

CAPÍTULO 8

DESENVOLVIMENTO RADICULAR DE KALANCHOE BLOSSFELDIANA EM SUBSTRATOS COM CINZA DA CASCA DE ARROZ SOB DISTINTOS REGIMES DE IRRIGAÇÃO



<https://doi.org/10.22533/at.ed.835152512068>

Data de aceite: 09/07/2025

Paola da Rosa Lira

Doutoranda em Engenharia
Universidade Federal do Pampa
Alegrete. Brasil

Fátima Cibele Soares

Professora/Pesquisadora do curso de
Engenharia Agrícola
Universidade Federal do Pampa

Franciele Altíssimo Bortolás

Mestra em Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Santa Maria
Brasil

Patricia da Rosa Lira

Doutoranda em Engenharia
Universidade Federal do Pampa
Alegrete. Brasil

Jumar Luís Russi

Professor/Pesquisador do curso de
Engenharia Elétrica.
Universidade Federal do Pampa
Alegrete. Brasil

Dentro desse contexto, a floricultura se destaca como um segmento que demanda soluções eficientes e ambientalmente responsáveis, especialmente no que diz respeito à formulação de substratos que favoreçam o crescimento saudável e vigoroso do sistema radicular das espécies ornamentais. Este trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento do sistema radicular da cultivar 'Debbie' de Kalanchoe blossfeldiana Poelln cultivada em vasos sob diferentes níveis de irrigação e formulações de substrato contendo resíduos industriais e vegetais, com destaque para a cinza da casca de arroz (CCA). O delineamento foi inteiramente casualizado, em arranjo bifatorial 4x4, composto por quatro lâminas de irrigação (70%, 50%, 30% e 20% da capacidade de vaso) e quatro composições de substrato (0%, 15%, 35% e 50% de CCA), com quatro repetições por tratamento, totalizando 64 unidades experimentais. Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey (1% de significância). Os resultados demonstraram que a matéria seca radicular (MSR) foi significativamente influenciada tanto pela composição do substrato quanto pela lâmina de irrigação. Os maiores valores de MSR foram observados nos substratos com 15%

RESUMO: Atualmente, a agricultura vem adotando estratégias cada vez mais sustentáveis, priorizando o uso de materiais reaproveitáveis que contribuem para a qualidade e a continuidade das produções.

e 30% de CCA, especialmente sob as lâminas extremas de 70% e 20%, indicando que essas combinações favoreceram maior expansão e vigor do sistema radicular. O substrato com 35% de CCA apresentou atributos físicos ideais, como porosidade total, aeração e retenção hídrica equilibradas. Já os substratos com 50% de CCA apresentaram desempenho inferior, possivelmente devido à compactação excessiva. Conclui-se que a CCA, quando utilizada em proporções equilibradas, é uma alternativa eficiente e sustentável para formulação de substratos na produção ornamental.

Palavras-chave: sistema radicular, substrato, cinza da casca de arroz, floricultura sustentável, matéria seca radicular.

ROOT DEVELOPMENT OF KALANCHOE BLOSSFELDIANA IN SUBSTRATES WITH RICE HUSK ASH UNDER DIFFERENT IRRIGATION REGIMES

ABSTRACT: Currently, agriculture has been adopting increasingly sustainable strategies, prioritizing the use of reusable materials that contribute to the quality and continuity of production. Within this context, floriculture stands out as a segment that demands efficient and environmentally responsible solutions, especially with regard to the formulation of substrates that favor the healthy and vigorous growth of the root system of ornamental species. This study aimed to evaluate the growth of the root system of the Kalanchoe blossfeldiana Poelln cultivar 'Debbie' grown in pots under different irrigation levels and substrate formulations containing industrial and vegetable waste, with emphasis on rice husk ash (RHA). The design was completely randomized, in a 4x4 bifactorial arrangement, composed of four irrigation depths (70%, 50%, 30% and 20% of the pot capacity) and four substrate compositions (0%, 15%, 35% and 50% of CCA), with four replicates per treatment, totaling 64 experimental units. The data were subjected to analysis of variance and Tukey's test (1% significance). The results demonstrated that root dry matter (RDM) was significantly influenced by both the substrate composition and the irrigation depth. The highest RDM values were observed in the substrates with 15% and 30% RCA, especially under the extreme depths of 70% and 20%, indicating that these combinations favored greater expansion and vigor of the root system. The substrate with 35% RCA presented ideal physical attributes, such as balanced total porosity, aeration and water retention. Substrates with 50% RCA presented inferior performance, possibly due to excessive compaction. It is concluded that RCA, when used in balanced proportions, is an efficient and sustainable alternative for formulating substrates in ornamental production.

