

GANHOS MORFOFISIOLÓGICOS DE MUDAS DE PIMENTÃO PRODUZIDAS COM LODO DE CURTUME E MOINHA DE CAFÉ

MORPHOPHYSIOLOGICAL GAINS OF PEPPER SEEDLINGS PRODUCED WITH TANNERY SLUDGE AND COFFEE MOINHA

^{1*}Dayvson Dansi Rodrigues.

²Sávio da Silva Berilli.

³Vinicius Rodrigues Ferreira.

⁴Carlos Humberto Desiderio Pirovani.

⁵Julio Cesar Fiorio Vettorazzi.

⁶Euliene Pereira Henrique.

⁷Laís Barboza Rozaes.

⁸Marcos Brito Piassi.

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo – IFES, Campus de Alegre- ES. E-mail: dansibio@gmail.com.

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo – IFES, Campus de Alegre- ES. E-mail: berilli@gmail.com.

³Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo – IFES, Campus de Alegre- ES. E-mail: rodrigues.ufes@gmail.com.

⁴Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo – IFES, Campus de Alegre- ES. E-mail: nadipirovani@hotmail.com.

⁵Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo – IFES, Campus de Alegre- ES. E-mail: juliocesar.f.v@hotmail.com.

⁶Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo – IFES, Campus de Alegre- ES. E-mail: euliene.pereira@gmail.com.

⁷Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo – IFES, Campus de Alegre- ES. E-mail: laisbarbosarozaes@hotmail.com.

⁸Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo – IFES, Campus de Alegre- ES. E-mail: mbritobiassi2015@gmail.com.

*Autor de correspondência

Artigo submetido em 21/03/2022, aceito em 29/04/2022 e publicado em 31/10/2022.

Resumo: Bons resultados têm sido observados testando o lodo de curtume bovino ou a moinha de café nos substratos para produção de mudas de hortaliças. Neste sentido, buscou-se avaliar a resposta morfofisiológica e a qualidade de mudas de pimentão produzidas com substratos formados pela mistura desses resíduos. As proporções de 0, 5, 10, 15, 20, 50 e 100% de lodo de curtume desidratado em mistura com moinha de café compostada foram testadas, além de um tratamento com substrato comercial (100% Provaso®). O experimento ocorreu em casa de vegetação e optou-se por utilizar o delineamento em blocos casualizados. Foram usados seis blocos, com 10 mudas em cada parcela, resultando em 80 mudas por bloco e 480 no experimento. Neste estudo avaliou-se as características de emergência, biométricas, gravimétricas, fisiológicas e de qualidade de mudas. As médias foram submetidas aos testes de Scott-Knott e Dunnett ($p < 0,05$). Os tratamentos com misturas dos resíduos, de forma geral, proporcionaram médias superiores ao tratamento contendo substrato comercial nas

variáveis analisadas. As características químicas e físicas resultantes da mistura dos resíduos e seus nutrientes provavelmente contribuíram com os resultados. Os substratos contendo 10 e 50% de lodo de curtume misturados, respectivamente, a 90 e 50% de moinha de café obtiveram as melhores médias para as características de desenvolvimento e para o índice de qualidade de mudas.

Palavras-chave: qualidade de mudas; aproveitamento de resíduo; redução de custos; sustentabilidade.

Abstract: Good results have been observed from testing bovine tannery sludge or coffee moinha on substrates for the production of vegetable seedlings. In this sense, we sought to evaluate the morphophysiological response and the quality of sweet pepper seedlings produced with substrates formed by mixing these residues. The proportions of 0, 5, 10, 15, 20, 50 and 100% of dehydrated tannery sludge mixed with composted coffee moinha were tested, in addition to a treatment with commercial substrate (100% Provaso®). The experiment took place in a greenhouse and adopted a randomized block design. Six blocks were used, with 10 seedlings in each plot, resulting in 80 seedlings per block and 480 in the experiment. The study evaluated the emergence, biometric, gravimetric, physiological and quality characteristics of seedlings. The means were submitted to the Scott-Knott and Dunnett tests ($p < 0.05$). The treatments with mixtures of residues, in general, provided higher averages than the treatment containing commercial substrate in the analyzed variables. The chemical and physical characteristics resulting from the mixture of residues and their nutrients probably contributed to the results. The substrates containing 10 and 50% of tannery sludge mixed, respectively, with 90 and 50% of coffee moinha, obtained the best means for the development characteristics and for the seedling quality index.

Keywords: seedling quality; waste recovery; cost savings; sustainability.

1 INTRODUÇÃO

A compostagem e a associação de resíduos industriais de origem animal e vegetal podem permitir o seu aproveitamento agrícola, contribuindo com a proteção ambiental e favorecendo produtores rurais e os geradores de resíduos (COSTA; COSTA; PEREIRA, 2014). Uma alternativa apropriada é a produção de mudas, pelo uso de um composto orgânico de custo reduzido e muito eficiente (BERILLI *et al.*, 2016).

Sabe-se que uma boa qualidade de mudas é determinante no bom desenvolvimento das plantas no campo e o uso de um bom substrato é muito importante para uma produção agrícola suficiente (ALMEIDA *et al.*, 2018b; OZA *et al.*, 2018).

Um substrato adequado necessita de uma mistura de materiais com propriedades específicas para o desenvolvimento de mudas com raízes saudáveis. A constituição de raízes maiores permite uma melhor exploração do

substrato pelas mudas e, conseqüentemente, uma maior assimilação de água e nutrientes (COSTA; COSTA; PEREIRA, 2014).

