

4.3.1 Análises De Decomposição Dos Substratos

A análise da decomposição dos substratos foi com relação ao tempo, em condições do cultivo comercial. A análise foi conduzida da mesma maneira que o cultivo de orquídeas e begônias, entretanto sem as plantas, mantendo todas variáveis iguais, mesmo ambiente, vasos de cultivo, irrigação, nutrição mineral e substratos, estes vasos foram dispostos juntos com os vasos dos experimentos.

Os vasos foram distribuídos aleatoriamente contendo 9 vasos para cada substrato avaliado dentro do respectivo experimento, sendo Carolina Soil® (substrato para begônias), e outro Agrolink® (substrato para orquídeas), distribuídas da seguinte forma: um com substrato comercial e outro com palhada de cana-de-açúcar.

Para avaliação do quanto foi decomposto, primeiramente foram submetido os substratos em estufa a 105°C, e assim foi medido sua massa seca inicial, após isso foram feitas esse mesmo procedimento a cada 60 dias para o substrato do cultivo de begônias, e a cada 110 dias para o substrato do cultivo de orquídeas. Para cada avaliação foram utilizados três repetições de cada substrato e momento avaliado, na qual estas foram descartadas após a aferição da sua massa, isto pois a secagem em estufa pode mudar sua dinâmica de decomposição. Com os resultados das suas massas foram obtidos o índice de decomposição dos substratos com relação ao tempo.

4.3.2 Análises Químicas Dos Substratos

Foram realizadas análises químicas dos substratos provenientes da palhada de cana-de-açúcar, e dos substratos comerciais (Agrolink® e Carolina Soil®) foi realizada segundo o método holandês de extração dos Sonneveld, Van den Ende, e Van Dijk (1974), a qual foi realizada no Laboratório de Análise de Substrato do IAC de Campinas. Foram realizadas as seguintes análises: teores totais de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S), teores totais micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn, Zn), C orgânico (C/N) e pH (H₂O). Também foram realizadas as seguintes análises: teores solúveis (relação extração 1:1,5): pH, CE, N-NH₄⁺, N-NO₃⁻, P, K, Ca, Mg, S, Al, Na, Cl, HCO, B, Fe, Mn, Cu e Zn.

4.3.3 Capacidade De Retenção De Água (Massa/Massa)

Foram quantificadas a capacidade de retenção de água, para os substratos Agrolink, Carolina Soil e palhada de cana-de-açúcar. Foram utilizados 3 amostras para cada substrato, na qual foram alocadas em vasos de 250 mL, e foi feita a saturação com água imergindo em um pote de 1L, após a saturação, esperou-se a constatação da interrupção de drenagem de água livre, foram então medidas as massas dos substratos saturados com água. Logo após esses foram levados a uma estufa, com temperatura de aproximadamente 105°C, até a secagem total. Após 24 horas, realiza-se a pesagem do substrato seco. E assim quantificou-se a capacidade de retenção de água, através da relação de massa de água (massa de substrato saturado - massa seca do substrato), por massa de substrato seco conforme a equação (1) (Tatagiba, et al., 2015).

MSS - Massa de substrato saturado

Ms - Massa do substrato seco

CRA - Capacidade de retenção de água (massa/massa)

$$CRA = \frac{(MSS - Ms)}{Ms} * 100 \quad (1)$$

4.3.4 Índice de perda de água com relação ao tempo do substrato de orquídeas (massa/massa)

Nesse experimento foram feitos 5 tratamento com 3 repetições: C0– Substrato comercial Agrolink® (chips de coco + casca de pinus), C25– 75% de Substrato comercial + 25% de palhada de cana-de-açúcar, C50 – 50% de Substrato comercial + 50% de palhada de cana-de-açúcar, C75 – 25% de Substrato comercial + 75% de palhada de cana-de-açúcar, C100 – Palhada de cana-de-açúcar.

Para o índice de retenção de água em relação ao tempo em casa de vegetação, foi feita a saturação dos substratos, depois foi realizada a pesagem do substrato na sua capacidade de campo, e foi levado para casa de vegetação onde ocorreu processo de secagem dos substratos, ocorreu na casa de vegetação, a fim de proporcionar as mesmas condições do cultivo comercial.

As avaliações das suas massas foram feitas diariamente durante 9 dias consecutivos, e assim foi obtido o índice de perda de água, onde o primeiro dia corresponde a 100%, e os próximos dias é calculado com relação ao primeiro dia (equação 2). Essas informações auxiliaram na determinação dos momentos de necessidade de nova irrigação, e comparação entre os substratos. O processo foi repetido por 5 vezes ao longo do ano de experimentação,

nos meses de outubro, dezembro, fevereiro, abril e junho para avaliar as variações e a influência da temperatura e umidade da estação nesse processo de secagem do substrato.

IPA - Índice de perda água

MDx - Massa do dia x

MD1 - Massa do dia primeiro

$$IPA = \frac{MDx}{MD1} * 100 \quad (2)$$

4.4 FORMAS DE ANÁLISE DOS RESULTADOS

O delineamento experimental utilizado foi fatorial inteiramente casualizado, os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância com 5% de significância (ANOVA), e os tratamentos comparados pelo teste de comparação de médias foram submetidos ao teste Tukey a 5% de probabilidade e os dados analisados pelo software RStudio.

5. RESULTADOS

5.1 RESULTADOS DO EXPERIMENTO DE CULTIVO DAS ORQUÍDEAS *PHALAENOPSIS*

Os resultados obtidos com o uso da mistura do substrato de palhada de cana de açúcar (C0 à C100) foram satisfatórios para o cultivo de orquídeas *Phalaenopsis*, demonstrando o potencial desse resíduo da colheita mecanizada da cana de açúcar, um produto ecologicamente interessante e que poderia substituir ao menos parcialmente produtos vindos da indústria do pinus e do coco, atualmente produzidos em áreas com alta suscetibilidade ambiental e distante dos centros de uso dessa matéria prima como substrato. Exemplo disso foi o desenvolvimento vegetativo das folhas e parte aérea das plantas de orquídeas nos tratamentos com acréscimo da porcentagem de palhada de cana de açúcar, no qual os valores de diâmetro de planta e comprimento e diâmetro das folhas não tiveram diferenças significativas em relação ao tratamento controle (C0), mesmo quando o substrato comercial foi substituído totalmente por aquele de palhada de cana de açúcar (C100) (Tabela 1).

Outro ponto de destaque das avaliações vegetativas foi que a utilização de uma adubação parcial, equivalente a 75% da dose do fertilizante Basacote® recomendada pelo fabricante, foi suficiente para atender a demanda do desenvolvimento das orquídeas *Phalaenopsis*, em todos os substratos, demonstrando que é possível reduzir a dose de fertilizantes aplicados nos substratos (Tabela 1). Isso resulta em economia e uso mais eficiente dos fertilizantes e nos leva a concluir que o uso do substrato a base de palhada de

cana-de-açúcar não resulta em diminuição da eficiência do uso desse fertilizante, viabilizando tecnicamente o seu uso sem comprometer a produtividade da cultura ou a capacidade de retenção dos nutrientes diluídos e absorvidos pela cultura da solução do substrato.

Tabela 1: Média dos parâmetros vegetativos das plantas de orquídeas, interação entre substratos e adubação não significativa.

Tratamentos	Substratos					Adubação		CV (%)
	C0	C25	C50	C75	C100	100%	75%	
D da planta (cm)	27,1a	25,3a	25,1a	25,6a	25,8a	25,7a	25,9a	18,32
C da folha (cm)	14,0a	13,5a	13,1a	13,1a	13,5a	13,3a	13,6a	19,13
D da folha (cm)	7,0a	6,4a	6,9a	6,3a	6,8a	6,9a	6,4a	16,12
Clorofila A	38,9a	39,2a	40,1a	41,4a	40,1a	41,3a	38,5b	5,82
Clorofila B	17,7a	19,0a	22,8a	22,9a	23,4a	24,2a	18,1b	27,44
Clorofila A+B	56,6a	58,2a	62,9a	58,2a	63,5a	65,5a	56,7b	12,67
ETR (umol m ⁻² s ⁻¹)	8,0Ma	7,7Ma	8,8Ma	8,8Ma	6,1Mb	7,0Mb	8,8Ma	15,04
PhiPs2	0,73a	0,74a	0,75a	0,73a	0,73a	0,74a	0,73a	4,69

Teste de Tukey, médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, a 5% de significância. C0 – Substrato comercial Agrolink®, C25 – 75% de Substrato comercial + 25% de palhada de cana-de-açúcar, C50 – 50% de Substrato comercial + 50% de palhada de cana-de-açúcar, C75 – 25% de Substrato comercial + 75% de palhada de cana-de-açúcar, C100 – Palhada de cana-de-açúcar, D - diâmetro, C - comprimento, ETR - taxa de transporte de elétrons, PhiPs2 - Eficiência do Fotossistema 2, M - milhão.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Figura 1: Planta de orquídea



fonte: elaborado pelo autor (2025).

Ainda sobre o uso do Basacote na dose parcial, a única variável que resultou em diferenças estatísticas foram os teores de clorofila A, B e A+B, no qual o uso da adubação parcial resultou em valores menores que aqueles da adubação total (Tabela 1). No entanto, apesar dessa redução nos teores de clorofila, as análises com o equipamento fluorômetro demonstraram que a atividade fotossintética da clorofila em relação a Eficiência do Fotossistema 2 (PhiPS2) não foi alterada, e que houve um aumento na taxa de transporte de elétrons pelas clorofilas, de 7 para 8,8 M $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Esses resultados demonstram que apesar de uma menor quantidade de clorofilas produzidas, houve compensação pela maior atividade de transporte de elétrons, resultando inclusive em incremento dessa taxa, o que não influenciou no desenvolvimento das folhas. A parte aérea desta orquídea é em sua maior parte constituída das folhas, sendo o pseudobulbo de origem caulinar reduzido nessa planta em detrimento do desenvolvimento foliar (Figura 1).

Tabela 2: Significância estatística (p-valor) dos parâmetros vegetativos e fisiológicos de orquídeas em diferentes substratos e adubações

	p-valor			
	Interação substrato adubação	Substrato	Adubação	CV (%)
D da planta (cm)	0.74690	0.86402	0.88750	18,32
C da folha (cm)	0.79828	0.93674	0.67888	19,13
D da folha (cm)	0.73515	0.36351	0.12528	16,12
Clorofila A	0.53519	0.09348	0.00003	5,82
Clorofila B	0.88209	0.06040	0.00018	27,44
Clorofila A+B	0.81062	0.06311	0.00005	12,67
ETR ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	0.65348	0.00000	0.00000	15,04
PhiPs2	0.30398	0.55727	0.27762	4,69

D - diâmetro, C - comprimento, ETR - taxa de transporte de elétrons, PhiPs2 - Eficiência do Fotossistema 2.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Outro ponto importante e que fortalece essa hipótese é referente ao número de folhas por planta que quase sempre foi igual comparando-se o uso da adubação parcial em comparação ao total (Tabela 3). Outro ponto observado foi que o uso da adubação parcial resultou numa maior diferença de temperatura das folhas em relação à adubação total. A diferença de temperatura se baseou na diferença entre a temperatura da folha e do ambiente, demonstrando que a adubação parcial possibilitou às plantas uma maior capacidade de resfriamento das folhas, demonstrado pelos dados com valores negativos em relação à temperatura ambiente. Ainda nessa variável, foi possível também observar o efeito do substrato, sendo que o uso da palhada de cana-de-açúcar resultou em plantas com maior capacidade de arrefecimento, com temperaturas foliares menores que aquelas obtidas no

substrato comercial (Tabela 3).

