



# APLICAÇÃO DE BIOCHAR PROVENIENTE DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS E *Cymbopogon citratus* COMO SUBSTRATO PARA CULTIVO DE MUDAS DE *Eucalyptus grandis*

## USE OF BIOCHAR FROM URBAN SOLID WASTE AND *Cymbopogon citratus* AS A SUBSTRATE FOR THE GROWTH OF *Eucalyptus grandis* SEEDLINGS

Vanessa Susana Rech Bisi<sup>1</sup>; Wendel Paulo Silvestre<sup>2</sup>; Marcelo Godinho<sup>3</sup>; Gabriel Fernandes Pauletti<sup>4</sup>.

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos e Tecnologias (PGEPROTEC), Universidade de Caxias do Sul. Caxias do Sul – RS. Brasil. Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130, bloco 74, sala 206, Petrópolis, Caxias do Sul, RS, Brasil. CEP: 95070-560. E-mail: [vsrbisi@ucs.br](mailto:vsrbisi@ucs.br). Apresentador do trabalho.; <sup>2</sup>Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos e Tecnologias (PGEPROTEC), Universidade de Caxias do Sul. Caxias do Sul – RS. Brasil. Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130, bloco 74, sala 206, Petrópolis, Caxias do Sul, RS, Brasil. CEP: 95070-560. E-mail: [wpsilvestre@ucs.br](mailto:wpsilvestre@ucs.br); <sup>3</sup>Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos e Tecnologias (PGEPROTEC), Universidade de Caxias do Sul. Caxias do Sul – RS. Brasil. Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130, bloco 74, sala 206, Petrópolis, Caxias do Sul, RS, Brasil. CEP: 95070-560. E-mail: [mgodinho@ucs.br](mailto:mgodinho@ucs.br); <sup>4</sup>Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos e Tecnologias (PGEPROTEC), Universidade de Caxias do Sul. Caxias do Sul – RS. Brasil. Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130, bloco 74, sala 206, Petrópolis, Caxias do Sul, RS, Brasil. CEP: 95070-560. E-mail: [gfpaulet@ucs.br](mailto:gfpaulet@ucs.br).

## INTRODUÇÃO

A tecnologia envolvida na agroindústria 4.0 visa a ruptura dos ciclos fechados de descarte em busca por ciclos produtivos mais limpos que possibilitam o sequestro de carbono (BASTOS et al., 2022). Alternativas para a disposição adequada de resíduos da agroindústria e de resíduos sólidos urbanos fazem parte do ciclo técnico - biológico para os novos conceitos de economia circular (BORSCHIVER e TAVARES, 2021).

O *Cymbopogon citratus* (*C. citratus*), vulgarmente denominado ‘capim limão’, é uma planta perene da família Poaceae cujo óleo essencial possui ação antimicrobiana, analgésica, anticancerígena e inseticida. O cultivo desta espécie visa principalmente à produção de óleo essencial, com rendimento aproximado de 40 kg de óleo por hectares (GOMES; 2003) e geração de biomassa residual.

No Brasil, em 2022, foram produzidos 81,8 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos (RSU) sendo 39,5 % destes resíduos destinados de forma inadequada (ABRELPE, 2022), gerando ao longo dos anos, um passivo ambiental, com consequências à saúde humana (SILVA; SANTOS; GOMES, 2014). A utilização da pirólise dos RSU se trata de uma alternativa sustentável para reutilização destes resíduos, reduzindo os impactos ambientais e a necessidade de tratamento e disposição posterior de rejeitos (MORAES et al., 2015).

A pirólise é um processo de conversão termoquímica no qual a matéria-prima (em geral, biomassa) é submetida a temperaturas entre 200 °C e 800 °C em condições anóxicas (ausência de oxigênio), obtendo biochar, bio-óleo e gases não-condensáveis. O biochar é um material de estrutura amorfa, grafitica, estável e porosa, composta majoritariamente por cadeias de carbono aromático. A utilização de biochar como condicionador no solo promove melhoria no desenvolvimento das plantas em razão da alteração do pH e



melhoria de propriedades físico-químicas do solo, como porosidade e capacidade de retenção de água (KAVITHA et al., 2018; LEHMANN; JOSEPH, 2009).