KEYWORDS: root system, substrate, rice husk ash, sustainable floriculture, root dry matter.

INTRODUÇÃO

O sistema radicular é responsável por uma série de funções essenciais ao desenvolvimento vegetal, como a absorção de água e nutrientes, a ancoragem da planta e o estabelecimento de interações com o meio edáfico. Sua estrutura e funcionalidade são profundamente influenciadas pelas características físicas e químicas do substrato, especialmente em cultivos em vasos, onde o espaço e os recursos são limitados. Na floricultura, o desempenho radicular impacta diretamente a qualidade e a longevidade das espécies ornamentais, sendo, portanto, um parâmetro agronômico relevante.

Dentro desse contexto, o uso de resíduos agroindustriais como a cinza de casca de arroz (CCA) tem se mostrado uma alternativa promissora para a formulação de substratos agrícolas. A CCA é rica em sílica e apresenta elevada porosidade e capacidade de aeração, propriedades que favorecem a oxigenação e o crescimento das raízes, além de contribuir para o reuso sustentável de resíduos do setor orizícola. Entretanto, sua aplicação deve ser equilibrada, uma vez que teores elevados podem alterar a retenção de umidade e o pH do meio, impactando negativamente o desenvolvimento radicular.

A *Kalanchoe blossfeldiana* Poelln., planta ornamental suculenta amplamente cultivada em vasos, responde de forma sensível às variações do substrato. Ainda que a parte aérea receba maior atenção por seu apelo visual, é o sistema radicular que sustenta todo o crescimento vegetativo e reprodutivo da planta. Diante disso, torna-se necessário compreender como diferentes proporções de CCA afetam o crescimento radicular dessa espécie, especialmente sob condições distintas de irrigação.

Assim, o presente trabalho teve como objetivo analisar o efeito de substratos formulados com diferentes proporções de cinza de casca de arroz (CCA), associados a níveis variados de lâminas de irrigação, sobre o desenvolvimento do sistema radicular de *Kalanchoe blossfeldiana* cv. 'Debbie'. A partir dessa abordagem, buscou-se contribuir para a construção de práticas sustentáveis na produção ornamental, valorizando o uso de resíduos agrícolas e promovendo a otimização da saúde radicular em cultivos comerciais.

MATERIAIS E MÉTODOS

O delineamento experimental adotado foi do tipo inteiramente casualizado, com arranjo bifatorial 4x4, cuidadosamente planejado para avaliar a influência combinada de diferentes níveis de irrigação e de composição do substrato na resposta fisiológica da *Kalanchoe blossfeldiana* cv. 'Debbie'. Sendo assim, os fatores analisados foram: Lâminas de irrigação (L1 a L4): correspondentes a 70%, 50%, 30% e 20% da capacidade de retenção de água do vaso (CV) e outro fator é a composição do substrato (S1 a S4): contendo 50%, 35%, 15% e 0% de cinza da casca de arroz (CCA), respectivamente. Cada combinação de tratamento foi repetida quatro vezes, totalizando 64 unidades experimentais, com vasos dispostos de forma aleatória em bancada dentro da casa de vegetação, respeitando os princípios de homogeneidade ambiental e minimização de viés experimental.

Capacidade de Vaso e Irrigação

As lâminas de irrigação foram obtidas com base na capacidade de retenção hídrica (CV) dos substratos, parâmetro fundamental que representa a quantidade máxima de água que um substrato é capaz de reter após o escoamento gravitacional. A metodologia a seguir foi descrita por Kampf et al. (2006), conforme a equação:

$$CV = (\text{massa saturada} - \text{massa seca}) / \text{massa seca}$$

Onde:

massa seca: peso do vaso preenchido com o substrato totalmente seco;

massa saturada: peso do vaso com o substrato umedecido e drenado naturalmente por 24h.