Um dos resíduos com potencial para formulação de substratos de mudas é o lodo de curtume. Esse material é formado no processo industrial do couro, resultado do tratamento físico-químico e biológico do efluente do curtimento de peles (HOEHNE *et al.*, 2017; FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE, 2018). O lodo de curtume apresenta grande quantidade de matéria orgânica e elementos minerais essenciais às plantas, como N, Ca, Mg e Na (BERILLI *et al.*, 2018a), além de possuir a capacidade de neutralização da acidez (SILVA *et al.*, 2015).

Pesquisas recentes apontaram as possibilidades do lodo de curtume como fertilizante na agricultura, colaborando com o aumento da produtividade (BERILLI *et al.*, 2018a). Substratos alternativos contendo lodo de curtume apresentaram qualidade superior ou

semelhante aos substratos comerciais na produção de mudas de hortaliças como a berinjela (BERILLI *et al.*, 2021), pimenta malagueta (BERILLI *et al.*, 2020a), pimentão (BERILLI *et al.*, 2019), a pimenta biquinho (ALMEIDA *et al.*, 2017), rúcula (HOEHNE *et al.*, 2017) e alface (BASTOS; MERIZIO; ARAÚJO, 2011).

Outro resíduo de interesse para produção de mudas de hortaliças é a moinha de café. Esse resíduo é um potencial fertilizante devido às elevadas concentrações de nitrogênio, fósforo e potássio. A moinha deriva de restos vegetais (folhas, galhos, restos de inflorescências e grãos mal formados do próprio cafeeiro) liberados do secador de café no processo de secagem mecânica (MENEGHELLI *et al.*, 2016). A moinha vem sendo testada na formulação de substratos para mudas como substituta das cascas de arroz, que são regularmente compradas de outros estados produtores de arroz (Paraná, Santa Catarina e Mato Grosso) resultando em custos elevados (LO MONACO *et al.*, 2020).

Substratos compostos por moinha de café misturada com outros resíduos orgânicos foram testados em hortaliças como couve-flor (LO MONACO *et al.*, 2020), repolho (MENEGHELLI *et al.*, 2018; OLIVEIRA *et al.*, 2018), pepino (GUISOLFI *et al.*, 2018), berinjela (MENEGHELLI *et al.*, 2017) e tomateiro (KRAUSE *et al.*, 2017). Esses resíduos apresentaram melhores índices de crescimento de mudas de hortaliças em relação ao substrato comercial. Porém, experimentos com substratos compostos pela mistura de moinha de café e lodo de curtume para produção de mudas de hortaliças são desconhecidos. Logo, a mistura de lodo de curtume e moinha pode ser uma alternativa para produção de mudas de pimentão (*Capsicum annum* L.).

O pimentão está entre as hortaliças-fruto pertencentes à família solanácea com maior importância econômica. Conhecida pelo valor nutricional e sabor, o pimentão é relevante para o comércio do Brasil e a sua versatilidade de uso estimula uma expansão anual da cultura. Os países que mais produzem o fruto são Índia, China, México, Turquia, Estados Unidos, Nigéria, Indonésia, Egito, Coréia e Itália (FILHO *et al.*, 2018). Logo, a espécie é interessante para testar substratos alternativos para produção de mudas de hortaliças.

Deste modo, buscou-se, com este trabalho, avaliar o desenvolvimento e a qualidade de mudas de pimentão produzidas em substratos compostos por diferentes proporções de lodo de curtume e moinha de café, comparados com o substrato comercial Provaso®.

2 PROCESSOS METODOLÓGICOS

2.2 LOCAL DO ESTUDO

A pesquisa foi realizada no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo – Campus de Alegre, situado nas coordenadas UTM Sirgas 2000, 24 S, 244.590 E, 7.702.733 N e altitude de 134 metros.

2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E CARACTERÍSTICA DOS RESÍDUOS

O experimento com mudas de pimentão foi conduzido em casa de vegetação. Utilizou-se do delineamento em blocos casualizados (DBC), com oito tratamentos e seis repetições, com 10 mudas em cada parcela experimental, resultando em 80 mudas por bloco e 480 no experimento. Foram testadas sete diferentes proporções entre o lodo de curtume e a moinha de café, além de um substrato comercial como testemunha (Tabela 1).

Tabela 1: Discriminação dos tratamentos com diferentes proporções (v/v) de resíduos orgânicos no substrato e substrato comercial (testemunha).

Componente	Proporção (%)							
	TSC	TMO100	TLC05	TLC10	TLC15	TLC20	TLC50	TLC100
Subst. Comercial*	100	0	0	0	0	0	0	0
Lodo de curtume	0	0	5	10	15	20	50	100
Moinha de café	0	100	95	90	85	80	50	0

Fonte: o autor.

Nota: *substrato comercial Provaso®.

O lodo de curtume bovino, decomposto anaerobicamente e desidratado, foi obtido da empresa Capixaba Couros LTDA, localizada em Baixo Guandu/ES, com Licença de Operação nº 36/2017 para curtimento e outras preparações de couros e peles. A moinha compostada procede de secadores de café do entorno de Alegre – ES, também licenciados, a qual foi submetida ao processo de compostagem com grama de jardim, por meio de leira revolvida.

O substrato comercial usado foi o fertilizante orgânico composto classe A “Provaso”, lote 11/2019, envase nov./2019, validade de 12 meses, com registro no Mapa nº 10586 10.000-5, EP-ES 10.586-4. Esse substrato é composto por bagaço de cana, torta de filtro de usina de cana-de-açúcar, esterco, camas de aviários e cinzas. Os atributos químicos do substrato comercial e dos resíduos estão descritos na Tabela 2.