Melo e Silva (2018) observaram que a utilização de biochar em substrato para mudas se trata de uma opção economicamente viável. Isso ocorre porque substratos alternativos, com aproveitamento de resíduos, podem reduzir os custos de produção em relação a diferentes tipos de substratos comerciais, mais onerosos. Anualmente, a produção de mudas de espécies do gênero *Eucalyptus* está em crescimento, visando obter mudas de elevada qualidade para o estabelecimento de cultivos florestais. Nativo do Sudeste Asiático e Oceania, o gênero *Eucalyptus* apresenta grande número de espécies, como *Eucalyptus grandis* (*E. grandis*), empregada no cultivo florestal e silvícola (OLIVEIRA e JÚNIOR., 2021; SILVA et al., 2018).

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da incorporação de diferentes concentrações de biochar de RSU e de *C. citratus* em substratos para a produção de mudas de *E. grandis*.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A amostra utilizada de RSU foi obtida em quarenta e dois municípios contendo 80 % de material orgânico e 20 % de rejeitos (plástico, papel, laminados). Esta amostra de RSU foi submetida à pirólise lenta em um reator tipo Auger (reator de rosca infinita), à temperatura final de pirólise de 450 °C, com taxa de aquecimento de 10 °C·min<sup>-1</sup> e tempo de residência no reator de aproximadamente 90 min.

A amostra de *C. citratus* foi obtida através da biomassa da planta (parte aérea – caules e folhas) coletada na área experimental da Universidade de Caxias do Sul, sendo submetida a extração de óleo essencial e posteriormente à conversão térmica por pirólise lenta em um reator tipo Auger, à temperatura final de pirólise de 350 °C, com taxa de aquecimento de 10 °C·min<sup>-1</sup> e tempo de residência no reator de aproximadamente 90 min.

O experimento agrônômico foi conduzido a partir da incorporação de diferentes concentrações de biochar de RSU e de *C. citratus* em substrato comercial Carolina Soil<sup>®</sup>, sendo preparados sete tratamentos, compostos por três repetições cada, contendo dez plantas por repetição, totalizando 30 plantas de *E. grandis* por tratamento. Em tubetes de 30 mL, foram acondicionados o substrato, o biochar de RSU e o biochar de *C. citratus*, conforme os seus respectivos tratamentos. O substrato para semeadura das sementes de *E. grandis* foi preparado conforme codificação e detalhamento dos tratamentos, compilados na Tabela 1.



**TABELA 1** – Codificação e descrição dos tratamentos utilizados no experimento com mudas de *E. grandis*.

Codificação	Tratamento
T0	Controle (somente substrato)
T1	Substrato + 5,0 % m/m de biochar RSU
T2	Substrato + 7,5 % m/m de biochar RSU
T3	Substrato + 10,0 % m/m de biochar RSU
T4	Substrato + 5,0 % m/m de biochar de <i>Cymbopogon citratus</i>
T5	Substrato + 7,5 % m/m de biochar de <i>Cymbopogon citratus</i>
T6	Substrato + 10,0 % m/m de biochar de <i>Cymbopogon citratus</i>

Solução nutritiva conforme metodologia de Hoagland e Arnon (1950). Fonte: autores (2023).

Durante os meses de dezembro de 2022 a março de 2023, as mudas de *E. grandis* se desenvolveram por 90 dias em casa de vegetação com irrigação por aspersão. Após 15 dias da germinação das sementes, as plantas receberam, um aporte de 3 mL de solução nutritiva, preparada conforme descrito por Hoagland e Arnon (1950), aplicada em cada planta, duas vezes por semana até o final do experimento. Após o término do experimento, as plantas foram avaliadas com os parâmetros biométricos de comprimento de planta e de raiz, volume de raiz e massa seca das plantas.