Tabela 3: Média dos parâmetros vegetativos das plantas de orquídeas, interação entre substratos e adubação significativa

Substratos						
	$\Delta T^{\circ}C$					CV
Tratamentos	C0	C25	C50	C75	C100	
Adubação 100%	-0,8Aa	-1,9Ab	-2,6Ac	-2,5Ac	-2,2Abc	-11,94%
Adubação 75%	-1,3Ba	-2,4Bb	-2,6Ab	-2,6Ab	-2,4Ab	
	Número de folhas					
Adubação 100%	4,8Ab	5,7Aab	5Ab	7Aa	4,8Ab	20,98%
Adubação 75%	5,8Aa	5,0Aa	4,8Aa	5,5Ba	5,8Aa	

Teste de Tukey nas linhas (letras minúsculas) e colunas (letras maiúsculas). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, a 5% de significância. $\Delta T^{\circ}C$ - variação de temperatura da folha com relação ao ambiente, C0 – Substrato comercial Agrolink®, C25 – 75% de Substrato comercial + 25% de palhada de cana-de-açúcar, C50– 50% de Substrato comercial + 50% de palhada de cana-de-açúcar, C75 – 25% de Substrato comercial + 75% de palhada de cana-de-açúcar, C100 – Palhada de cana-de-açúcar.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Os resultados apresentados na Tabela 5 indicam que o uso de diferentes substratos, bem como a variação na adubação, não impactaram significativamente os parâmetros reprodutivos das plantas de orquídeas *Phalaenopsis*, visto que a interação entre substratos e adubação não resultou em diferenças significativas em termos de comprimento e diâmetro das hastes, dimensões florais e do labelo, conforme resultados do Teste de Tukey a 5%. Esses dados corroboram a hipótese de que o substrato à base de palhada de cana de açúcar, mesmo em maiores proporções, mantém o desempenho reprodutivo das plantas de forma equiparável ao substrato comercial (C0), como observado nos parâmetros como o diâmetro equatorial e polar das flores, que apresentaram valores consistentes entre todos os tratamentos.

Tabela 4:Significância estatística (p-valor) dos parâmetros vegetativos e fisiológicos de orquídeas em diferentes substratos e adubações

p-valor				
	Interação substrato adubação	Substrato	Adubação	CV (%)
$\Delta T^{\circ}C$	0.044566	0.000000	0.000727	-11,94%
Número de folhas	0.04030	0.07961	0.82177	20,98%

$\Delta T^{\circ}C$ - variação de temperatura da folha com relação ao ambiente. Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

No entanto, vale destacar que o tratamento C100, que utilizou 100% de palhada de cana de açúcar, apresentou o menor diâmetro da pétala direita (3,39 cm) e a menor abertura horizontal do labelo (2,18 cm) entre todos os substratos testados (Tabela 5). Esses valores indicam uma possível limitação no desenvolvimento dessas características florais quando a palhada de cana é utilizada como substrato de maneira integral, o que pode impactar aspectos estéticos importantes para o valor comercial das orquídeas.

Tabela 5: Média dos parâmetros reprodutivos das plantas de orquídeas, interação entre substratos e adubação não significativa

Tratamentos	Substratos					Adubação		CV (%)
	C0	C25	C50	C75	C100	100%	75%	
C da haste (cm)	38,1a	34,8a	36,0a	36,5a	35,1a	35,4a	36,6a	29,13
D da haste (cm)	0,39a	0,37a	0,41a	0,48a	0,41a	0,41a	0,39a	16,16
D equatorial da flor	8,5a	7,5a	7,9a	8,8a	7,3a	8,1a	7,7a	12,32
D polar da flor	7,3a	6,1a	6,5a	6,9a	6,0a	6,6a	6,4a	13,52
C pétala esquerda	5,0a	4,5a	4,7a	5,3a	4,3a	4,8a	4,6a	15,14
D pétala esquerda	3,9a	3,4a	3,7a	4,0a	3,4a	3,7a	3,6a	12,49
C pétala direita	4,9a	4,4a	4,7a	5,3a	4,2a	4,8a	4,5a	16,42
D pétala direita	3,9ab	3,4ab	3,7ab	4,1a	3,3b	3,7a	3,6a	12,5
C sépala dorsal	4,0a	3,5a	3,7a	4,1a	3,4a	3,7a	3,6a	13,01
D sépala dorsal	2,7a	2,6a	2,6a	3,0a	2,4a	2,7a	2,5a	14,55
C sépala esquerda	4,1a	3,5a	3,8a	4,2a	3,5a	3,8a	3,7a	11,17
D sépala esquerda	2,5a	2,3a	2,4a	2,6a	2,1a	2,4a	2,3a	12,07
C sépala direita	4,0a	3,5a	3,8a	4,1a	3,5a	3,8a	3,7a	11,54
D sépala direita	2,5a	2,3a	2,4a	2,6a	2,2a	2,4a	2,3a	13,34
C labelo	2,6a	2,5a	2,5a	2,7a	2,5a	2,6a	2,5a	8,92
AV do labelo	2,5a	2,4a	2,5a	2,7a	2,3a	2,5a	2,4a	6,93
AH do labelo	2,7ab	2,6ab	2,6ab	3,0a	2,3b	2,6a	2,6a	12,31

Teste de Tukey, médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, a 5% de significância. C0 – Substrato comercial Agrolink®, C25 – 75% de Substrato comercial + 25% de palhada de cana-de-açúcar, C50 – 50% de Substrato comercial + 50% de palhada de cana-de-açúcar, C75 – 25% de Substrato comercial + 75% de palhada de cana-de-açúcar, C100 – Palhada de cana-de-açúcar, D - diâmetro, C - comprimento, AV - abertura vertical, AH - abertura horizontal. Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Outro ponto a ser destacado é o número de botões por planta, não houve variação significativa entre os diferentes tratamentos, incluindo aqueles com adubação parcial. Esse fato reforça a possibilidade de redução deste insumo, como fertilizantes, sem prejuízos à produção de botões florais, o que viabiliza o uso de técnicas mais sustentáveis e economicamente vantajosas. No entanto, o tratamento C100 apresentou o menor valor quando em adubação total, com uma média de 3,33 botões por planta, sugerindo que a combinação de 100% de palhada de cana com adubação parcial pode comprometer o número de botões (desenvolvimento reprodutivo).

A Figura 2 mostra a porcentagem de plantas de orquídeas que floresceram de floração das orquídeas, e aqui observamos uma ligeira superioridade nos tratamentos com proporção intermediária de palhada de cana de açúcar (C25.2, C50.1 e C50.2), onde a frequência de floração chegou a 83,33%, um aumento em relação ao tratamento controle (C0.1), que obteve uma taxa de 66,67%. Esse dado é relevante, pois evidencia que o substrato de palhada de cana de açúcar, além de ser ambientalmente sustentável, pode promover um efeito benéfico sobre a capacidade das plantas de florescer, especialmente nas formulações com 25% e 50% de

palhada.

Tabela 6: Significância estatística (p-valor) dos parâmetros reprodutivos das orquídeas em diferentes substratos e adubações.

	p-valor			CV (%)
	Interação substrato adubação	Substrato	Adubação	
C da haste (cm)	0.77543	0.97382	0.71371	29,13
D da haste (cm)	0.92532	0.15193	0.22529	16,16
D equatorial da flor	0.81453	0.05333	0.25505	12,32
D polar da flor	0.98696	0.03712	0.43679	13,52
C pétala esquerda	0.43095	0.16189	0.32306	15,14
D pétala esquerda	0.97342	0.46273	0.05396	12,49
C pétala direita	0.46808	0.21991	0.16711	16,42
D pétala direita	0.88796	0.03657	0.23653	12,5
C sépala dorsal	0.96801	0.05625	0.43882	13,01
D sépala dorsal	0.60547	0.16390	0.09466	14,55
C sépala esquerda	0.43095	0.16189	0.32306	11,17
D sépala esquerda	0.41510	0.05254	0.07408	12,07
C sépala direita	0.91847	0.02856	0.41082	11,54
D sépala direita	0.72157	0.31676	0.31480	13,34
C labelo	0.86639	0.84440	0.38712	8,92
AV do labelo	0.86645	0.06168	0.20177	6,93
AH do labelo	0.90357	0.02746	0.72138	12,31

D - diâmetro, C - comprimento, AV - abertura vertical, AH - abertura horizontal

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Tabela 7: Média dos parâmetros reprodutivos das plantas de orquídeas, interação entre substratos e adubação significativa.

Tratamentos	Substratos				
	Número de botões				
	C0	C25	C50	C75	C100
Adubação Total	3,5Aa	3,7Aa	2,8Aa	4,0Aa	5,7Aa
Adubação Parcial	5,3Aa	4,0Aa	4,4Aa	5,3Aa	3,3Ba

Teste de Tukey nas linhas (letras minúsculas) e colunas (letras maiúsculas). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, a 5% de significância. C0 – Substrato comercial Agrolink®, C25 – 75% de Substrato comercial + 25% de palhada de cana-de-açúcar, C50 – 50% de Substrato comercial + 50% de palhada de cana-de-açúcar, C75 – 25% de Substrato comercial + 75% de palhada de cana-de-açúcar, C100 – Palhada de cana-de-açúcar. Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Embora os parâmetros morfológicos não tenham mostrado diferenças estatísticas significativas, a maior frequência de floração associada ao uso de palhada sugere que esse resíduo agrícola pode ser utilizado como alternativa aos substratos comerciais, especialmente pelas suas vantagens em relação a outros substratos comerciais, como reduzir os impactos ambientais e os custos de produção. No entanto, o uso total do substrato de palhada (C100) requer cautela, já que os resultados indicam uma possível limitação no desenvolvimento de características florais importantes, como o diâmetro da pétala e a abertura do labelo, além do

menor número de botões florais, que podem influenciar o valor estético e comercial das orquídeas.

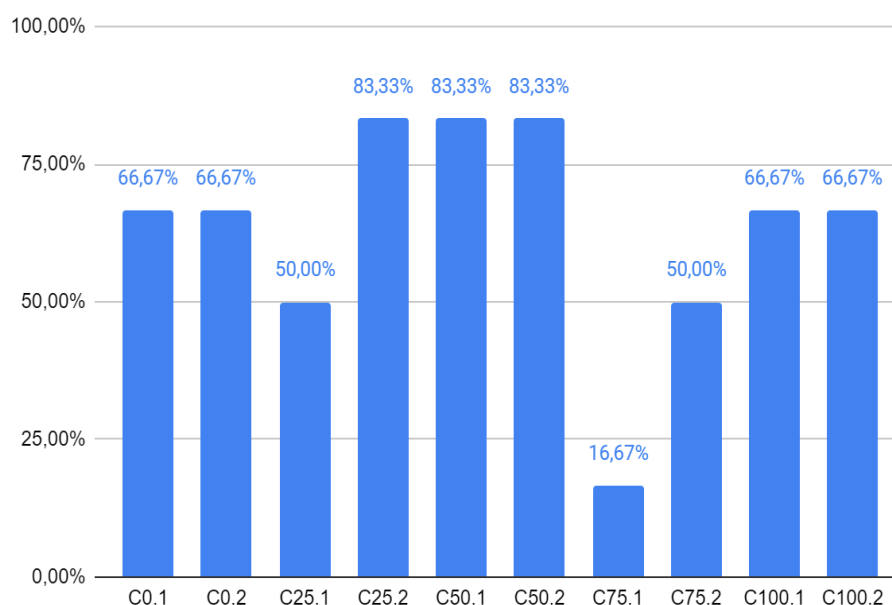
Tabela 8: Significância estatística (p-valor) dos parâmetros reprodutivos das orquídeas em diferentes substratos e adubações.

p-valor				
	Interação substrato/adubação	Substrato	Adubação	CV (%)
Nº de botões	0.04211	0.46997	0.36116	35,38%

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Esses resultados reforçam que o uso da palhada de cana de açúcar como substrato é uma alternativa sustentável para o cultivo de orquídeas, viabilizando a redução de insumos, mas ressalta-se a necessidade de ajustes na proporção do substrato para não comprometer o desenvolvimento de estruturas florais específicas.