Tabela 1: Características químicas do lodo de curtume (LC), da moinha de café (MC) e do substrato comercial (SC) usado nos tratamentos avaliados

Det	MO	Corg	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	Fe	Cr	pH	CTC	MOC	C/N	CTC/C
Unid	----- % -----											mg/kg	mmol/kg	%	-	-
LC*	36	17,6	1,2	1,3	0,18	14,3	1,00	3,24	0,08	0,4	196	7,5	70	31,7	15/1	4/1
Class	-	-	B	M	A	A	M	A	-	-	-	Bom	-	-	Bom	-
MC*	58	27,7	2,6	0,6	1,58	1,6	0,43	0,47	0,04	1,7	16	6,4	915	50	11/1	33/1
Class	Bom	-	B	M	A	M	B	M	-	-	-	Bom	-	-	ótimo	-
SC**	-	15	1	-	-	-	-	-	-	-	-	6,5	195	-	15/1	13

Fonte: * transcrição do resultado das análises feitas pelo Laboratório Agrônomo Labominas, metodologia preconizada pelo Ministério da Agricultura; ** fabricante - informações no rótulo do produto; umidade - 50%.

Nota: Comp: componente; LC: lodo de curtume; MC: moinha de café; SC: substrato comercial; MO: matéria orgânica; N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; S: enxofre; Na: sódio; Fe: ferro; Cr: cromo; pH: potencial hidrogeniônico; CTC: capacidade de troca catiônica; MOC: matéria orgânica compostável; C/N: relação carbono/nitrogênio; CTC/C: relação CTC/carbono. Det: determinação; Unid: unidade; Val: valor; class: classes de interpretação (B: baixo; M: médio, A: alto), conforme análises feitas pelo Laboratório Agrônomo Labominas com base em Kiehl (1985).

Foram usadas sementes de pimentão (*Capsicum annuum* var. *annuum* L.) da variedade Casca Dura Ikeda, produzidas pela fabricante Isla, com validade: Jan/2022, germinação de 98% e 100% de pureza. A semeadura foi realizada

com três sementes por célula e desbaste 20 dias após a semeadura.

2.3 VARIÁVEIS ANALISADAS

As análises da etapa de propagação foram baseadas em trabalhos de Oliveira *et al.* (2014); Crispim *et al.* (2015) e Almeida *et al.* (2017). A emergência (EMER), em porcentagem, foi avaliada aos 17 dias após a semeadura (DAS), seguida de desbaste, deixando apenas uma muda por célula (mais vigorosa). Após, o número de folhas expandidas (NF) foi contado e foi medida a altura da planta (AP), em cm, com régua, e o diâmetro do coleto (DC), em mm, com paquímetro digital. O teor relativo de clorofila das folhas foi determinado por meio do medidor portátil de clorofila modelo SPAD-502, Marca Minolta (SALLA; CINTRA; ANTONIO, 2007).

O fluorômetro Multiplex® (Force-A, França) com múltiplas fontes de excitação de luz (ultravioleta, azul, verde e vermelho) estimou os índices de balanço de nitrogênio (NBI-G e NBI-R), de clorofila total (SFR-G e SFR-R), de antocianina (ANT-RG e ANT-RB) e de flavonoides (FLAV). Essa análise foi realizada entre 8h e 11h, em um lado das folhas, com o equipamento apontado para o dossel, de cima para baixo, em um ângulo de aproximadamente 45 graus (BERILLI *et al.*, 2018b).

As avaliações destrutivas ocorreram aos 45 dias após a semeadura, utilizando seis mudas de cada parcela. Essas análises ocorreram no Laboratório de Fitotecnia do IFES e avaliaram: massa fresca da parte aérea (MFPA) em mg^{-1} ; massa fresca da raiz (MFR) em mg^{-1} ; área foliar (AF) em cm^2 ; comprimento da raiz (CR) em cm; massa seca da parte aérea (MSPA) em mg^{-1} e massa seca da raiz (MSR) em mg^{-1} .

As mudas foram lavadas em água corrente, separando-se a parte aérea do sistema radicular, onde MFPA e a MFR foram avaliadas em balança eletrônica (precisão de 0,001 g). A área foliar (AF), em cm^2 , foi obtida por meio do medidor de área foliar de bancada modelo LI-3100C, marca Li-Cor. Variáveis de raízes - comprimento (CR), em cm, projeção da área (PAR), área da superfície (ASR), em

cm^2 , diâmetro médio (DMR), em mm, e volume (VR), em cm^3 - foram avaliadas por meio do Scanner EPSON STD4800 e do software WinRhizo.

Em seguida, a parte aérea e as raízes foram acondicionadas separadamente em sacos de papel identificados e colocados em estufa com circulação de ar forçado a 65°C por 72 horas, para a obtenção de MSPA e MSR, em mg^{-1} , por meio de balança eletrônica (precisão de 0,001 g).

O teor de clorofila a e b (mmol m^{-2}) foi determinado por extrações obtidas de discos foliares, de cinco mm de diâmetro, retirados de três mudas de cada tratamento, usando dimetilsulfóxido (DMSO) - 10 mL/amostra. Após as amostras passarem por banho-maria por 25 min, a 65°C , a absorbância da clorofila foi medida em 480 nm (A480), 649 nm (A649) e 665 nm (A665) usando o espectrofotômetro modelo Spectrum SP-2000 (HISCOX; ISRAELSTAM, 1979; WELLBURN, 1994).

A qualidade das mudas foi avaliada pelo Índice de Qualidade de muda de Dickson (IQD), conforme (DICKSON; LEAF; HOSNER, 1960), obtido pela equação:

$$IQD = \left[\frac{MST}{\frac{AP}{DC} + \frac{MSPA}{MSR}} \right]$$

Onde: IQD = índice de qualidade de Dickson; MST = Massa Seca Total (mg^{-1}); AP = Altura de Plantas (cm); DC = diâmetro do caule (mm); MSPA = Massa Seca da Parte Aérea (mg^{-1}); MSR = Massa Seca de Raiz (mg^{-1}).