O processo de saturação foi realizado de forma manual e cuidadosa, utilizando bandejas com lâmina d'água. Após 24 horas de drenagem espontânea, o peso final foi registrado como massa saturada. Assim, as lâminas de irrigação aplicadas (L1 a L4) foram definidas com base na porcentagem da CV obtida para cada substrato.

As irrigações foram realizadas manualmente, com o uso de proveta graduada de 1 litro, respeitando o intervalo de um a dois dias entre rega. O início das irrigações ocorreu logo após o transplante das mudas e foi mantido até o encerramento do ciclo fenológico da planta, abrangendo o desenvolvimento vegetativo, a formação da copa e o florescimento pleno.

Determinação do Consumo Hídrico

O consumo de água pela planta foi estimado por meio do método do balanço hídrico, utilizando a equação de Thornthwaite, adaptada para condições controladas:

$$ET_r = (M_i - M_{i+1}) + I - D$$

Onde:

ET_r : evapotranspiração real da cultura (mL);

M_i : massa do vaso (substrato + água) no início do intervalo de tempo;

M_{i+1} : massa do vaso ao final do intervalo de tempo;

I : volume de água aplicado (irrigação);

D : volume de água drenada.

As massas foram obtidas com balança de precisão (0,01g), permitindo alta sensibilidade para detectar perdas e retenções hídricas. Esse procedimento permitiu entender, com exatidão, o comportamento hídrico da planta em cada condição de cultivo.

Determinação do Coeficiente de Cultura (Kc)

O coeficiente de cultura (Kc) foi calculado para diferentes fases do desenvolvimento da Kalanchoe, relacionando a evapotranspiração real da cultura (ET_r) à evapotranspiração de referência (ET_0), por meio da equação:

$$Kc = ET_r / ET_0$$

A evapotranspiração de referência (ET_o) foi estimada utilizando os dados de evaporação de um tanque classe A posicionado dentro da casa de vegetação, considerando a equação:

$$ET_o = Kt \times EV$$

Onde:

Kt: coeficiente do tanque classe A (adimensional);

EV: evaporação observada (mm/dia).

As medições foram realizadas diariamente, garantindo precisão no acompanhamento das variações microclimáticas do ambiente de cultivo.

Análise de Matéria Seca e Sistema Radicular

Ao final do ciclo da cultura (163 dias), realizou-se a avaliação destrutiva de três repetições por tratamento, com o objetivo de mensurar a matéria seca da parte aérea e do sistema radicular, bem como analisar o comprimento, largura e volume das raízes.

As plantas foram cuidadosamente retiradas dos vasos. A separação da parte aérea e das raízes foi feita por umedecimento do substrato e remoção manual do excesso de material. Cada fração (área e radicular) foi pesada em seu estado fresco, depois encaminhada para secagem em estufa a 65 °C por 72 horas, seguindo protocolo de secagem de biomassa vegetal.

Além das medições quantitativas, foram realizados registros fotográficos dos sistemas radiculares para fins comparativos e documentação visual. Um exemplo ilustrativo está representado na Figura 1.a, referente à repetição de substrato com 0% de CCA sob 20% da CV, e na Figura 1.b, com substrato de 35% de CCA sob lâmina de 50% da CV.



Figura 1. (a) Sistema radicular da repetição R3 no substrato S4, sob lâmina de irrigação L4, aos 163 dias após o transplante. (b) Representação dos sistemas radiculares das repetições R1, R2 e R3 no substrato S2, sob a mesma lâmina L4. Fonte:Autores,2025.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Figura 2 , apresenta-se o percentual de massa seca do sistema aéreo e radicular da cultivar ‘Debbie’ de *Kalanchoe blossfeldiana* Poelln aos 163 dias após o transplante. A análise revelou que, conforme se reduz o teor de cinza da casca de arroz (CCA) no substrato, ocorre uma tendência ao aumento da umidade e variações na matéria seca da planta. No entanto, o substrato S3 (15% de CCA) destacou-se por produzir a maior média de biomassa áerea sob a lâmina de irrigação de 70% da CV.