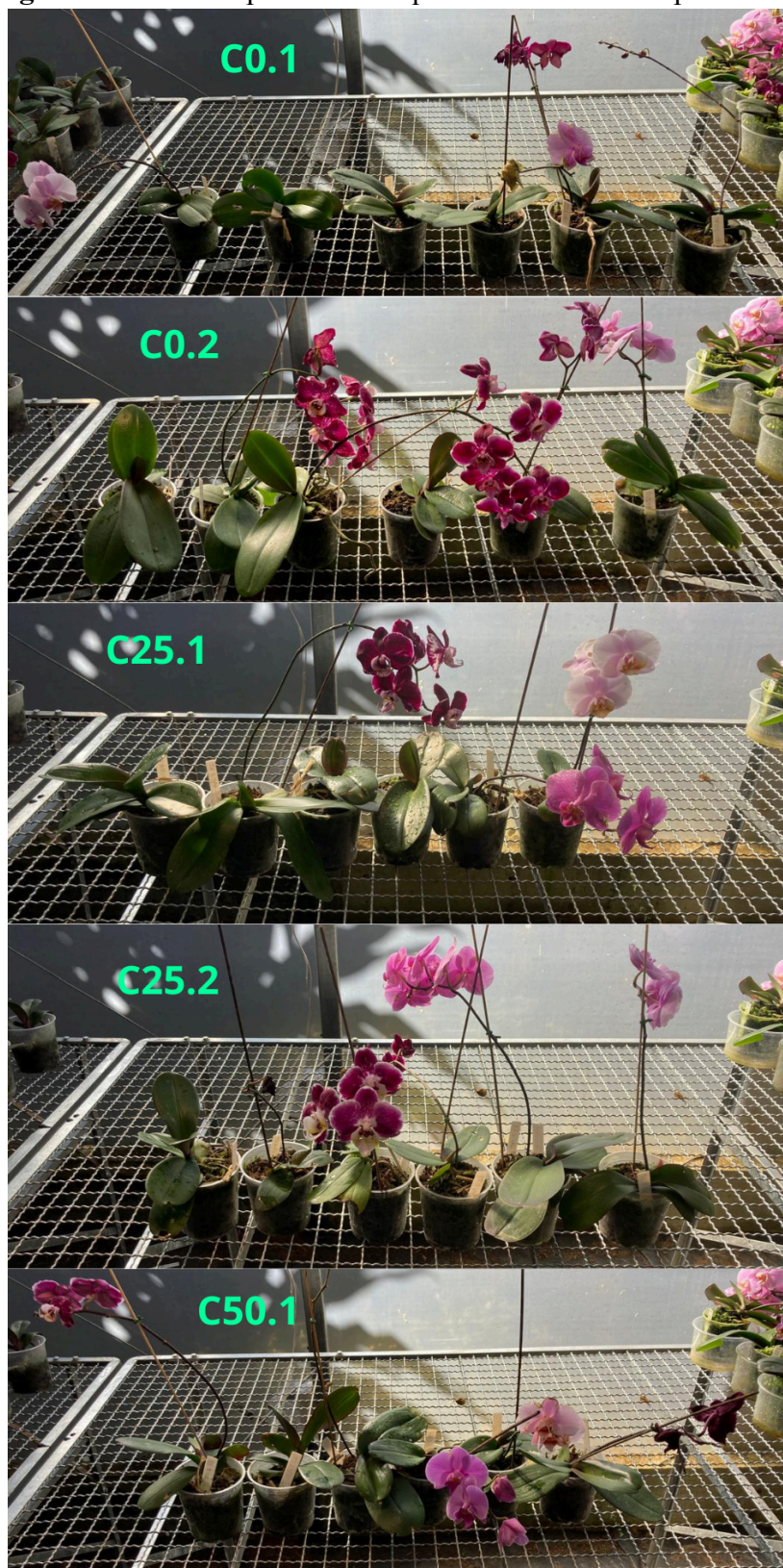
Figura 2: Porcentagem de plantas de orquídeas que floresceram cultivadas em substratos contendo diferentes proporções de palhada de cana-de-açúcar, sob regimes de fertilização total (100%) e parcial (75%)



C0 – Substrato comercial Agrolink®, C25 – 75% de Substrato comercial + 25% de palhada de cana-de-açúcar, C50 – 50% de Substrato comercial + 50% de palhada de cana-de-açúcar, C75 – 25% de Substrato comercial + 75% de palhada de cana-de-açúcar, C100 – Palhada de cana-de-açúcar. CX.1 - 100% de adubação, CX.2 - 75% de adubação. Fonte: elaborador pelo autor (2025).

5.1.1 Imagens Das Plantas Do Cultivo De Orquídeas Na Palhada

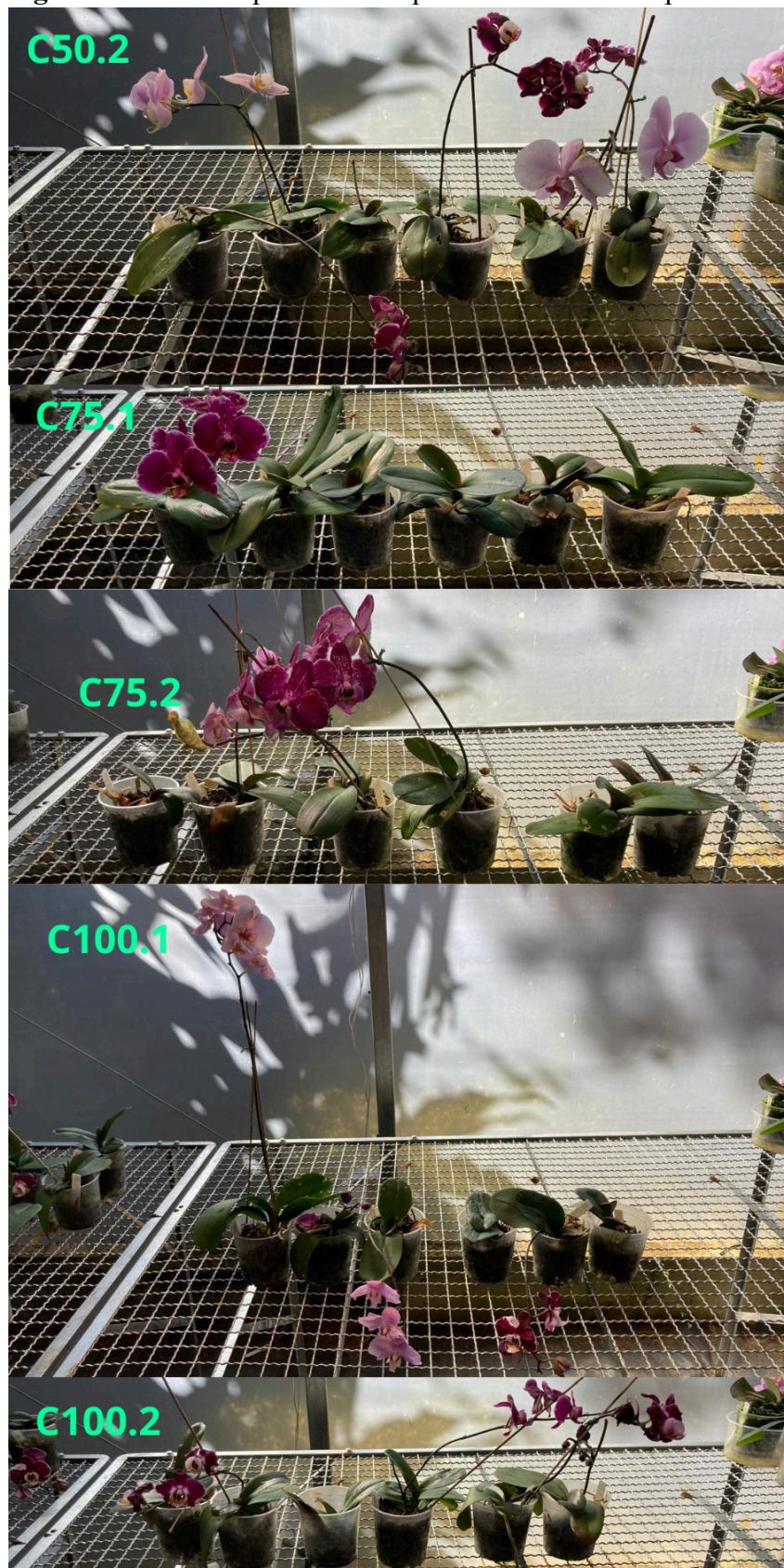
Figura 3: Fotos das plantas de orquídeas ao final do experimento.



C0.1 - 100% Agrolink/Adubação total, C0.2 - 100% Agrolink/Adubação parcial, C25.1 - 75% Agrolink + 25% palhada/Adubação total, C25.2 - 75% Agrolink + 25% palhada/Adubação parcial, C50.1 - 50% Agrolink + 50% palhada/Adubação total.

Fonte: elaborador pelo autor (2025).

Figura 4: Fotos das plantas de orquídeas ao final do experimento.



C50.2 - 50% Agrolink + 50% palhada/Adubação parcial, C75.1 - 25% Agrolink + 75% palhada/Adubação total, C75.2 - 25% Agrolink + 75% palhada/Adubação parcial, C100.1 - 100% palhada/Adubação total, C100.2 - 100% palhada/Adubação parcial.

Fonte: elaborador pelo autor (2025).

5.2 RESULTADOS DO EXPERIMENTO DE CULTIVO DE BEGÔNIAS

A Tabela 9 apresenta uma análise dos parâmetros vegetativos das plantas de begônias, levando em consideração substratos com diferentes proporções de palhada e doses de adubação. Assim como na Tabela 11, o Teste de Tukey a 5% foi aplicado para verificar a significância estatística das variações entre os tratamentos. Esses parâmetros incluem altura da planta, número de folhas, comprimento e diâmetro das folhas, clorofila A e A+B, $\Delta T^{\circ}C$ (variação de temperatura das folhas), GSW (condutância estomática), PhiPs2 (eficiência do fotossistema II), e a massa fresca e seca das plantas.

Tabela 9: Média dos parâmetros vegetativos das plantas de begônias, interação entre substratos e adubação não significativa.

Tratamentos	Substratos					Adubação		CV
	C0	C25	C50	C75	C100	Total	Parcial	
Altura da planta (cm)	37,1a	38,8a	40,1a	42,4a	36,7a	39,6a	38,8a	20,44%
Nº folhas	19,1a	19,3a	20,8a	16,8ab	12,7b	18,7a	16,7b	20,23%
C da folha (cm)	17,4a	16,9a	17,5a	17,3a	16,35a	17,33a	16,9a	6,04%
D da folha (cm)	6,3b	6,7ab	7,0a	6,9a	6,6ab	6,8a	6,6b	5,81%
Clorofila A	28,5ab	30,1a	25,2b	29,3a	31,2a	28,8a	28,9a	10,82%
Clorofila A+B	35,4ab	37,1a	31,1b	36,8a	39,2a	36,0a	35,8a	11,99%
$\Delta T^{\circ}C$	3,7a	2,0b	1,2bc	0,5c	0,6c	1,9a	1,3b	32,16%
GSW	0,042a	0,028ab	0,032ab	0,012bc	0,007c	0,027a	0,021a	47,51%
PhiPs2	0,61a	0,64a	0,61a	0,57a	0,57a	0,59a	0,61a	12,77%
Massa fresca (g)	65ab	67a	72a	62ab	44b	62a	62a	19,93%
Massa seca (g)	5,3a	5,7a	6,0a	4,9a	3,1b	5,1a	5,0a	19,35%

Teste de Tukey, médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, a 5% de significância. C0 – Substrato comercial Carolina Soil®, C25 – 75% de Substrato comercial + 25% de palhada de cana-de-açúcar, C50 – 50% de Substrato comercial + 50% de palhada de cana-de-açúcar, C75 – 25% de Substrato comercial + 75% de palhada de cana-de-açúcar, C100 – Palhada de cana-de-açúcar, $\Delta T^{\circ}C$ - variação de temperatura da folha com relação ao ambiente, GSW - condutância estomática, C - Comprimento, D - Diâmetro.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A altura média das plantas variou de 36,7 cm (C100) a 42,4 cm (C75), sendo que os diferentes tratamentos de substrato não apresentaram diferenças significativas (médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si). Isso indica que a composição do substrato, incluindo a palhada de cana de açúcar em várias proporções, não influenciou significativamente o crescimento vertical das plantas. Esse resultado pode sugerir que, independentemente da proporção de palhada utilizada, as plantas conseguem manter um crescimento vegetativo estável. Entretanto, ao analisar o número de folhas, nota-se que o tratamento C100, com 100% de palhada de cana, apresentou o menor número de folhas (12,7b), o que sugere que o uso integral da palhada pode limitar o desenvolvimento foliar. Já os tratamentos C25 a C75 apresentaram um maior número de folhas, se igualando ao substrato

comercial C0, sugerindo que uma proporção moderada de palhada pode favorecer o crescimento de folhas, possivelmente devido a uma melhor aeração e drenagem do substrato, promovendo um ambiente radicular mais saudável (Tabela 9).

Os valores para o comprimento e também não diferiram significativamente entre os tratamentos, com médias variando entre 16,35 cm a 17,5 cm para o comprimento. E o diâmetro das folhas variou de 6,3 cm a 7,0 cm, onde tratamento C25, C50 e C75 obteve os maiores valor de diâmetro foliar, sugerindo um crescimento mais robusto das folhas nesse substrato, o que pode estar relacionado à maior disponibilidade de nutrientes e melhor desenvolvimento radicular em proporções moderadas de palhada. Já o menor diâmetro foi registrado no tratamento C0 (substrato comercial), com 6,3b, o que pode indicar que a palhada de cana tem um efeito positivo na expansão foliar (Tabela 9).