2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram verificados quanto à normalidade dos erros (testes de Shapiro-Wilk) e homogeneidade da variância (teste

de Bartlett). A análise de variância foi realizada e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$), quando houve diferença significativa, por meio do pacote “Expdes” (FERREIRA; CAVALCANTI; NOGUEIRA, 2021). Os tratamentos com diferença foram comparados com o substrato comercial pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$), por meio do pacote “Asbio” (AHO, 2020). As análises estatísticas foram realizadas por meio do software R (R CORE TEAM, 2021) e Rstudio (RSTUDIO TEAM, 2021).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferenças significativas para emergência das mudas, com maiores valores registrados para os tratamentos TMO100, TLC05, TLC10, TLC15, TLC20 e TLC50. Para o número de folhas, o tratamento TLC50 apresentou a maior média, seguido pelo tratamento TLC10. O substrato comercial mostrou a menor média para esta variável. Os tratamentos TLC10 e TLC50 também se destacaram em altura de planta apresentando as maiores médias em relação aos demais tratamentos (Tabela 3).

Tabela 2: Médias dos valores de percentagem de emergência (EMER), número de folhas (NF), altura da planta (AP), diâmetro do colo (DC) e área foliar (AF) de mudas de pimentão em diferentes substratos

Trat.	EMER (%)	NF (unid.)	AP (mm)	DC	AF
TSC	61,6 c	3,9 d	56,1 b	1,0 b	3,2 d
TMO100	84,4 a*	4,0 c	58,9 b	1,1 a	4,4 b*
TLC05	93,3 a*	4,1 c	57,0 b	1,0 b	4,8 b*
TLC10	88,9 a*	4,3 b*	64,0 a*	1,2 a	5,0 a*
TLC15	88,9 a*	4,0 c	59,0 b	1,0 b	4,6 b*
TLC20	85,0 a*	4,1 c	58,9 b	1,1 a	5,0 a*
TLC50	88,9 a*	4,6 a*	64,7 a*	1,0 b	5,2 a*
TLC100	75,6 b	4,1 c	55,7 b	1,0 b	4,0 c*
Média	83,3	4,1	59,3	1,0	4,5
CV (%)	11,1	3,7	6,7	8,6	6,9

Fonte: elaborado pelo autor.

Nota: Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott no nível de 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo; * médias diferentes do tratamento com substrato comercial (TSC) no nível de 5% ($p < 0,05$) de probabilidade pelo teste de Dunnett.

Os tratamentos TMO100, TLC10 e TLC20 obtiveram as maiores médias de diâmetro de colo, porém os resultados foram similares ao TSC. Os substratos com 10, 20 e 50% de LC obtiveram a maior média para área foliar, valor 65% superior à média apresentada pelo substrato comercial (Tabela 3). O estado nutricional dos resíduos pode ter favorecido tais ganhos nessas variáveis, como o nitrogênio, 1,2 % no lodo de curtume e 2,6 % na moinha de café, valores superiores

aos encontrados no substrato comercial (Tabela 2).

Nesse sentido, conforme Berilli *et al.* (2014, 2018, 2020), as condições favoráveis ao desenvolvimento das mudas são consequência das qualidades nutricionais do lodo de curtume, principalmente de Ca, Mg, N, P e S. Segundo Berilli *et al.* (2019), mudas de pimentão desenvolvidas em substrato formado pela mistura LC e composto de lixo urbano apresentaram padrão

semelhante de diâmetro da copa e número de folhas, além de diâmetro de caule, e todos os tratamentos foram superiores ao substrato comercial.

O nitrogênio e o enxofre constituem o principal conjunto de nutrientes essenciais. A assimilação desses nutrientes formando ligações com carbono cria compostos orgânicos (aminoácidos, ácidos nucleicos e proteínas), contribuindo com o desenvolvimento e o ganho de massa foliar. O magnésio participa da ativação de enzimas envolvidas na respiração, na fotossíntese e na síntese de DNA e RNA. Ele também é parte da estrutura em anel da molécula de clorofila. O fósforo compõe os açúcares fosfato, intermediários da respiração e da fotossíntese, bem como os fosfolípidios que compõem as membranas vegetais. Ele também é um componente de nucleotídeos utilizados no metabolismo energético das plantas (como ATP) e no DNA e no RNA (TAIZ *et al.*, 2017). Isso leva a crer que o

balanço nutricional da junção dos resíduos é superior ao substrato comercial testado.

Os tratamentos TLC10 e TLC50 se destacaram com as maiores médias para MFPA, MFRA, MSRA e IQD. No entanto, o tratamento TLC50 apresentou a maior média de MSPA e MSRA, valor 25% maior que o substrato comercial. O substrato comercial e o tratamento TLC100 proporcionaram as menores médias para as variáveis de MFPA, MSPA e MSRA (Tabela 4).

Entre as características químicas do lodo de curtume, os teores de cálcio (14,3%) e enxofre (3,24%) são classificados como concentração alta para fertilizantes orgânicos, enquanto a moinha de café possui valores de 1,6% e 0,47%, respectivamente, interpretado como classe média (Tabela 2), fator que pode contribuir com os resultados encontrados nas características gravimétricas.