O experimento seguiu delineamento do tipo inteiramente casualizado, sendo os resultados submetidos à análise em esquema bifatorial de variância (ANOVA). Os parâmetros que apresentaram significância estatística foram analisados pelo teste de comparação múltipla de médias de Tukey a 5 % de probabilidade de erro ( $\alpha = 0,05$ ). As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa AgroEstat<sup>®</sup>.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes ao parâmetro biométrico de comprimento de planta estão apresentados na Tabela 2, compilando os dados obtidos para as diferentes concentrações de biochar de RSU e de *C. citratus* em substrato.

**TABELA 2** – Comprimento de planta (cm) de mudas de *E. grandis* cultivadas em substrato contendo doses crescentes de biochar de RSU e de *C. citratus*.

Concentração	Tipo de Biochar	
	RSU	<i>Cymbopogon citratus</i>
Controle	18,41 Ab	18,41Aa
5,0 % m/m	23,78 Aa	10,96 Bb
7,5% m/m	21,79 Aa	11,72 Bb
10,0 % m/m	18,74 Ab	12,75 Bb

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula em linha (tipo de biochar) e minúscula em coluna (concentração), não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro. Fonte: autores (2023).

De acordo com os resultados apresentados, é possível observar que as plantas cultivadas no substrato com biochar de RSU apresentaram maior comprimento em relação ao substrato contendo biochar



de *C. citratus*. Em concentrações de 5,0 % a 7,5 % m/m, o substrato contendo biochar de RSU apresentou diferença estatística, sendo superior ao controle e a 10 % m/m e ao tratamento com biochar de *C. citratus*.

O efeito de crescimento em mudas de *E. grandis* com utilização de biochar de lodo de esgoto foi verificado por Gonzaga et al. (2018), mencionando a possibilidade de uso do biochar como condicionador de solo e/ou substrato.

Para os parâmetros biométricos de comprimento e volume de raiz não foi observada diferença estatística significativa entre os tratamentos, apresentando comprimento médio de 8,70 cm e volume médio de 1,11 cm<sup>3</sup>. Ao analisar o volume de raiz em mudas de *Sapindus saponaria* L. produzidas em substrato com misturas de biochar em diferentes concentrações, Soares et al. (2021) observou que, ao elevar as concentrações, o volume de raiz era reduzido, comentando sobre a possibilidade de interferência do biochar no desenvolvimento das raízes.

Os parâmetros biométricos de massa seca de planta e raiz são apresentados na Tabela 3. Ocorreu diferença estatística entre os dois tipos de biochar, porém não foi observada diferença estatística entre as concentrações e o controle, conforme pode-se notar na Tabela 3.

**TABELA 3** – Massa seca de planta e raiz (g) de mudas de *E. grandis* cultivadas em substrato contendo doses crescentes de biochar de RSU e de *C. citratus*.

Massa seca	Tipo de Biochar	
	RSU	<i>Cymbopogon citratus</i>
Planta	0,50 a	0,30 b
Raiz	0,15 a	0,08 b

Médias seguidas pela mesma letra em linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro. Fonte: autores (2023).

Os dados apresentados mostram que a presença de biochar de RSU foi benéfico ao desenvolvimento das plantas, tanto parte aérea quanto raiz, independentemente da concentração (até 10 % m/m). Petter et al. (2012) não verificou diferença estatística para os parâmetros de massa seca de planta e de raiz em mudas de *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus citriodora* cultivadas em substrato com biochar.

O desenvolvimento distinto entre o biochar de RSU e de *C. citratus* evidencia a necessidade de outros estudos visando observar e relacionar os efeitos do biochar de diferentes biomassas e as dosagens empregadas para produção de mudas *E. grandis* e outras espécies em substratos com a adição de biochar, bem como avaliar a composição química dos diferentes biochars e seus efeitos em plantas.