Tabela 10:Significância estatística (p-valor) dos parâmetros vegetativos das begônias em diferentes substratos e adubações

	p-valor			CV (%)
	Interação substrato adubação	Substrato	Adubação	
Altura da planta (cm)	0.66265	0.36296	0.69566	20,44%
Nº folhas	0.80761	0.03269	0.00001	20,23%
C da folha (cm)	0.050688	0.059591	0.077742	6,04%
D da folha (cm)	0.220727	0.001327	0.028732	5,81%
Clorofila A	0.27695	0.96059	0.00032	10,82%
Clorofila A+B	0.17844	0.00055	0.80211	11,99%
$\Delta T^{\circ}C$	0.119725	0.000000	0.005022	32,16
GSW	0.36161	0.00021	0.15943	47,51%
PhiPs2	0.40865	0.45580	0.54514	12,77%
Massa fresca (g)	0.21454	0.00921	0.89560	19,93%
Massa seca (g)	0.09070	0.00045	0.77359	19,35%

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A quantidade de clorofila A e A+B é um indicador da eficiência fotossintética das plantas e demonstra de forma indireta a suficiência de Nitrogênio fornecida pela adubação. O tratamento C100, com 100% de palhada, apresentou o maior valor de clorofila A (31,2a) e clorofila A+B (39,2a), indicando que, apesar de o número de folhas ser menor nesse tratamento, as plantas ainda conseguem manter uma boa eficiência fotossintética, mas os tratamentos C0, C25 e C75, foram iguais estatisticamente. Em contrapartida, o tratamento C50 apresentou os menores valores para clorofila A (25,2b) e clorofila A+B (31,1b), o que pode indicar que, nessa proporção, o substrato não foi adequado para maximizar a eficiência fotossintética. Esse resultado sugere que proporções intermediárias de palhada podem não ser

as mais favoráveis para a síntese de clorofila, entretanto, apesar dessa redução nos teores de clorofila, as análises com o equipamento fluorômetro demonstraram que a atividade fotossintética da clorofila em relação a Eficiência do Eficiência do Fotossistema 2 (PhiPS2) não foi alterada.

Tabela 11: Média dos parâmetros vegetativos das plantas de begônias, interação entre substratos e adubação significativa

Substratos					
	Clorofila B				CV = 17,77%
Tratamentos	C0	C25	C50	C75	C100
Adubação Total	6,5Abc	7,5Aab	5,4Ac	8,2Aab	8,5Aa
Adubação Parcial	7,4Aa	6,5Aa	6,4Aa	6,8Aa	7,5Aa

Teste de Tukey nas linhas (letras minúsculas) e colunas (letras maiúsculas). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, a 5% de significância. C0 – Substrato comercial Carolina Soil®, C25 – 75% de Substrato comercial + 25% de palhada de cana-de-açúcar, C50– 50% de Substrato comercial + 50% de palhada de cana-de-açúcar, C75 – 25% de Substrato comercial + 75% de palhada de cana-de-açúcar, C100 – Palhada de cana-de-açúcar, CE - condutividade elétrica.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

O $\Delta T^{\circ}\text{C}$ mede a diferença de temperatura entre as folhas e o ambiente, o tratamento C0, com substrato comercial, apresentou o maior $\Delta T^{\circ}\text{C}$ (3,7a), indicando uma maior temperatura da folha com relação ao ambiente. Em contraste, os tratamentos C75 e C100 apresentaram os menores valores de $\Delta T^{\circ}\text{C}$ (0,5c e 0,6c, respectivamente), sugerindo que, nesses substratos, as plantas podem ter uma maior capacidade de arrefecimento da planta. Já a condutância estomática (GSW) também variou entre os tratamentos, sendo que o tratamento C0 apresentou o maior valor (0,042a), iguais estatisticamente a C25 (0,028ab) e C50 (0,032ab), indicando uma maior abertura estomática e, conseqüentemente, maior troca gasosa e transpiração. Os tratamentos C75 e C100, por outro lado, apresentaram os menores valores de GSW (0,012bc e 0,007c, respectivamente), sugerindo uma menor capacidade de transpiração nesses tratamentos (Tabela 9).

A massa fresca das plantas variou significativamente entre os tratamentos, sendo que C50 apresentou o maior valor (72a), seguido de C25 (67a) e C0 (65ab). O tratamento C100, por outro lado, apresentou a menor massa fresca (44b), o que pode estar relacionado ao menor número de folhas e à menor capacidade de transpiração, como indicado pelos baixos valores de GSW. Esses resultados sugerem que o uso de 100% de palhada de cana pode não ser a melhor opção para maximizar a biomassa das plantas. Os valores de massa seca seguem uma tendência semelhante, sendo os tratamentos C0 a C75 apresentando os maiores valores e C100 o menor (3,1b). Isso reforça a ideia de que proporções intermediárias de palhada de cana são mais adequadas para o desenvolvimento vegetativo das begônias, proporcionando

um melhor equilíbrio entre disponibilidade de nutrientes, aeração e capacidade de retenção de água (Tabela 9).

A análise dos parâmetros vegetativos das begônias na Tabela 9 indica que a proporção do substrato à base de palhada de cana de açúcar desempenha um papel crucial no desenvolvimento das plantas. Proporções intermediárias, parecem favorecer o crescimento foliar e o acúmulo de biomassa, enquanto o uso integral de palhada (C100) pode limitar esses aspectos, apesar de favorecer a síntese de clorofila.

Além disso, a adubação total mostrou-se essencial para maximizar os benefícios do substrato de palhada, especialmente em termos de produção de biomassa e eficiência fotossintética. Contudo, o substrato de palhada, em especial nas formulações com 25%, mostrou-se uma alternativa promissora aos substratos comerciais, destacando seu potencial para o cultivo de begônias de forma mais sustentável e econômica.

Tabela 12: Significância estatística (p-valor) dos parâmetros vegetativos das begônias em diferentes substratos e adubações

p-valor				
	Interação substrato/adubação	Substrato	Adubação	CV (%)
Clorofila B	0.04869	0.00231	0.32284	17,77%

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Com base nos dados apresentados na Tabela 11, é possível observar que a interação da clorofila B entre substratos e adubação foi significativa. Entretanto só aparecem diferenças quando olharmos para o fator substrato dentro do fator adubação total, e não há diferenças entre substratos na adubação parcial, nem na adubação quando olhamos dentro fator substrato. O Teste de Tukey a 5% revelou que os tratamentos com maior proporção de palhada de cana de açúcar, como C25, C75 e C100, apresentaram os maiores valores de clorofila B (7,5ab, 8,2ab e 8,5a, respectivamente), o que pode ser indicativo de uma maior eficiência fotossintética dessas plantas sob tais condições. Por outro lado, o tratamento C50, que utilizou 50% de palhada de cana, exibiu o menor valor de clorofila B (5,4c) em comparação com os outros tratamentos, sugerindo uma possível limitação deste substrato em promover o desenvolvimento adequado da planta (Tabela 11).

Tabela 13: Média dos parâmetros dos tratamentos de begônias
pH (interação substrato e adubação não significativa) / CV = 1,46%

Tratamentos	C0	C25	C50	C75	C100	Adubação Total	Adubação Parcial
Média	6,8b	7,2a	7,1a	7,1a	6,8b	7,0a	6,9a
CE (interação substrato e adubação significativa)							

Fatores	C0	C25	C50	C75	C100
CV = 24,83% Adubação Total	0,8Ba	0,7Aa	1,0Aa	0,8Aa	1,1Aa
Adubação Parcial	1,6Aa	0,7Ab	0,6Bb	0,7Ab	0,9Ab

Teste de Tukey nas linhas (letras minúsculas) e colunas (letras maiúsculas). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, a 5% de significância. C0 – Substrato comercial Carolina Soil®, C25 – 75% de Substrato comercial + 25% de palhada de cana-de-açúcar, C50– 50% de Substrato comercial + 50% de palhada de cana-de-açúcar, C75 – 25% de Substrato comercial + 75% de palhada de cana-de-açúcar, C100 – Palhada de cana-de-açúcar, CE - Condutividade elétrica.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A análise do pH e da condutividade elétrica (CE) dos substratos, conforme mostrado na tabela 13, demonstra que houve variação significativa no pH entre os diferentes substratos, com valores oscilando de 6,8 (C25, C50, C75) a 7,1 (C0 e C100), e regimes de adubação não apresentou diferenças. Já a CE apresentou diferenças mais acentuadas, vemos que dentro do fator substrato, o fator adubação se comportou de maneiras diferentes, para C25, C75 e C100 eles apresentaram mesmo valor estatisticamente em adubação total e parcial, para C0 a adubação parcial apresentou maior valor que o total, já para C50 apresentou maior valor para adubação total. Dentro da adubação total, todos os substratos apresentaram valores estatisticamente iguais a 5% de significância do teste de Tukey. Já na adubação parcial houve diferenças estatísticas, C0 apresentou um valor maior que os demais tratamentos, na qual os outros demais tratamentos C25, C50, C75 e C100 apresentou valores iguais estaticamente.

Tabela 14:Significância estatística (p-valor) dos parâmetros vegetativos das begônias em diferentes substratos e adubações

	p-valor			
	Interação substrato/adubação	Substrato	Adubação	CV (%)
pH	0.085399	0.000008	0.223152	1,46%
CE	0.00201	0.00783	0.93517	24,83%

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

5.2.1 Análise Foliar De Begônias

A Tabela 15 apresenta a análise foliar dos macronutrientes e sódio (N, P, K, Ca, Mg, S e Na) e micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn) das plantas de begônias, considerando diferentes substratos e doses de adubação. A avaliação detalha a quantidade desses nutrientes nas folhas, permitindo entender o impacto da composição do substrato e da adubação na nutrição das plantas.

Para os macronutrientes, nota-se que o nitrogênio (N), essencial para o crescimento vegetativo, apresentou os valores nos similares entre C0.1 e C50.2. No entanto, o tratamento C100.1 e C100.2, com 100% de palhada e 100% e 75% de adubação, teve o menor valor de N (17,1 e 17,7 g/Kg respectivamente), sugerindo que alta proporção de palhada, limita a

absorção de nitrogênio. Em relação ao fósforo (P), observa-se que os tratamentos com a C0.1 à C25.2 apresentaram valores ligeiramente mais altos (variando de 1,6 g/Kg à 1,8), enquanto o tratamento C100.1, com 100% de palhada, apresentou o menor valor (1,1 g/Kg). Isso pode indicar uma menor disponibilidade de P em substratos com alta proporção de palhada, especialmente quando a adubação é reduzida.

Tabela 15: Análise foliar dos macro e micronutrientes das plantas de begônias

Amostra	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g/Kg							mg/Kg				
C0.1	22,1	1,6	13,5	13,4	7,4	2,5	9,2	49,3	5,5	537,8	62	19,8
C0.2	20,5	1,7	12,7	14,8	7,3	2,4	9,2	52,2	5,3	194,8	68,5	20
C25.1	20,1	1,8	11,9	16,9	7,6	2,6	10	59,7	6,2	158,3	69,7	23,4
C25.2	22,6	1,7	11,6	15	6,2	2,7	8,4	54,1	5,5	136,6	65,8	21,2
C50.1	21,8	1,3	11,5	14,1	3,6	2,4	8,2	43,8	4,9	87,2	64,6	19,4
C50.2	22,6	1,5	12,7	13	6	2,1	8,8	39,7	4,6	88,4	57,4	18
C75.1	19,1	1,2	10,8	16,5	5,9	1,7	7,8	39,8	3,6	64,1	53,8	15,1
C75.2	18,5	1,2	8,7	14,4	5,9	1,8	8,3	44,3	4	65,7	61,8	17,3
C100.1	17,1	1,3	9,3	14,6	5,4	1,9	8,3	47,8	4,2	86	61,9	16
C100.2	17,7	1,1	10,8	15,8	3,5	2,1	8,6	48,1	4,5	126,4	80,4	17,7

C0 – Substrato comercial Carolina Soil®, C25 – 75% de Substrato comercial + 25% de palhada de cana-de-açúcar, C50– 50% de Substrato comercial + 50% de palhada de cana-de-açúcar, C75 – 25% de Substrato comercial + 75% de palhada de cana-de-açúcar, C100 – Palhada de cana-de-açúcar, CX.1 - 100% de adubação, CX.2 - 75% de adubação

Fonte: elaborador pelo autor (2024).