Tabela 3: Médias dos valores de matéria fresca da parte aérea (MFPA); matéria fresca da raiz (MFR); matéria seca da parte aérea (MSPA); matéria seca da raiz (MSRA) e; índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de pimentão em diferentes substratos

Trat.	MFPA	MFRA	MSPA	MSRA	IQD x10 ⁻⁴
 (g)				
TSC	15,2 c	4,7 b	15,5 c	6,8 c	5,1 b
TMO100	21,9 b*	7,0 a	19,8 b	7,7 b	5,1 b
TLC05	19,9 b*	6,3 a	19,2 b	7,1 b	5,3 b
TLC10	21,9 a*	6,6 a	20,3 b	7,6 b	5,9 a
TLC15	20,0 b*	7,0 a	19,2 b	7,1 b	4,9 b
TLC20	20,5 b*	7,5 a	20,4 b	7,9 b	5,3 b
TLC50	22,7 a*	4,2 b	25,7 a	8,6 a	5,9 a
TLC100	12,6 d*	4,2 b	14,3 c	6,3 c	4,7 b
Média	19,3	5,9	19,3	7,4	5,3
CV (%)	6,0	25,8	17,6	15,1	11,6

Fonte: elaborado pelo autor.

Nota: Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott no nível de 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo; * médias diferentes do tratamento com substrato comercial (TSC) no nível de 5% (p < 0,05) de probabilidade pelo teste de Dunnett.

Os referidos resíduos apresentaram bons resultados nas variáveis de crescimento em experimentos com outras hortaliças. Em mudas de rabanete, os tratamentos com LC proporcionaram resultados para massa de raiz e IQD similares aos encontrados com o substrato comercial Provaso® (BERILLI *et al.*, 2020b). Em experimento com berinjela, proporções de 10 a 90% de LC apresentaram valores MSPA, MSR e massa seca total superiores ao substrato comercial (BERILLI *et al.*, 2021).

Nas variáveis de raízes, não houve diferença entre os tratamentos compostos

por resíduos e o substrato comercial pelo teste de Dunnett, com exceção dos tratamentos TLC100 e TMO100 no comprimento de raízes. O tratamento TMO100 se destacou como o único com maior média em todas as variáveis relacionadas às raízes. O aumento da concentração de LC proporcionou a redução do comprimento de raízes e a maior concentração de LC (TLC100) apresentou média menor que o substrato comercial (Tabela 5).

Tabela 4: Médias dos valores de comprimento (CR), projeção da área (PAR), área da superfície (ASR), diâmetro médio (DMR) e volume (VR) de raízes de mudas de pimentão em diferentes substratos

Trat.	CR cm	PAR cm ²	ASR cm ²	DMRx10 ² mm	VRx10 ² cm ³
TSC	79,4 c	3,8 c	11,0 b	52,2 a	14,5 b
TMO100	99,9 a*	4,7 a	13,8 a	50,6 a	17,3 a
TLC05	90,7 b	4,9 a	14,2 a	49,8 a	15,7 b
TLC10	91,3 b	4,9 a	14,3 a	46,4 b	17,0 a
TLC15	88,1 b	4,8 a	14,2 a	48,5 b	17,8 a
TLC20	80,4 c	4,6 b	13,8 a	48,2 b	17,2 a
TLC50	82,5 c	4,4 b	13,1 a	48,5 b	16,3 a
TLC100	59,1 d*	4,4 b	12,0 b	46,7 b	13,9 b
Média	83,9	4,6	13,3	48,9	16,2
CV (%)	6,8	6,1	7,3	6,0	8,9

Fonte: elaborado pelo autor.

Nota: Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott no nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; * médias diferentes do tratamento com substrato comercial (TSC) no nível de 5% ($p < 0,05$) de probabilidade pelo teste de Dunnett.

Os ganhos nas variáveis de raízes relacionados à maior proporção de moinha de café no substrato atrelados às características físicas dos resíduos. O LC apresenta maior densidade que a MC, o que pode proporcionar maior quantidade de micro poros ao substrato e, assim, maiores proporções de LC parecem menos favoráveis ao desenvolvimento das raízes.

Os maiores valores de matéria orgânica (MO), carbono orgânico (Corg) e melhor relação carbono nitrogênio (C/N) da moinha de café em comparação com o

lodo também podem ter contribuído para os resultados. Além disso, apesar de a salinidade da MC prejudicar as plantas quando em maior quantidade no substrato (KRAUSE *et al.*, 2017; ALMEIDA *et al.*, 2018a; MENEGHELLI *et al.*, 2018), a concentração de sódio do LC (0,08 %) usado é o dobro da MC (0,04 %), o que pode explicar as perdas às mudas nas referidas variáveis com a elevação da proporção desse resíduo no substrato.

Gupta e Huang (2014) relatam que as alterações que ocorrem no potencial

hídrico entre substrato e muda, devido à presença excessiva de sal, refletem em danos nos componentes celulares, tais como DNA, proteínas e lipídios, obstruindo as funções celulares vitais. O que provavelmente limitou o desenvolvimento das raízes. Uma salinidade elevada no substrato ainda pode acarretar na redução do potencial osmótico, influenciando negativamente na absorção de água pelas raízes (ALMEIDA *et al.*, 2018c).

Aliado a isso, levanta-se a ideia de competição entre os íons Na^+ e Cl^- e os nutrientes N, P, K, Ca, Mg e S, pelo mesmo sítio de absorção, inibindo a absorção desses nutrientes (COELHO *et al.*, 2017).

Conforme as análises fisiológicas (Tabela 6), realizadas por meio do Multiplex[®], percebe-se uma elevação dos índices de compostos nas proporções mais altas de lodo de curtume. As maiores médias para os índices de clorofila total

(SFR-G e SFR-R) foram observadas nos tratamentos TLC50 e TLC100. Isso difere de experimentos semelhantes, onde não houve diferença nos índices de clorofila e antocianinas na avaliação de LC misturado com solo comparado com outros resíduos na produção de mudas de palmeira-garrafa (BERILLI *et al.*, 2018a), bem como com LC misturado com húmus no desenvolvimento de mudas de café conilon (BERILLI *et al.*, 2018b).