## CONCLUSÕES

O biochar de RSU apresentou melhor desempenho na produção de mudas de *E. grandis* em relação ao biochar de *C. citratus*, considerando os parâmetros de comprimento, massa seca e massa fresca de planta. O comprimento e volume de raiz não foram afetados por nenhum dos tratamentos, indicando que a presença



dos biochars, indiferente da fonte, não foi prejudicial ao desenvolvimento radicular das mudas. Assim, o biochar de RSU, até a dosagem de 10 % m/m, pode ser empregado como material constituinte de substratos para o cultivo de mudas de *E. grandis*.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2022**. 2022. Disponível em: <https://https://abrelpe.org.br/download-panorama-2022/>. Acesso em: 06/05/2023.

BASTOS, B.V.; LOPES, J. C. de J.; GONÇALVES, A. C. N.; NEIVA, K. N.. Bioeconomia, economia circular e agroindústria 4.0: proposições para as transições tecnológicas emergentes. **Colóquio: Revista do Desenvolvimento Regional Faccat**, v. 19, n. 1, p. 312-338, 2022.

Borschiver, S.; Tavares, A. S.. **Catalisando a economia circular: conceitos, modelos de negócios e sua aplicação em setores da economia**. Editora UFRJ, Rio de Janeiro, 2021, 183 p.

GOMES, E.C. **Capim-limão - *Cymbopogon citratus* (D.C) Stapf: subsídios para melhoria de qualidade do cultivo, industrialização e comercialização no Estado do Paraná**. Tese de Doutorado. 184 p. 2003. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil.

GONZAGA, M. I. S.; MACKOWIAK, C.; ALMEIDA, A. Q. de.; JUNIOR, J. I. T. de C. Sewage sludge derived biochar and its effect on the growth and morphological traits of *Eucalyptus Grandis* W. Hill Ex Maiden seedlings. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 2, p. 687 – 695, 2018.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. **The water culture method for growing plants without soil**. Circular 347. California Agricultural Experiment Station, Berkeley, 1950.

KAVITHA, B.; VENKATA, P.; REDDY, L.; KIM, B.; LEE, S. S.; PANDEY, S. K.; KIM, K. Benefits and imitations of biochar amendment in agricultural soils: A review. **Journal of Environmental Management**, v. 227, p. 146–154, 2018.

LEHMANN, J.; JOSEPH, S. **Biochar for Environmental Management: Science and Technology**, Editora Earthscan, London, 2009, 416 p.

MELO, I. M.; SILVA, L. F. V. Biocarvão como condicionador de substrato para produção de mudas de alface. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 39, p. 107–111, 2018.

MORAES, L.C.R de; SANTOS, A. L. C. dos; FERREIRA, A.M.; RAMOS, D. L. da S.; RIBAS, F. S.; FRANÇA, G. A. de C.; JUNIOR, J. de B.; SANTOS, T. C. dos. Processo pirólise para decomposição do lixo urbano. **Revista Pesquisa e Ação**, v. 1, n. 1, p. 133 - 140, 2015.

OLIVEIRA, E. B. de; JUNIOR, J. E. P.. **O eucalipto e a Embrapa: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento**. Embrapa, Brasília, 2021, 1160p.

PETTER, F. A.; ANDRADE, F. R.; JUNIOR, B.H. M.; GONÇALVES, L. G.; SCHOSSLER, T. R.. Biochar como condicionador de substrato para a produção de mudas de eucalipto. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 4, p. 44-51, 2012.



SILVA, J. de S. da; SANTOS, S. da S.; GOMES, F. G. G.. A biotecnologia como estratégias de reversão de áreas contaminadas por resíduos sólidos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental (REGET)**. 2014. e-ISSN 2236 1170.

SILVA, V. L.; BELEM, R. S.; JUNIOR, B. H. M.; ANDRADE, F. R.; FARIAS, J.; ROCHA, N. C. L.. Biochar como condicionante de solo no cultivo do eucalipto híbrido urograndis. **Scientific Electronic Archives**, v. 11, n.4, p. 7 – 13, 2018.

SOARES, D. C. O.; LIMA, S. F.; LIMA, A. P. L.; PAULA, J. A. F.. Uso do biochar e de bioestimulante na produção e qualidade de mudas de *Sapindus saponaria* L. **Ciência Florestal**, v. 31, n. 1, p. 106-122, 2021.