O potássio (K), importante para a regulação osmótica, variou entre 8,7 g/Kg (C75.2) e 13,5 g/Kg (C0.1), com os tratamentos com palhada de cana apresentando uma tendência de menores valores de K. No caso do cálcio (Ca), os tratamentos apresentaram valores similares, variando de 13 à 16,9 g/Kg, entretanto sem nenhuma tendência quanto aos tratamentos. Para o magnésio (Mg), as variações foram menores, com C0.1 e C25.2 mostrando os maiores valores (7,4 e 7,6 g/Kg, respectivamente), enquanto C100.2 apresentou o menor valor (3,5 g/Kg). O teor de enxofre (S) foi maior nos tratamentos C25.2 (2,7 g/Kg) e C25.1 (2,6 g/Kg), e menores nos tratamentos C75.1 (1,7 g/Kg) à C75.2 (1,8 g/Kg). O sódio (Na) apresentou um comportamento interessante, com valores maiores nos tratamentos C0.1 e C0.2 (9,2 g/Kg) e C25.2 (10 g/Kg), o menor valor foi encontrado no tratamento C75.1 (7,8 g/Kg), indicando uma redução na absorção de Na, sugerindo que o aumento da proporção de palhada, não promove a absorção de Na.

Em relação aos micronutrientes, o boro (B) variou entre 39,7 mg/Kg (C50.2) e 59,7 mg/Kg (C25.1), Já o cobre (Cu) mostrou uma tendência interessante, com o tratamento C25.1 apresentando o maior valor (6,2 mg/Kg), e os tratamentos C75.1 e C75.2 os menores valores

(3,6 e 4,0 mg/Kg, respectivamente), o que sugere que substratos com palhada em proporções elevadas podem reduzir a absorção de Cu. Os teores de ferro (Fe) foram significativamente maiores no tratamento C0.1 (537,8 mg/Kg), enquanto o tratamento C75.1 apresentou o menor valor (86 mg/Kg). Isso mostra que a palhada, especialmente em altas proporções, pode limitar a absorção de ferro, possivelmente devido à alteração nas características físico-químicas.

O manganês (Mn) também apresentou variação considerável, com o tratamento C100.2 (80,4 mg/Kg) apresentando o maior valor, enquanto o tratamento C75.1 (53,8 mg/Kg) teve o menor. Por fim, o zinco (Zn) apresentou os maiores valores nos tratamentos C25.1 (23,4 mg/Kg) e C25.2 (21,2 mg/Kg), com os menores valores registrados no tratamento C100.1 (16 mg/Kg).

Esses resultados demonstram que a escolha adequada da proporção de palhada de cana de açúcar no substrato e o nível de adubação têm efeitos significativos na absorção de macro e micronutrientes pelas plantas de begônia. Substratos com proporções intermediárias de palhada, aliados à adubação total, tendem a promover uma melhor nutrição mineral, enquanto o uso integral de palhada pode prejudicar a absorção de nutrientes importantes, especialmente quando combinado com a redução na adubação.

5.2.2 Imagens Das Plantas Do Cultivo De Begônias Na Palhada

Figura 5: Fotos das plantas de begônias ao final do experimento.



C0.1 - 100% Carolina Soil/Adubação total, C0.2 - 100% Carolina Soil/Adubação parcial, C25.1 - 75% Carolina Soil+ 25% palhada/Adubação total, C25.2 - 75% Carolina Soil+ 25% palhada/Adubação parcial, C50.1 - 50% Carolina Soil+ 50% palhada/Adubação total,
Fonte: elaborador pelo autor (2025).

Figura 6: Fotos das plantas de begônias ao final do experimento.



C50.2 - 50% Carolina Soil+ 50% palhada/Adubação parcial, C75.1 - 25% Carolina Soil+ 75% palhada/Adubação total, C75.2 - 25% Carolina Soil+ 75% palhada/Adubação parcial, C100.1 - 100% palhada/Adubação total, C100.2 - 100% palhada/Adubação parcial.

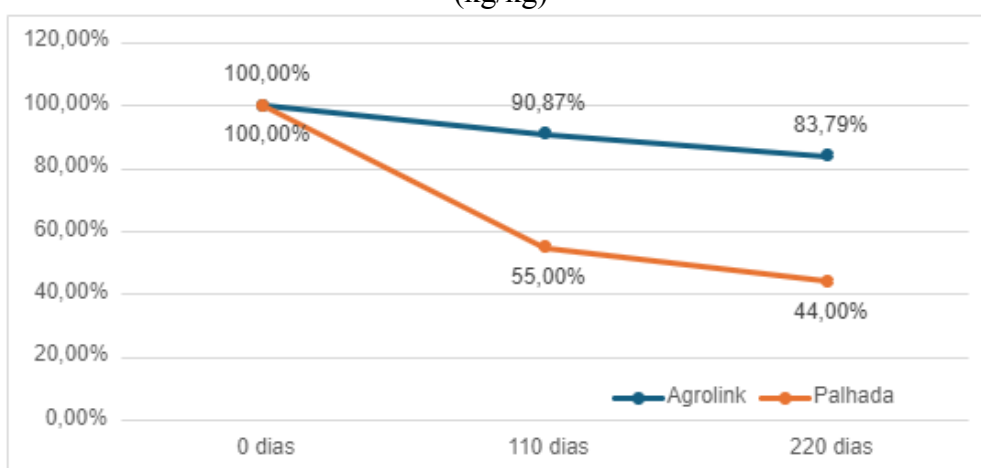
Fonte: elaborador pelo autor (2025).

5.3 ANÁLISES DO SUBSTRATO E DA PALHADA

5.3.1 Análises De Decomposição Dos Substratos

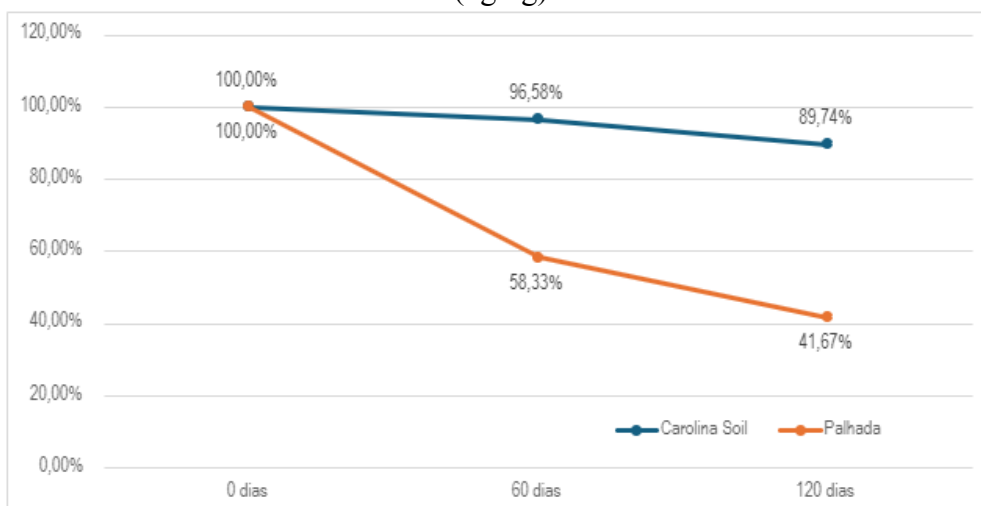
Na figura 7, comparando os substratos Agrolink e palhada, o Agrolink apresenta uma decomposição muito lenta. Ele começa com 100% e, após 220 dias, ainda retém 83,79% de sua massa. Por outro lado, a palhada de cana-de-açúcar tem uma decomposição muito mais rápida, com 44% de sua massa restante após o mesmo período. Isso indica que o Agrolink tem uma maior tolerância à decomposição comparado à palhada.

Figura 7: Índice de decomposição dos substratos agrolink e palhada de cana de açúcar (kg/kg)



Fonte: elaborador pelo autor (2025).

Figura 8: Índice de decomposição dos substratos Carolina Soil e palhada de cana de açúcar (kg/kg)



Fonte: elaborador pelo autor (2024).

A Figura 8 compara o substrato Carolina Soil com a palhada. O Carolina Soil também apresenta uma decomposição lenta, retendo 89,74% de sua massa após 120 dias. Novamente,

a palhada se decompõe rapidamente, com apenas 41,67% de sua massa restante após o período de 120 dias. Isso reflete um comportamento semelhante ao da Figura 7, com a palhada mostrando uma maior taxa de decomposição comparada aos substratos.

5.3.2 Análises Química Dos Substratos.

A análise das Tabelas 16 e 17 fornece informações detalhadas sobre a composição química dos substratos utilizados no cultivo de begônias. A Tabela 8 apresenta os teores totais de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) e micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn, Zn), enquanto a Tabela 9 foca nos nutrientes solúveis e outros parâmetros relevantes, como o pH e a condutividade elétrica (EC).

A palhada apresentou pH 5,4, que está dentro da faixa levemente ácida. Os teores de nutrientes como N (6,2 g/Kg), P (0,6 g/Kg), K (3,0 g/Kg), e Mg (2,1 g/Kg) estão em níveis relativamente equilibrados. O ferro (Fe) apresentou um teor de 2,2 g/Kg, e o manganês (Mn) foi de 141,8 mg/Kg, indicando uma boa disponibilidade desses micronutrientes essenciais. O teor de carbono orgânico (470,6 g/Kg) e a relação C/N de 76,4 indicam que a palhada tem uma boa quantidade de matéria orgânica, o que é benéfico para a retenção de água e nutrientes. Porém, o alto valor de C/N sugere uma decomposição lenta.

Tabela 16: Análise química dos substratos com relação aos teores totais de nutrientes.

Substratos	pH	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	C Orgânico	C/N
		g/Kg						mg/Kg		g/Kg		g/Kg		
Palhada	5,4	6,2	0,6	3,0	10,5	2,1	1,3	19,4	6,4	2,2	141,8	20,3	470,6	76,4
Carolina Soil	6,7	5,6	1,2	3,7	9,4	39,9	1,1	46,1	40,4	10,5	261,4	55,1	262,5	47,3
Agrolink	5,4	3,0	0,3	2,4	6,3	1,9	0,5	16,7	19,9	1,5	91,7	20,7	487,4	160,9

pH em água 1:1,5. Teor total: P,K,Ca,Mg,S,B,Cu,Fe,Mn,Zn: Extração nítrico-perclórico e determinação: ICP-OES. N-Kjeldahl. Carbono Orgânico: Walkley-Black
Fonte: elaborador pelo autor (2024).

O Carolina Soil, com pH de 6,7 pode ser vantajoso, pois essa faixa de pH facilita a absorção de nutrientes. Ele se destaca pelos altos teores de cálcio (9,4 g/Kg) e magnésio (3,9 g/Kg), nutrientes essenciais para o desenvolvimento da planta e a fotossíntese. Os teores de ferro (261,4 mg/Kg) e manganês (55,1 mg/Kg) são também consideravelmente elevados, o que pode indicar uma boa capacidade de fornecer esses micronutrientes. O carbono orgânico (262,5 g/Kg) e a relação C/N de 47,6 indicam uma decomposição orgânica mais rápida que a palhada, favorecendo a liberação de nutrientes.

O substrato Agrolink tem um pH igual ao da palhada (5,4), o que o mantém na faixa levemente ácida. Ele apresenta níveis relativamente baixos de nutrientes, com destaque para o fósforo (0,3 g/Kg), magnésio (1,9 g/Kg) e cálcio (6,3 g/Kg), o que indica uma capacidade

nutricional mais limitada em comparação com os outros substratos. Contudo, o carbono orgânico elevado (487,4 g/Kg) e a alta relação C/N (160,9) sugerem uma matéria orgânica de decomposição muito lenta, o que poderia comprometer a disponibilidade imediata de nutrientes para as plantas.

Tabela 17: Análise química dos substratos com relação aos nutrientes solúveis.

Substrato	pH	EC dS/m	NO ₃ -	P	Cl-	S	NH ₄	K	Na	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Palhada	5,4	0,4	0,5	9,0	39,8	5,2	0,8	57,7	10,6	33,5	13,3	0,1	0,02	2,1	0,2	0,2
Carolina Soil	6,7	0,6	6,0	20,0	41,9	23,2	6,7	93,6	24,9	17,2	15,0	0,2	0,01	0,2	0,1	0,03
Agrolink	5,4	0,3	1,3	1,1	55,0	1,3	0,8	37,9	21,7	3,6	2,5	0,1	0,01	0,7	0,02	0,01

Método de extração: 1:1,5 (Holanda). Métodos de determinação: N-(amoniacoal e nitrato): destilação; K,Ca,Mg,P,S,Cu,Fe, Mn, Zn: ICP-OES.
Fonte: elaborador pelo autor (2024).