As diferenças perceptíveis na coloração das plantas derivam da presença e dispersão variável de outros pigmentos associados, como os carotenoides, que sempre acompanham as clorofilas (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010). Assim, os teores maiores de carotenoides da moinha, verificados pela extração de pigmentos (Tabela 7), podem estar correlacionados com os índices mais altos de clorofila total apresentados pelos tratamentos com maior proporção de lodo.

Tabela 5: Médias dos valores de teor de clorofila (SFR-G e SFR -R), flavonoides (FLAV), antocianina (ANT-RG e ANT-RB) e balanço de nitrogênio (NBI-G e NBI-R), obtidas por meio do fluorômetro Multiplex[®] nas folhas das mudas

Trat.	SFR_G	SFR_R	FLAV	ANTH_RG	ANTH_RB	NBI_G ⁻¹	NBI_R ⁻¹
TSC	14,0 b	13,0 b	6,3 c	-1,5 a	-7,9 b	2,3 a	3,1 b
TMO100	13,7 b	13,2 b	6,7 b	-1,6 b	-8,3 c*	2,0 b	2,8 c
TLC05	13,4 b	13,3 b	6,8 b*	-1,6 b	-8,2 c	1,9 b*	2,8 c
TLC10	14,6 b	13,8 b	6,4 c	-1,8 c*	-8,3 c*	2,2 a	3,1 b
TLC15	14,2 b	13,6 b	6,7 b	-1,6 b*	-8,2 c	2,1 b	2,9 c
TLC20	14,5 b	13,8 b	7,0 a*	-1,6 b	-8,1 c	2,0 b*	2,8 c
TLC50	16,2 a*	15,3 a*	7,2 a*	-1,7 c*	-8,0 b	2,0 b	3,0 c
TLC100	16,4 a*	15,9 a*	6,6 c	-1,8 c*	-7,4 a*	2,4 a	3,5 a
Média	14,6	14,0	6,7	-1,2	-8,0	2,1	3,0
CV (%)	7,4	4,9	4,1	6,2	2,4	7,5	8,3

Fonte: elaborado pelo autor.

Nota: Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott no nível de 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo; * médias diferentes do tratamento com substrato comercial (TSC) no nível de 5% ($p < 0,05$) de probabilidade pelo teste de Dunnett.

Os maiores índices de flavonoides (FLAV) foram observados com as maiores proporções de LC misturados com MC no substrato (TLC20 e TLC50), conforme a

Tabela 6. Estes tratamentos e o TLC05 foram maiores que o substrato comercial pelo teste de Dunnett. Essa elevação pode ser explicada em parte pela maior

salinidade do LC, pois Silva *et al.* (2019) avaliaram o efeito de diferentes concentrações de NaCl nos parâmetros fisiológicos e fotossintéticos em plantas de aveia branca, observando o aumento do índice de flavonoides conforme a elevação da concentração salina.

A produção de metabólicos secundários, como flavonoides e antocianina, elimina compostos reativos de oxigênio, o que é previsto para plantas desenvolvidas em presença de metais pesados em excesso, como o cromo (BERILLI *et al.*, 2016). No entanto, o cromo do LC usado neste experimento ficou dentro de limites adequados (Tabela 2), sugerindo que a maior salinidade do LC somada a sua menor permeabilidade tenha contribuído para o resultado de flavonoides.

Os índices de antocianinas a partir da luz verde (ANTH-RG) decresceram com o aumento das proporções de LC, enquanto os índices com a luz azul (ANTH-RB) aumentaram com a elevação do LC (Tabela 7). As antocianinas são substâncias que atuam na defesa da planta nas camadas epidérmicas das folhas contra estresses abióticos (ARAÚJO; DEMINICIS, 2009). Assim, a elevação das médias de flavonoides e antocianinas pode

estar relacionada ao desbalançamento de nutrientes do LC, atuando como substância de defesa contra substâncias oxidantes, pois as maiores diferenças ocorreram com proporções de 100% de lodo (ANTH-RB).

Por outro lado, as maiores proporções de lodo no substrato foram associadas às maiores médias de pigmentos fotossintéticos (50 e 100%) e de balanço de nitrogênio (100%) (Tabela 6). O maior valor do índice de equilíbrio de nitrogênio (NBI-G e NBI-R) foi observado com o tratamento TLC100, resultado conforme os índices de clorofila total (SFR-G e SFR-R), o que pode ser resultante da contribuição de nutrientes importantes para a síntese de clorofila como o nitrogênio.

As médias de índice SPAD aumentaram significativamente com as maiores proporções de LC no substrato (50 e 100%), enquanto as médias de pigmentos fotossintéticos extraídos das mudas também foram significativamente maiores no tratamento composto por 100% de LC (Tabela 7). Esses valores estão condizentes com os índices de clorofila e de balanço de nitrogênio (Tabela 6), o que pode ter relação com maiores valores de carotenoides associados à MC.

Tabela 6: Médias de índice SPAD e teores médios de pigmentos fotossintéticos (Ca: clorofila a; Cb: clorofila b; Ct: clorofila total; Car: carotenoides) em folhas de mudas de pimentão em diferentes substratos

Trat.	SPAD	Ca	Cb	Ct	Car
			mmol.m ⁻²		
TSC	22,4 c	35,4 b	18,3 b	67,8 b	65,5 a
TMO100	20,8 c	41,6 b	15,4 b	53,1 c	69,7 a
TLC05	20,6 c	35,1 b	13,4 b	62,1 b	42,8 c*
TLC10	22,4 c	35,4 b	14,6 b	50,0 c	42,9 c*
TLC15	20,6 c	28,9 b	16,9 b	45,8 c	35,7 d*
TLC20	21,8 c	28,6 b	18,5 b	47,1 c	31,6 d*
TLC50	24,9 b	34,8 b	19,6 b	54,4 c	45,9 c*
TLC100	28,5 a*	58,6 a*	26,4 a*	85,0 a	59,6 b
Média	22,8	37,3	17,9	58,1	49,2
CV (%)	7,6	15,6	18,5	22,0	5,3

Fonte: elaborado pelo autor.