Quanto ao sistema radicular, os melhores resultados foram observados no tratamento S2 (35% de CCA), sob a menor lâmina de irrigação (20% da CV), indicando que diferentes proporções de CCA e níveis de disponibilidade hídrica podem favorecer compartimentos distintos da planta. Tal comportamento bifacetado biomassa áerea versus biomassa radicular – corrobora estudos prévios que destacam a influência dos substratos alternativos sobre compartmentalizações específicas do desenvolvimento vegetal (ZANÃO JÚNIOR et al., 2022; FARIA et al., 2018; SILVA et al., 2020).

A ausência de uma correlação linear entre o aumento das lâminas de irrigação e a produção de biomassa confirma a complexidade da interação entre substrato e regime hídrico. Observa-se que as respostas do sistema radicular e da parte aérea são distintas, ressaltando a necessidade de ajustes no manejo de água e substrato, conforme o objetivo produtivo seja para maximizar a biomassa radicular ou a aérea.

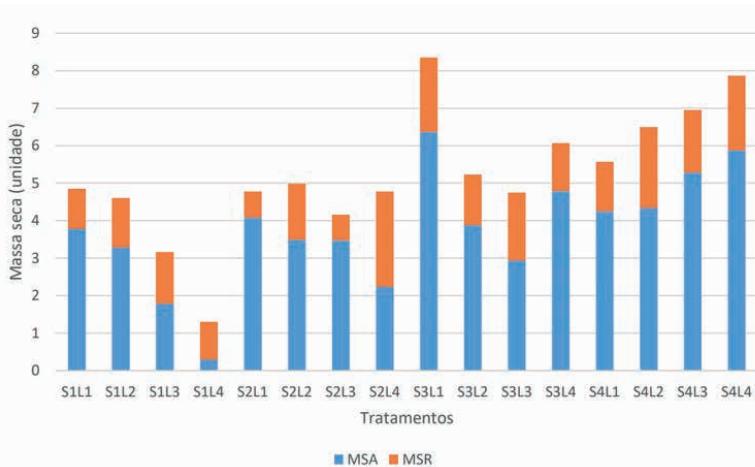


Figura 2 - é demonstrado o percentual de massa seca do sistema radicular e aéreo da cultivar “Debbie” de *Kalanchoe blossfeldiana* poelln, realizada a coleta ao findar do ciclo, aos 163 DAT.

As respostas diferenciadas da parte aérea e do sistema radicular observadas neste experimento com *Kalanchoe blossfeldiana* cv. ‘Debbie’, frente às proporções de CCA e aos regimes hídricos, encontram respaldo em outros trabalhos da literatura. Monteiro

et al. (2021), ao avaliarem a cultivar ‘Amora’ em substratos com diferentes proporções de resíduo de erva-mate, relataram que o desenvolvimento da parte aérea foi mais expressivo em tratamentos com até 50% do resíduo, enquanto a massa fresca radicular foi favorecida com o uso do substrato comercial puro. Essa divergência entre as respostas vegetativas evidencia a sensibilidade do sistema radicular a alterações químicas e físicas do substrato, e a capacidade adaptativa da parte aérea frente à disponibilidade de nutrientes e estímulo floral.

De forma semelhante, Pêgo e Ferreira (2020) observaram que plantas de *Kalanchoe laetivirens* e *K. delagoensis* cultivadas em substratos arenosos apresentaram maior massa fresca e diâmetro na parte aérea, porém não necessariamente o maior desenvolvimento radicular. O substrato com areia pura ou combinado ao solo favoreceu a expansão da copa, enquanto combinações mais densas e orgânicas resultaram em crescimento radicular limitado, possivelmente pela menor aeração.