A condutividade elétrica (EC) é um parâmetro importante para avaliar o nível de sais dissolvidos no substrato. A palhada apresentou um valor de EC de 0,4 dS/m, o que é considerado baixo, indicando baixa concentração de sais. O Carolina Soil, com 0,6 dS/m, apresenta um nível moderado de EC, sugerindo uma maior disponibilidade de nutrientes em relação aos outros substratos, mas sem risco significativo de salinização. O Agrolink, com uma EC de 0,3 dS/m, também apresenta baixa salinidade. Esses dados sugerem que o Carolina Soil pode proporcionar uma maior quantidade de nutrientes solúveis.

A Tabela 17 mostra que o Carolina Soil apresentou os maiores teores de nitrato (6,6 mg/L), fósforo (41,9 mg/L) e cálcio (33,5 mg/L), o que reflete a alta capacidade desse substrato em fornecer nutrientes de forma rápida e eficaz para as plantas. A palhada e o Agrolink, por outro lado, apresentaram menores concentrações de nutrientes solúveis, o que pode indicar uma menor disponibilidade imediata de nutrientes, embora possam fornecer um suporte de longo prazo por meio da decomposição lenta da matéria orgânica.

Os resultados das Tabelas 16 e 17 mostram que o Carolina Soil oferece uma composição mais equilibrada de nutrientes, com um nível moderado de condutividade elétrica e alta disponibilidade de macronutrientes e micronutrientes solúveis. A palhada pode ter uma decomposição mais lenta e uma menor concentração de nutrientes solúveis. O Agrolink, com sua alta relação C/N e menor oferta de nutrientes solúveis.

5.3.3 Capacidade De Retenção De Água (Massa/Massa)

A Tabela 18 apresenta a capacidade de retenção de água (g/g) dos substratos palhada de cana-de-açúcar, Carolina Soil e Agrolink. Os dados revelam diferenças significativas no quesito do substrato em reter água.

A palhada de cana-de-açúcar tem a maior capacidade de retenção de água, com 553%, o que indica que ela pode armazenar uma quantidade considerável de água, favorecendo ambientes com maior necessidade de umidade. Em seguida, o Carolina Soil apresenta uma capacidade de retenção de água de 446%, ligeiramente inferior. Por outro lado, o Agrolink apresenta a menor capacidade de retenção de água, com apenas 113%.

Tabela 18: Capacidade de retenção de água dos substratos (massa/massa)

Substratos	Capacidade de retenção de água (g/g)	
Palhada de cana-de-açúcar	553% a	CV = 9,82 % p-valor = 1.4934*10⁻⁵
Carolina Soil	446% b	
Agrolink	113% c	

Fonte: elaborado pelo autor (2025).

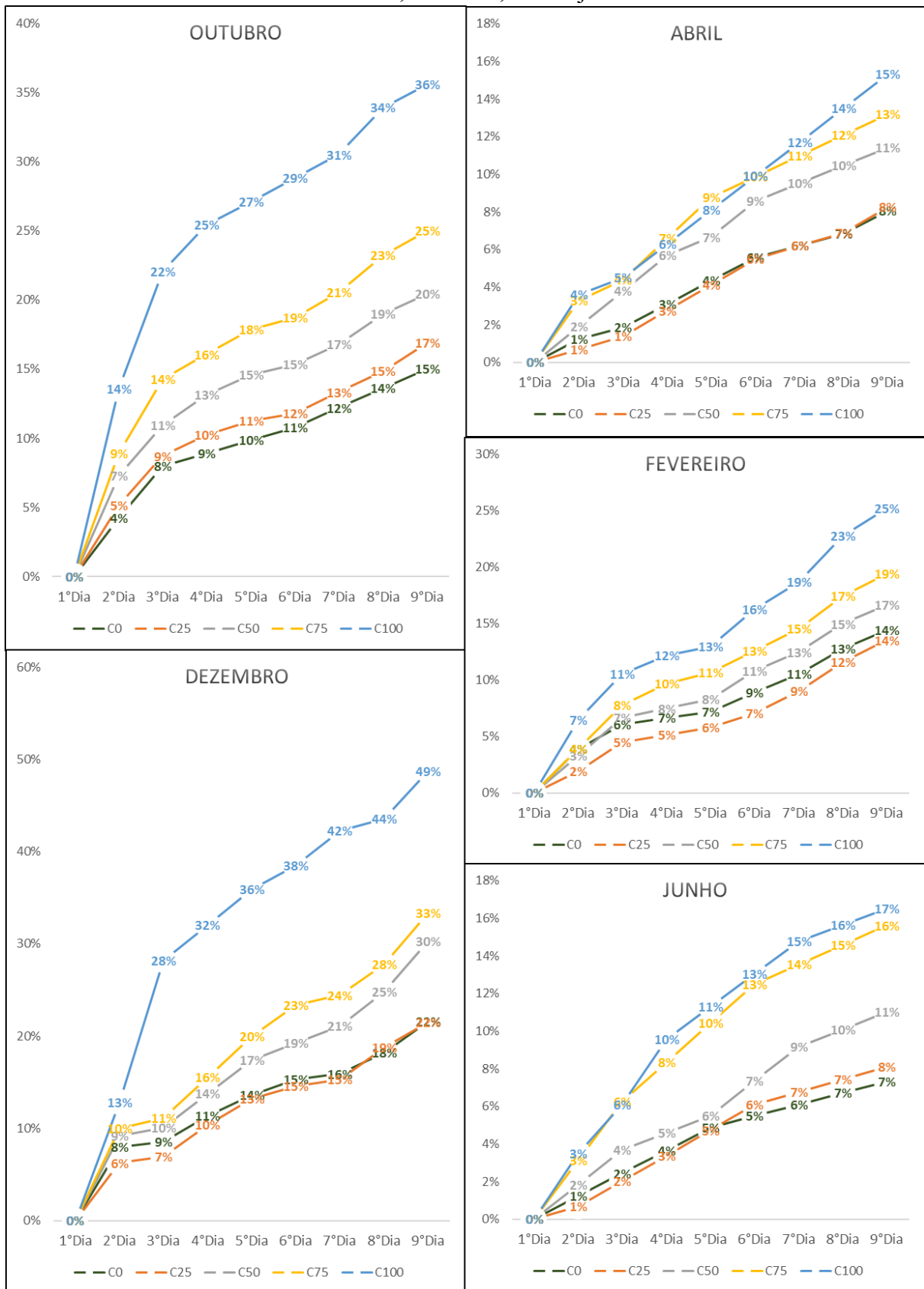
5.3.4 Índice De Perda De Água Com Relação Ao Tempo Do Substrato De Orquídeas (Massa/Massa)

A figuras 9 mostram a perda de massa de água dos substratos ao longo de nove dias nos meses de outubro, dezembro, fevereiro, abril e junho, indicam uma tendência clara de perda progressiva da água em todos os substratos com o passar do tempo. Essa redução é consistente em todos os meses avaliados, mas a taxa de perda varia entre os diferentes substratos.

O substrato C0 se destaca por manter a menor perda de água em comparação aos demais com relação ao tempo. Em contrapartida, o substrato C100 mostra a maior perda de água registrada em todos os meses, diminuindo a sua massa consideravelmente em relação ao tempo.

Analisando as variações mensais, observa-se que em junho e abril os padrões de perda de água são bastante semelhantes, com C0 e C25 retendo mais água ao longo dos dias, enquanto o C100 perde água de forma mais acentuada até o nono dia. No entanto, em dezembro, a perda de água no substrato C100 é ainda mais acentuada, atingindo 51% de massa residual no nono dia, comparado a 64%.

Figura 9: Índice de perda de água dos substratos com relação ao tempo no meses de outubro, dezembro, fevereiro, abril e juho



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

6. DISCUSSÃO

6.1 DECOMPOSIÇÃO E FATORES QUE O INFLUENCIAM.

O primeiro ponto a ser destacado é a diferença observada nos testes de decomposição, em que a palhada apresentou comportamentos distintos em cada experimento. No teste com o substrato Carolina Soil, a palhada manteve 41,67% de sua massa após 120 dias. Em contrapartida, no experimento com o substrato Agrolink, a palhada conservou 44% da massa em um período significativamente maior, de 220 dias. De acordo com Teodoro (2016), fatores como temperatura e umidade têm influência direta sobre a dinâmica de decomposição, sendo que condições mais quentes e úmidas tendem a acelerar esse processo.

Ao analisarmos os ambientes onde os testes foram realizados, é possível entender as diferenças nos resultados. No experimento com Carolina Soil, o ambiente consistia em uma estufa equipada com irrigação por aspersão, acionada duas vezes ao dia, sem um sistema de exaustão para resfriamento, o que resultava em uma maior retenção de calor e umidade. Já no teste com Agrolink, a estufa possuía um sistema de exaustão controlado por termostato, que ligava automaticamente para resfriar o ambiente, além de uma menor frequência de irrigação, de apenas 3 a 4 vezes por semana.

Essas variáveis ambientais explicam as diferentes taxas de decomposição observadas: um ambiente mais quente e úmido, com irrigação frequente, favoreceu uma decomposição mais rápida, enquanto o outro, com controle de temperatura e menor irrigação, resultou em um processo mais lento.

De acordo com Teodoro (2016), materiais com maior relação C/N (carbono/nitrogênio) tendem a decompor mais lentamente, enquanto uma relação C/N menor está associada a uma decomposição mais rápida. No entanto, ao compararmos as relações C/N da palhada (76,4 g/kg) e do substrato Carolina Soil (47,3 g/kg), observa-se que, apesar de a palhada possuir uma relação C/N mais alta, sua decomposição foi mais rápida do que a do Carolina Soil.

Essa aparente contradição pode ser explicada por outros fatores. Um deles é o uso de adubação para simular as mesmas condições de cultivo nos experimentos, o que altera a relação C/N inicial. Outro aspecto crucial é a quantidade de carbono orgânico presente nos materiais. A palhada possui 470,6 g/kg de C orgânico, aproximadamente 1,8 vezes mais que o Carolina Soil, que contém 262,5 g/kg. Isso é significativo, pois o carbono orgânico é um dos principais componentes decompostos pelos microrganismos. Portanto, a maior quantidade de C orgânico na palhada pode ter contribuído para sua decomposição mais acelerada, apesar da

relação C/N mais elevada. Assim, a interação entre a relação C/N e a quantidade de carbono orgânico disponível é fundamental para entender as taxas de decomposição observadas nos diferentes materiais.

6.2 COMPORTAMENTO DA ÁGUA NOS SUBSTRATOS

Segundo Fernandes (2023), o substrato Carolina Soil apresentou uma Capacidade de Retenção de Água (CRA) de 400 m/m, um valor ligeiramente inferior ao que encontramos, de 446 m/m, mas ainda assim bastante próximo. Em relação ao substrato Agrolink (composto por casca de pinus e fibra de coco), foi encontrado um valor de CRA de 110 m/m para materiais com a mesma composição e granulometria, evidenciando a consistência dos resultados obtidos (Forth, 2024). Com relação à palhada de cana-de-açúcar há poucos trabalhos utilizando como substrato, principalmente utilizando a palhada isoladamente, o que podemos afirmar é que na preparação da palhada como substrato ao triturá-lo, quanto mais fina a granulometria menor o tamanho de poros e maior a capacidade de retenção de água (Zorzeto, 2011).

No experimento de retenção de água ao longo do tempo com substrato para orquídeas, observamos uma maior taxa de perda de água nos substratos com maior quantidade de palhada. Isso pode ser explicado pela Capacidade de Retenção de Água (CRA) do substrato à base de palhada de cana-de-açúcar. Como esse substrato apresenta a maior capacidade de reter água em comparação aos outros, uma proporção significativa de sua massa, quando úmida, é composta por água. Nos demais substratos, a água representa uma parcela menor do peso total. Portanto, quando a palhada perde água, isso resulta em uma redução mais expressiva de sua massa total.

6.3 CULTIVO DE ORQUÍDEAS

Podemos afirmar que o tratamento com melhor desempenho para orquídeas foi o substrato C50 (50% palhada + 50% Agrolink) com adubação total. Isso se deve ao fato de que, ao considerarmos a frequência de floração como um dos parâmetros mais importantes para uma planta ornamental, esse substrato apresentou o melhor desempenho tanto com adubação total quanto parcial. Nos parâmetros vegetativos, o tratamento C50 também mostrou resultados satisfatórios, ficando abaixo de outros tratamentos apenas no número de folhas, que foi inferior ao C75 com adubação total. No entanto, é possível que o tratamento C75 tenha gerado mais folhas justamente por ter apresentado a menor frequência de floração, favorecendo o desenvolvimento vegetativo em detrimento do reprodutivo. Em relação aos

demais aspectos reprodutivos, o tratamento C50 não ficou atrás de nenhum outro. Vale destacar que, apesar de não haver diferenças estatisticamente significativas entre a adubação total e parcial em alguns parâmetros, nos índices de clorofila A, B e A+B, a adubação parcial foi inferior, mas foi compensada pela maior taxa de transporte de elétrons.