Nota: Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott no nível de 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo; * médias diferentes do tratamento com substrato comercial (TSC) no nível de 5% ($p < 0,05$) de probabilidade pelo teste de Dunnett. SPAD: medida indireta de clorofila e balanço de nitrogênio.

Os valores de carotenoides dos tratamentos TSC e TMO100 foram significativamente maiores que os demais tratamentos, médias 10% e 17% maiores que o tratamento TLC100. Com exceção deste tratamento, as outras misturas com LC foram diferentes do substrato comercial pelo teste de Dunnett (Tabela 7).

Esse resultado foi diferente do apresentado por mudas de plantas clonais de café conilon, conforme Sales et al. (2016), que não mostraram diferença na produção de carotenoides após desenvolvimento em substratos formados por diferentes fontes de matéria orgânica misturadas com solo (composto de lixo urbano; esterco de gado maduro; resíduo de leite; lodo de curtume; e um controle - 100% solo).

Os carotenoides são moléculas lineares de cor laranja e atuam como pigmentos antena nos eventos fotoquímicos da fotossíntese e foto protetores para dissipar o excesso de energia absorvida pela clorofila, impedindo a formação de oxigênio singlete e o dano de pigmentos (TAIZ *et al.*, 2017). A salinidade nas proporções mais elevadas dos resíduos e substrato comercial pode ter causado estresse às mudas (QUARTEZANI *et al.*, 2018; BERILLI *et al.*, 2019). Isso pode explicar as maiores médias de carotenoides, que coincidem com menores valores de variáveis de crescimento e de qualidade (Tabelas 4 e 5), argumento usado também por Aimi *et al.* (2019), em experimento sobre o substrato e adubação na qualidade de mudas de *Myrocarpus frondosus* Allemão.

CONCLUSÃO

Os substratos contendo 10 e 50% de lodo de curtume misturados, respectivamente, a 90 e 50% de moinha de

café obtiveram as melhores médias para características de desenvolvimento e para o índice de qualidade de mudas. Os tratamentos com misturas dos resíduos, de forma geral, proporcionaram médias superiores ao tratamento contendo substrato comercial nas variáveis analisadas.

Portanto, o presente experimento mostrou que um substrato composto por lodo de curtume em associação com a moinha de café na produção de mudas de pimentão é um interessante aproveitamento agrônômico para esses resíduos.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), Campus de Alegre. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). À Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES).

REFERÊNCIAS

- AHO, K. **Asbio: A Collection of Statistical Tools for Biologists**, 2020. . Disponível em: <<https://cran.r-project.org/package=asbio>>.
- AIMI, S. C. *et al.* Substrate and fertilization in the quality of *Myrocarpus frondosus* seedlings. **Floresta**, v. 49, n. 4, p. 831–840, 2019.
- ALMEIDA, N. de *et al.* Use of tannery sludge in complementation to the commercial substrate in the production of pepper seedlings. **Sciencia Agraria**, v. 18, n. 1, p. 20–33, 2017.
- ALMEIDA, K. M. *et al.* Aproveitamento de resíduos agrícolas como substrato alternativo na produção de mudas de

- berinjela. Utilization of agricultural wastes as an alternative substrate Tema Gerador : Manejo de Agroecossistemas e Agricultura Orgânica Introdução Na cadeia produtiv. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. Dc, 2018a.
- ALMEIDA, K. M. *et al.* Aproveitamento de resíduos agrícolas como substrato alternativo na produção de mudas de berinjela. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 1, 18 ago. 2018b.
- ALMEIDA, K. M. *et al.* Efeito de diferentes proporções de moínha de café na composição de substratos alternativos para produção de mudas de pepino. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.17, n. 4, p. 515-522, 2018c.
- BASTOS, N. de S.; MERIZIO, T.; ARAÚJO, F. F. de. Desenvolvimento de mudas de alface em substrato comercial enriquecido com lodo de curtume. **Colloquium Exactarum**, v. 03, n. 01, p. 18–21, 2011.
- BERILLI, S. *et al.* Tannery sludge and urban waste compost in the production of *Solanum melongena* L. through regression and multivariate analysis. **Journal of Plant Nutrition**, v. 44, n. 17, p. 2559–2571, 2021.
- BERILLI, S. da S. *et al.* Use of sludge tannery substrate as alternative to prepare Conilon coffee seedlings. **Coffee Science**, v. 9, n. 4, p. 472–479, 2014.
- BERILLI, S. da S. *et al.* Influence of chromium accumulation in index of secondary compounds in seedlings of conilon coffee. **Coffee Science**, v. 11, n. 4, p. 512–520, 2016.
- BERILLI, S. da S. *et al.* Physiological components and initial growth seedlings of palm tree-bottle in response to substrates with tannery sludge. **Scientia Agraria**, v. 19, n. 1, p. 94–101, 2018a.
- BERILLI, S. da S. *et al.* Estabilização substrato Usando Humus com Tannery Lodo no café conilon Mudas. v. 21, n. 1, p. 1–10, 2018b.
- BERILLI, S. da S. *et al.* Use of tannery sludge and urban compost as a substrate for sweet pepper seedlings. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 34, n. 4, p. 1–9, 2019.
- BERILLI, S. da S. *et al.* Efeito do lodo de curtume adicionado em substrato comercial para produção de mudas de pimenta malagueta. **Revista Ifes Ciência**, v. 6, n. 2, p. 149–162, 2020a.
- BERILLI, S. da S. *et al.* Lodo de curtume como adubo alternativo na produção de rabanete. **Energia na Agricultura**, v. 35, n. 2, p. 214–224, 2020b.
- COELHO, D. S.; SIMÕES W. L.; SALVIANO, A. M.; SOUZA, M. A.; SANTOS, J. E. Acúmulo e distribuição de nutrientes em genótipos de sorgo forrageiro sob salinidade. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 16, p. 178-192, 2017.
- COSTA, L. A. M.; COSTA, M. S. S. M.; PEREIRA, D. C. Composto Orgânico e Pó de Rocha como Constituintes de Substratos para Produção de Mudas de Tomateiro. **Global Science and Technology**, v. 7, n. 1, p. 16–25, 2014.
- CRISPIM, J. G. *et al.* Utilização de substratos alternativos na produção de mudas de pimenteira ornamental (*Capsicum* sp L.). **Cadernos de Agroecologia**, v. 10, 2015.
- DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.
- DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality Appraisal of White Spruce and White Pine Seedling Stock in Nurseries.