No presente estudo, a parte aérea respondeu positivamente ao substrato S3 (15% de CCA) sob irrigação de 70% da CV, enquanto a maior biomassa radicular foi obtida no substrato S2 (35% de CCA) sob menor lâmina hídrica (20% da CV). Isso indica que o ajuste do substrato e da água pode modular estrategicamente o crescimento de diferentes compartimentos da planta, sendo possível direcionar a produção conforme o interesse ornamental (parte aérea) ou fisiológico (sistema radicular). Assim como nos trabalhos de Monteiro et al. (2021) e Pêgo e Ferreira (2020), reforça-se que o comportamento da planta não é linear nem uniforme entre suas estruturas, mas sim resultado de uma interação complexa entre fatores físico-químicos do substrato e a disponibilidade hídrica.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste estudo evidenciam que o uso da cinza de casca de arroz (CCA) como componente do substrato influencia significativamente o desenvolvimento da *Kalanchoe blossfeldiana* cv. ‘Debbie’, tanto na parte aérea quanto no sistema radicular, especialmente quando associado a diferentes lâminas de irrigação. Foi possível observar que a distribuição da biomassa vegetal respondeu de forma segmentada aos tratamentos, indicando que cada compartimento da planta apresenta exigências distintas em relação às propriedades físico-químicas do substrato e à disponibilidade hídrica.

A maior biomassa aérea foi obtida no substrato com 15% de CCA sob irrigação de 70% da capacidade de vaso, enquanto o sistema radicular foi favorecido com 35% de CCA e irrigação reduzida (20% da CV). Essa resposta bifacetada reforça a importância do manejo integrado e adaptado ao objetivo da produção — seja para promover o florescimento e vigor visual, seja para estimular o enraizamento e a absorção eficiente de recursos.

Além disso, ao correlacionar os resultados com estudos anteriores que utilizaram outros resíduos orgânicos, como erva-mate e areia, reafirma-se o potencial dos substratos alternativos para promover o crescimento saudável de espécies ornamentais. No entanto, destaca-se a necessidade de equilíbrio e moderação na proporção desses componentes, evitando excessos que comprometam a estabilidade do substrato ou a saúde radicular da planta.

Dessa forma, conclui-se que a CCA pode ser utilizada com segurança e eficácia como parte da formulação de substratos para o cultivo de Kalanchoe, desde que incorporada de maneira criteriosa. A combinação entre resíduos agroindustriais e um manejo hídrico bem ajustado representa uma estratégia promissora para a produção ornamental sustentável, aliando desempenho produtivo, reaproveitamento de resíduos e redução do impacto ambiental

REFERÊNCIAS

- FARIA, A. M. et al. Carbonized rice husk and coconut fiber as components in orchid substrates improve root aeration and dry biomass. *Orchidologia*, [S. I.], in press, 2018.
- KÄMPF, A. N.; TAKENE, R. J.; SIQUEIRA, P. T. V. D. *Floricultura: técnicas de preparo de substratos*. Brasília, DF: LK Editora e Comunicação, 2006.
- MONTEIRO, D. M. et al. Cultivo de Kalanchoe blossfeldiana em diferentes substratos contendo resíduos de erva-mate. *Research, Society and Development*, [S. I.], v. 10, n. 5, e12710514683, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i5.14683>.
- PÉGO, R. G.; FERREIRA, T. S. Substratos alternativos para a produção de Kalanchoe laetivirens e Kalanchoe delagoensis. *Cadernos de Agroecologia*, São Cristóvão, SE, v. 15, n. 2, Anais do XI Congresso Brasileiro de Agroecologia, 2020.
- SILVA, M. T. da et al. Innovative substrates for sugarcane seedling production: sewage sludges and rice husk ash in a waste-to-product strategy. *Industrial Crops and Products*, [S. I.], v. 157, art. 112812, 2020.
- SOUZA, A. R. C. et al. Consumo hídrico e desempenho de Kalanchoe cultivado em substratos alternativos. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 40, n. 3, p. 534-540, 2010.
- THORNTHWAITE, C. W. & MATHER, J. R. **The water balance**. Publications in Climatology, New Jersey, Drexel Inst. of Technology, 1955. 104p
- ZANÃO JÚNIOR, L. A. et al. Contribution of the carbonized rice husk added to the substrate in production of vegetable seedlings. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 38, n. 1, p. 1-10, 2022.