O presente estudo sobre o cultivo de *Phalaenopsis* com substratos à base de palhada de cana-de-açúcar apresenta semelhanças e diferenças importantes em relação a outros trabalhos que avaliaram substratos alternativos para orquídeas. Comparando com o estudo de Meurer et al. (2008), que testou bagaço de cana no cultivo de *Vanda* e *Cattleya*, ambos os estudos indicam que esse resíduo agroindustrial pode substituir substratos comerciais sem prejuízos significativos para o crescimento vegetativo. No entanto, enquanto no estudo de Meurer et al. (2008), a mistura de bagaço com cacos de cerâmica favoreceu o desenvolvimento da parte aérea de *Cattleya*, no presente estudo, o uso isolado da palhada de cana resultou em redução no tamanho de algumas estruturas florais quando utilizado em 100% da composição do substrato.

Resultados semelhantes foram encontrados por Yamamoto et al. (2009), que analisaram o desenvolvimento de *Miltonia regnellii* x *Oncidium concolor* em substratos alternativos e concluíram que misturas de bagaço de cana com isopor ou casca de pinus tiveram desempenho superior ao uso isolado do resíduo. De forma comparável, no presente estudo, a combinação de 50% de palhada com substrato comercial resultou no melhor equilíbrio entre crescimento vegetativo e reprodutivo, enquanto a substituição total pelo resíduo comprometeu a abertura do labelo e o tamanho das pétalas. Dessa forma, os resultados reforçam que substratos alternativos à base de resíduos da cana são uma alternativa sustentável para o cultivo de orquídeas, viabilizando a redução de insumos, porém é fundamental definir a formulação mais adequada para cada espécie, garantindo um equilíbrio entre crescimento vegetativo e características das flores.

6.4 CULTIVO DE BEGÔNIAS

No experimento com begônias, o tratamento com o menor desempenho foi o C100, que utilizou apenas palhada de cana-de-açúcar. Esse resultado foi observado em diversos parâmetros, como número de folhas, massa fresca e massa seca. Os demais tratamentos apresentaram respostas bastante similares entre si, com exceção do tratamento C50, que mostrou níveis mais baixos de clorofila A, B e A+B, além de apresentar uma leve redução nos nutrientes da análise foliar comparados aos C0 e C25. O tratamento que apresentou os melhores resultados em todos os parâmetros avaliados foi o C25. As plantas desse grupo se

destacaram em termos de tamanho (altura, número de folhas, comprimento e diâmetro da folha), massa fresca e seca, clorofila A, B e A+B, além de exibirem os maiores níveis de nutrientes na análise química foliar. Com relação ao fator adubação, este se mostrou igualmente similar para adubação total ou parcial em todos os parâmetros, com exceção do número de folhas, onde a adubação parcial apresentou um desempenho inferior. Esses achados indicam que proporções moderadas de palhada de cana-de-açúcar no substrato favorecem o crescimento vegetativo e a produção de biomassa, enquanto o uso exclusivo desse material limita o desenvolvimento das plantas.

Estudos prévios corroboram esses resultados, demonstrando que misturas de diferentes substratos são mais vantajosas do que a utilização isolada de um único componente. O estudo de Acosta-Durán e Acosta-Peñaloza (2018) sobre o uso de "resíduo verde" como substrato para begônias mostrou que proporções intermediárias desse material (25%-50%) promovem melhores resultados em crescimento e desenvolvimento, enquanto o uso exclusivo de "resíduo verde" (100%) apresentou limitações em algumas variáveis. Esse padrão se assemelha ao observado no presente experimento, onde C25 apresentou os melhores desempenhos, enquanto C100 teve menor biomassa e número de folhas.

Outro estudo relevante é o de Ramos (2020), que investigou a incorporação de fibra de madeira em substratos comerciais no cultivo de *Begonia x benariensis*. O estudo revelou que a substituição parcial da turfa por fibra de madeira (10-20%) não afetou negativamente altura, diâmetro e número de folhas, enquanto a substituição em 30% levou à redução no diâmetro foliar e biomassa. Isso reforça a ideia de que misturas equilibradas de materiais orgânicos e inorgânicos promovem um melhor desenvolvimento vegetal do que a utilização isolada de um único componente.

A comparação entre o experimento atual e os estudos analisados reforça que a combinação de substratos é a melhor estratégia para o cultivo de begônias. Proporções intermediárias de palhada de cana (25%-50%) favoreceram o crescimento, assim como a adição moderada de "resíduo verde" ou fibra de madeira nos estudos analisados. O uso isolado de qualquer material, como 100% de palhada, fibra de madeira ou "resíduo verde", tende a resultar em menor desenvolvimento das plantas devido a limitações na retenção de água, aeração ou disponibilidade de nutrientes.

6.5 SUSTENTABILIDADE NO USO DA PALHADA

A palhada de cana-de-açúcar se apresenta como uma alternativa viável para compor, junto com outros materiais, substratos no cultivo de plantas ornamentais. Do ponto de vista

ambiental, sua utilização pode reduzir a dependência da fibra de coco, cuja crescente demanda tem levado à expansão do plantio para áreas da Floresta Amazônica, contribuindo para o desmatamento e comprometendo a biodiversidade da região (Magalhães et al., 2017). A substituição parcial da fibra de coco pela palhada de cana não apenas preserva ecossistemas naturais, mas também evita a degradação de solos e recursos hídricos, frequentemente impactados pela produção intensiva do coco. Além disso, a palhada, que atualmente é amplamente queimada como combustível em caldeiras industriais, libera CO₂ e outros gases do efeito estufa na atmosfera (Menandro, 2013). Seu reaproveitamento como substrato para plantas ornamentais reduz essa emissão e promove um destino mais sustentável para esse resíduo agrícola, fortalecendo práticas de economia circular e sustentabilidade na produção florícola.

Do ponto de vista econômico, o aproveitamento da palhada de cana-de-açúcar representa uma oportunidade de agregar valor a um subproduto das usinas sucroalcooleiras, transformando-o em um insumo útil para a formulação de substratos, em vez de destiná-lo exclusivamente à queima para geração de energia (Menandro, 2013). Com isso, o setor sucroalcooleiro pode diversificar suas fontes de receita e reduzir desperdícios, enquanto os produtores de plantas ornamentais se beneficiam de uma alternativa mais acessível em relação aos substratos tradicionais. Outro fator relevante é a otimização da logística de transporte, visto que a palhada é amplamente disponível na região Sudeste, principal produtora de plantas ornamentais no Brasil (Schoenmaker, 2022). Isso a torna uma opção economicamente vantajosa em comparação à fibra de coco, que tem sua produção concentrada nas regiões Norte e Nordeste, e à casca de pinus, oriunda do Sul (Brainer, 2021; IBGE, 2021). Ambas exigem longos deslocamentos para abastecer os polos de floricultura, encarecendo o custo final do produto. A utilização da palhada reduz essa dependência, minimizando gastos com transporte e diminuindo a pegada de carbono da cadeia produtiva.

Além dos benefícios ambientais e logísticos, outro aspecto econômico essencial é a alta disponibilidade da palhada de cana-de-açúcar, garantindo sua viabilidade como substrato alternativo. A colheita mecanizada da cana gera entre 10 a 30 toneladas de palhada por hectare, e o Brasil possui cerca de 8,7 milhões de hectares de área cultivada com cana-de-açúcar, sendo aproximadamente 50% dessa área concentrada no estado de São Paulo (CONAB, 2024; Tenelli et al., 2021). Esse volume expressivo de matéria-prima assegura um fornecimento contínuo e acessível, próxima ao local de consumo como empresas de fabricação e processamento de substratos, bem como das áreas de cultivo no estado de SP. Dessa forma, a palhada não apenas se apresenta como uma solução sustentável, mas também

como um insumo economicamente vantajoso para a produção de plantas ornamentais, garantindo maior estabilidade no suprimento de substratos e promovendo um modelo produtivo mais eficiente e ambientalmente responsável.

6.6 ASPECTOS GERAIS

A palhada de cana-de-açúcar demonstrou ser um material eficiente para uso como substrato, especialmente quando misturada com outros substratos, devido aos bons resultados observados nas plantas dos experimentos, além de suas características químicas e físicas favoráveis, e podendo substituir até 50% do uso de substratos convencionais, provenientes de outros materiais e resíduos da indústria.

Sobre algumas características que precisam de melhor atenção, a rápida decomposição da palhada de cana-de-açúcar quando utilizada como substrato no cultivo. Com essa decomposição, o material perde suas características essenciais, como o volume de exploração para as raízes, o suporte às plantas e a capacidade de retenção de água, mas também poderia ser uma fonte de nutrientes liberados durante esse processo, participando também da nutrição das plantas. Devido a isso, recomenda-se a substituição do substrato convencional pelo obtido da palhada da cana-de-açúcar em até 50% do volume de preparo. Outras alternativas visando a ampliação de seu uso seria realizar a compostagem da palhada antes do cultivo, o que reduziria sua taxa de decomposição durante o processo e também a utilização desse tipo de substrato em culturas de ciclo mais curto ou na produção de mudas, onde a decomposição acelerada não teria tanto impacto.

7. CONCLUSÃO

Com base nos resultados apresentados, podemos fazer uma análise conclusiva de cinco parâmetros principais: cultivo de begônias, cultivo de orquídeas, decomposição, comportamento da água, e análise dos nutrientes dos substratos.

O substrato com 50% de palhada de cana-de-açúcar (C50) apresentou o melhor desempenho para begônias, com maior número de folhas, altura, massa fresca e seca, além de maior síntese de clorofila e nutrientes foliares. Já o substrato com 100% de palhada (C100) teve o pior desempenho, com menor biomassa e número de folhas, possivelmente pela baixa disponibilidade de nutrientes.

Para orquídeas *Phalaenopsis*, os substratos com palhada, especialmente C50, mostraram bom desempenho vegetativo e reprodutivo, com maior frequência de floração quando combinados com adubação total. Entretanto, o C100 limitou características estéticas, como o diâmetro das pétalas e do labelo.

A decomposição foi mais rápida na palhada, que perdeu 56% da massa em 220 dias, enquanto o Carolina Soil mostrou decomposição mais lenta, o que favorece o fornecimento prolongado de nutrientes e sustentação das plantas.

Na retenção de água, a palhada destacou-se com maior capacidade (553% m/m), embora com maior taxa de perda ao longo do tempo, exigindo mais irrigação. Carolina Soil teve retenção moderada (446% m/m) e Agrolink, a menor (113% m/m).

Quimicamente, o Carolina Soil apresentou melhor equilíbrio nutricional, com altos teores de cálcio, magnésio, fósforo e condutividade elétrica adequada (0,6 dS/m). A palhada, rica em fósforo e potássio, mostrou baixa disponibilidade de nutrientes solúveis, enquanto o Agrolink teve a composição mais pobre, com baixos níveis de nitrogênio e cálcio.

Conclui-se que a palhada de cana-de-açúcar é um substrato alternativo promissor para plantas ornamentais, como begônias e orquídeas, especialmente em proporções moderadas (25% a 50%). No entanto, o uso exclusivo (C100) pode limitar o crescimento devido à menor oferta de nutrientes e maior perda de água, exigindo ajustes na irrigação e adubação.