The Forestry Chronicle, v. 36, n. 1, p. 10–13, 1960.

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. **Pacote Experimental Designs (Portugues)**, 2021. . Disponível em: <<https://cran.r-project.org/web/packages/ExpDes.pt/ExpDes.pt.pdf>>.

FILHO, J. U. T. B. *et al.* (ed.). **Hortaliças-fruto**. Maringá: Eduem, 2018.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Guia técnico do setor de curtumes**. Belo Horizonte: Feam, 2018.

GUISOLFI, L. P. *et al.* Vista do efeito do resíduo do beneficiamento de grãos de café em substratos alternativos no Índice de Qualidade de Dickson de mudas de “*Eucalyptus urograndis*”. **Revista Cadernos de Agroecologia**, v. 13, 2018.

GUPTA, B.; HUANG, B. Mechanism of salinity tolerance in plants: physiological, biochemical, and molecular characterization. *International Journal of Genomics*, v. 2014, Article ID 701596, 18 p. 2014.

HOEHNE, L. *et al.* Aplicação da vermicompostagem no resíduo tratado de indústria de curtume para cultivo de rúculas. **Revista Destaques Acadêmicos**, v. 9, n. 4, p. 104–120, 28 dez. 2017.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Ceres, 1985.

KRAUSE, M. R. *et al.* Aproveitamento de resíduos agrícolas na composição de substratos para produção de mudas de tomateiro. **Horticultura Brasileira**, v. 35, n. 2, p. 305–310, 1 abr. 2017.

LO MONACO, P. A. V. *et al.* Use of agricultural waste material as an alternative substrate in cabbage seedling production and development. **Emirates Journal of**

Food and Agriculture, v. 32, n. 2, p. 131–139, 2020.

MENEGHELLI, C. M. *et al.* Resíduo da secagem dos grãos de café como substrato alternativo em mudas de café conilon. **Coffee Science**, v. 11, n. 3, p. 330–335, 2016.

MENEGHELLI, L. A. M. *et al.* Resíduos agrícolas como substrato na produção de mudas de berinjela. **Horticultura Brasileira**, v. 35, n. 4, p. 527–533, 2017.

MENEGHELLI, L. A. M. *et al.* Resíduos agrícolas incorporados a substrato comercial na produção de mudas de repolho. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 17, n. 4, p. 491–497, 21 nov. 2018.

OLIVEIRA, D. L. S. *et al.* Resíduos agrícolas como substratos alternativos na produção de mudas de beterraba. **Revista Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 1, 2018.

OLIVEIRA, F. A. *et al.* Produção de mudas de pimenta fertirrigadas com diferentes soluções nutritivas. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 4, p. 458–463, 2014.

OZA, E. F. *et al.* Aproveitamento de escória de siderurgia em substratos alternativos para produção de mudas de pimenteira Dedo-de-moça. **Revista Ceres**, v. 65, n. 1, p. 104–109, 2018.

QUARTEZANI, W. Z. *et al.* Effect of different sources of organic matter added to the substrate on physiological parameters of clonal plants of conilon coffee. **Australian Journal of Crop Science**, v. 12, n. 8, p. 1328–1334, 2018.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing** Vienna, Áustria R Foundation for Statistical Computing, , 2021. .

Disponível em: <<https://www.r-project.org/>>.

RSTUDIO TEAM. **RStudio: Integrated Development for R. RStudio, PBC** Boston, MARStudio, PBC, , 2021. .

Disponível em:

<<http://www.rstudio.com/>>.

SALES, R. A. de *et al.* Influência de diferentes fontes de matéria orgânica no substrato de mudas de *Passiflora morifolia*. **Enciclopédia Biosfera**, v. 13, n. 24, p. 606–615, 2016.

SALLA, L.; CINTRA, J.; ANTONIO, R. Teores de clorofila em árvores tropicais determinados com o SPAD-502. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. 2, p. 159–161, 2007.

SILVA, B. E. P. *et al.* Parâmetros fisiológicos e fotossintéticos de aveia branca submetidas à salinidade. **Revista Científica Rural**, v. 21, n. 1, p. 60–71, 20 mar. 2019.

SILVA, G. R. da *et al.* Uso do lodo de curtume na produção de plantas de açaizeiro em fase inicial de desenvolvimento. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal of Agricultural Sciences**, v. 10, n. 4, p. 506–511, 30 dez. 2015.

TAIZ, L. *et al.* **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.