REFERÊNCIAS

- ACOSTA-DURÁN, C. M.; ACOSTA-PENALOZA, D. “Basura verde” como componente de sustrato en el cultivo de Begonia spp. en potes. **Agronomía Mesoamericana**, v. 29, n. 1, p. 221-233, 2018.
- AKI, A.; PEROSA, J. M. Y. Aspectos da produção e consumo de flores e plantas ornamentais no Brasil. **Ornamental Horticulture**, v. 8, n. 1, 2002.
- ALMEIDA, E. F. A. Como iniciar uma produção sustentável de flores e plantas ornamentais. **EPAMIG**, 2023.
- ALVARENGA, M. D.; DA SILVEIRA, R. L. F.; BUAINAIN, A. M. Identificação dos riscos na produção de flores e plantas ornamentais: evidências a partir da região de Holambra/SP. **Gestão & Regionalidade**, v. 39, p. e20236836-e20236836, 2023.
- ANTHURA. 2018. Cultivation Guide Phalaenopsis pot plants. **Anthura unlimited in varieties**. Disponível em: <<https://anthura.nl/en/crop-optimization/phalaenopsis-pot-advice/new-experiences-and-insights-in-nutrition-strategy/>>. Acesso em: 06 de fevereiro de 2025.
- ARAÚJO, A. G. de et al. Substratos alternativos ao xaxim e adubação de plantas de orquídea na fase de aclimatização. **Ciência Rural**, v. 37, p. 569-571, 2007.
- ASSIS, A. M. de et al. Cultivo de *Oncidium baueri* Lindley (Orchidaceae) em substratos a base de coco. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, p. 981-985, 2008..
- ASSIS, A. M. de et al. Cultivo de orquídea em substratos à base de casca de café. **Bragantia**, v. 70, p. 544-549, 2011.
- BALLESTER-OLMOS, J. F. et al. Substratos para el cultivo de plantas ornamentales. **Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentacion**. 1992.
- BATAGLIA, O. C. et al. Métodos de análise química de plantas. **Boletim Técnico-Instituto Agronomico (Brazil)**. no. 78., 1983.
- BELLÉ, Soeni. Irrigação de plantas ornamentais. **Plantas Ornamentais: aspectos para a produção. 2ª Ed. Passo Fundo**: Editora da UPF, p. 101-106, 2008.
- BENCHIMOL, R. L.; ISHIDA, A. K. N.; CONCEIÇÃO, H. E. O. Doenças causadas por fungos, bactérias e vírus em plantas ornamentais. **Embrapa, Brasília-DF**. 2016.
- BORDONAL, R. de O. et al. Sustainability of sugarcane production in Brazil. **A review. Agronomy for Sustainable Development**, v. 38, p. 1-23, 2018.
- BRAINER, M. S. de C. P. Coco: Produção e Mercado. **Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste – ETENE**, 2021.
- BRAINER, M.S. de C. P. Flores e plantas ornamentais. **Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste – ETENE**, 2019.
- CALVETE, E. O.; TESSARO, F. Ambiente protegido: aspectos gerais. PETRY, C. **Plantas ornamentais: aspectos para a produção**, v. 2, p. 24-45, 2008.

- CASTRO, N. R. et al. Diagnóstico da cadeia de flores e plantas ornamentais: Evolução do PIB e do emprego. **CEPEA & IBRAFLOR**, 2023.
- CASTRO, P. R. C., et al.. Orquídeas. **ESALQ**. 2017.
- CONAB. Acompanhamento da safra brasileira, cana-de-açúcar, safra 2024. **CONAB**, 2024. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana>>. Acesso em: 05 de fevereiro de 2024.
- COPETTI, B. M.. Eficácia de herbicidas aplicados em área total ou na linha de plantio de cana-de-açúcar. **Repositório Institucional UNESP**, 2021.
- DE SOUZA, F. X. Materiais para formulação de substratos na produção de mudas e no cultivo de plantas envasadas. **Embrapa Agroindústria Tropical**, 2001.
- DEMATTÊ, I. et al. Estudos hídricos com substratos vegetais para cultivo de orquídeas epífitas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, p. 803-813, 1996.
- FERMINO, M. H.; BELLÉ, S. Substrato para plantas. **PETRY, C. Plantas ornamentais: aspectos para a produção Passo Fundo: Editora UPF**, p. 46-58, 2008.
- FERNANDA B. Interesse por plantas na pandemia faz uma begônia custar mais de R\$300. **Folha de S. Paulo**, 2020. Disponível: <<https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2020/11/interesse-por-plantas-na-pandemia-faz-uma-begonia-custar-mais-de-r-300.shtml>>. Acesso em: 06 de fevereiro de 2025.
- FERNANDES, C.; CORÁ, J. E.; BRAZ, L. T. Desempenho de substratos no cultivo do tomateiro do grupo cereja. **Horticultura brasileira**, v. 24, p. 42-46, 2006.
- FORTH JARDIM. **FORTH Substrato Orquídeas**, 2024. Disponível em: <<https://www.forthjardim.com.br/produto/forth-substrato-orquideas>>. Acesso em: 26 de setembro de 2023.
- FRANCA, C. A. M. de; MAIA, M. B. R. Panorama do agronegócio de flores e plantas ornamentais no Brasil. **Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural**. 2008.
- GALLINDO, A. D. A. S. et al.. Utilização do pó de casca de coco verde como adubo orgânico em beneficiamento à agricultores de soledade-pb. **Realize Editora, Anais CONADIS**, Campina Grande, 2018.
- GROLLI, Paulo Roberto. Propagação de plantas ornamentais. **Plantas ornamentais-aspectos para a produção. 2ed. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo**, p. 59-69, 2008.
- IBGE. PEVS– - Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura. **IBGE**, 2021. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9105-producao-da-extracao-vegetal-e-da-silvicultura.html?=&t=resultados>>. Acesso em: 06 de fevereiro de 2025.
- JORGE, M. H. A. Informações técnicas sobre substratos utilizados na produção de mudas de hortaliças. **Embrapa Hortaliças**, 2020.
- KRATZ, D. et al. Propriedades físicas e químicas de substratos renováveis. **Revista Árvore**, v. 37, p. 1103-1113, 2013.

- LONE, A. B. et al. Aclimatização de *Cattleya* (Orchidaceae), em substratos alternativos ao xaxim e ao esfagno. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, p. 465-469, 2008.
- MAGALHÃES, T. N. C. B. B., et al. Conjuntura de mercado do coco da baía (cocos nucifera L.) na região amazônica, com ênfase no estado do Pará. **COINTER - PDVAgro**, 2017.
- MENANDRO, L. M. S.. Palha de cana-de-açúcar: possibilidades distintas para o campo e para indústria. In: **VII Workshop Agroenergia**. 2013. p. 7.
- MEURER, F. M. et al. Avaliação do uso de bagaço de cana-de-açúcar como substrato no cultivo de mudas de orquídeas. **SaBios-Revista de Saúde e Biologia**, v. 3, n. 2, 2008.
- MITSUEDA, N. C. et al. Aspectos ambientais do agronegócio flores e plantas ornamentais. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 4, n. 1, 2011.
- MUELLER, M. M.; KLEIN, C. ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DE DIFERENTES SUBSTRATOS PARA PLANTAS ORNAMENTAIS: RELATO DE AULA PRÁTICA. **Anuário Pesquisa e Extensão Unoesc São Miguel do Oeste**, v. 6, p. e28046-e28046, 2021.
- NEVES, M. F. et al. Mapeamento e quantificação da cadeia de flores e plantas ornamentais no Brasil. **São Paulo: OCESP**, 2015.
- OLIVEIRA, C. B. et al. A cadeia produtiva de flores e plantas ornamentais no Brasil: uma revisão sobre o segmento. **Revista Livre de Sustentabilidade e Empreendedorismo**, v. 6, n. 2, p. 180-200, 2021.
- OLIVEIRA, M. W; de et al. Decomposição e liberação de nutrientes da palhada de cana-de-açúcar em campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, p. 2359-2362, 1999.
- PEREIRA, K. G. S.; JUNIOR, N. A. B.; BONALDO, S. M. Clínica de diagnose de doenças em plantas e sua importância para os sistemas produtivos do Brasil entre os anos de 2017 e 2021. In: **MANEJO DE PRAGAS E DOENÇAS-A BUSCA POR FORMAS SUSTENTÁVEIS DE CONTROLE-VOLUME 2**. Editora Científica Digital, 2022. p. 26-38.
- RAMOS, F. J. M. D. M. Efeitos da incorporação de fibra de madeira e de diferentes fertilizantes de liberação controlada no crescimento e desenvolvimento de *Begonia x benariensis*. **Relatório de Estágio de Mestrado**, 2020.
- REDAELLI, L. R.; HEINECK, M. A.. PRAGAS EM PLANTAS ORNAMENTAIS. **Plantas ornamentais: aspectos para a produção**, p. 115. 2008
- ROBERT, N. F. Métodos de propagação de plantas ornamentais. **REDETEC** 14 nov. 2008
- ROSSETTO, R. et al. Manejo conservacionista e reciclagem de nutrientes em cana-de-açúcar tendo em vista a colheita mecânica. **Informações Agronômicas**, v. 124, n. 6, p. 13, 2008.
- SANTOS, F. L. Eficiência e viabilidade econômica de substratos para produção de mudas de alface crespa. **Repositório Institucional - UFSCar**, Araras - SP, 2023.
- SCHAFER, G.; DE SOUZA, P. V. D.; FIOR, C. S. Um panorama das propriedades físicas e químicas de substratos utilizados em horticultura no sul do Brasil. **Ornamental Horticulture**, v. 21, n. 3, p. 299-306, 2015

SCHAFFER, G.; LERNER, B. L. Physical and chemical characteristics and analysis of plant substrate. **Ornamental Horticulture**, v. 28, p. 181-192, 2022.

SCHOENMAKER, K.. O Mercado de flores no Brasil. **Instituto Brasileiro de Floricultura (IBRAFLOR)**, 2022. Disponível em: <<https://www.ibraflor.com.br/numeros-setor>>. Acesso em: 05 de fevereiro de 2025.

SEBRAE. Flores e plantas ornamentais do Brasil: Volume 1. Série estudos mercadológicos. 2015. **SEBRAE**.

SENAR. Plantas ornamentais: estruturas para a produção. **Serviço Nacional de Aprendizagem Rural**. – Brasília: SENAR, 2018. 84 p.; il. – (Coleção SENAR 212).

SENAR. Plantas ornamentais: jardinagem. **Serviço Nacional de Aprendizagem Rural**. Brasília. 2017.

SENAR. Plantas ornamentais: propagação e produção de mudas. **Serviço Nacional de Aprendizagem Rural**. – 2 ed. Brasília: Senar, 2018.

SILVA, A. M. Pragas em propagação vegetativa de plantas ornamentais-problemas, monitorização e controlo em viveiro. 2019. **Dissertação de Mestrado. Universidade de Lisboa (Portugal)**

SILVA, D. S. da et al. Características químicas do bagaço de cana-de-açúcar para uso como substrato para plantas. **XX Congresso Brasileiro de Fruticultura**, 2008.

SILVA, L. Doenças em Plantas Ornamentais. **Plantas Ornamentais: aspectos para a produção. 2ª Ed. Passo Fundo**: Editora da UPF, p. 107-114, 2008.

SOUZA C. S. da S., et al. Propriedades químicas de materiais vegetais usados em compostagem e de diferentes substratos. **Revista Cultura Agronômica**, v. 16, n. 1, p. 47-54, 2007

TAMAI, M. A; LOPES, R. B.; ALVES, S. B. Manejo de pragas na floricultura. **III REUNIÃO ITINERANTE DE FITOSSANIDADE DO INSTITUTO BIOLÓGICO**. Mogi das Cruzes, 2000.

TATAGIBA S. D., et al. 2015. Determinação da máxima capacidade de retenção de água no substrato para produção de mudas de eucalipto em viveiro. **Floresta**. v. 45, n. 4.

TENELLI, S., et al. Multilocation changes in soil carbon stocks from sugarcane straw removal for bioenergy production in Brazil. **GCB Bioenergy**, v. 13, n. 7, p. 1099-1111, 2021.

TEODORO, M. S. Confecção de Compostos Orgânicos em Parnaíba, PI. Embrapa, Teresina-PI, 2016. **Comunicado Técnico 238**.

YAMAGUCHI, C. S. et al. Mineralização de C e de N na palhada de cana-de-açúcar. **In Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 2013.

YAMAKAMI, J.K et al. Cultivo de *Cattleya Lindley* (Orchidaceae) em substratos alternativos ao xaxim. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 28, n. 4, p. 523-526, 2006.

YAMAMOTO, L.Y. et al. Substratos alternativos ao xaxim no cultivo do híbrido primário *Miltonia regnellii* Rchb. f. x *Oncidium concolor* Hook. (Orchidaceae). **Semina: Ciências Agrárias**. 2009

ZANELLO, C. A.; CARDOSO, J. C. Resíduos compostados como substrato para produção de *Petunia x hybrida*. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 6, n. 3, p. 46-53, 2016.

ZORZETO, T. Q. Caracterização física e química de substratos para plantas e sua avaliação no rendimento do morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.). **Diss. Instituto Agronômico Pós-Graduação, Campinas**, 2011.

ZORZETO, T. Q. et al. Caracterização física de substratos para plantas. **Bragantia**, v. 73, p. 300-311, 2014.