

ARTIGO ORIGINAL

Produção de mudas de Mogno (*Swietenia macrophylla* King) em substrato com resíduos de agroindústria

Production of mahogany seedlings (*Swietenia macrophylla* King) on agricultural waste substrate

William Neimog¹ , Eliane Pereira Gomes¹ , Marta Betânia Ferreira Carvalho¹ ,
Andreza Mendonça¹ 

¹Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia de Rondônia – IFRO, Ji-Paraná, RO, Brasil

Como citar: Neimog, W., Gomes, E. P., Carvalho, M. B. F., & Mendonça, A. (2022). Produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King) em substrato com resíduos de agroindústria. *Scientia Forestalis*, 50, e3906. <https://doi.org/10.18671/scifor.v50.31>

Resumo

A indicação de substratos formulados com resíduos da agroindústria para a produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* K.) pode ser uma alternativa viável para minimizar os custos de produção, visto que o substrato é um dos insumos de maior investimento para a formação de mudas de boa qualidade. A recomendação de formulados para esta espécie ainda são escassos na literatura. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar o desenvolvimento de mudas de *S. macrophylla* em diferentes substratos. O experimento foi conduzido no IFRO, campus Ji-Paraná em viveiro a 50% de sombreamento por 90 dias. Os substratos avaliados foram formulados com compostos orgânicos produzidos em sacos de náilon com a relação de C:N de 2:1, sendo: T1: comercial, T2: solo + areia (2:1), T3: solo + areia + casca de café/casca de mandioca/folha de boliviana (2:1:1), T4: solo + areia + bagaço de cana/folha de boliviana (2:1:1), T5: solo + areia + casca de mandioca/folha de boliviana (2:1:1), T6: solo + areia + casca de café/folha de boliviana (2:1:1) e T7: solo + areia + bagaço de cana/casca de mandioca/folha de boliviana (2:1:1). As variáveis biométricas avaliadas foram: altura, diâmetro do coleto, massa seca e Índice de Qualidade de Dickson (IQD). Foi realizado avaliação química dos substratos e folhas das mudas conforme a metodologia proposta pela Embrapa. O arranjo experimental foi em delineamento inteiramente casualizado, com sete tratamentos e 12 repetições por tratamento. Todos os substratos testados, atenderam a recomendação em relação à altura das mudas de mogno, os substratos T1 e T3 apresentaram elevado potencial em relação aos demais. Para o diâmetro do coleto, os substratos T3, T5 e T2 tiveram valores próximos a 5 mm, tal valor ideal para mudas de boa qualidade. Em relação aos acúmulos de massa seca, verificou que as plantas cultivadas nos tratamentos T1 e T3, apresentaram valores superiores em relação aos demais substratos. Já para o IQD, os valores médios variaram entre 0,16 e 0,45, sendo as mudas no substrato T4 com valor inferior ao recomendado na literatura de 0,20. As mudas cultivadas no T3 tiveram os maiores valores foliares de N, P, K e S em relação aos demais tratamentos avaliados. As mudas de *S. macrophylla* cultivadas em substrato formulado com compostagem da casca de café e mandioca (T3), assim como em substrato comercial (T1) atenderam aos parâmetros biométricos, morfológicos e nutricionais.

Palavras-chave: Mudas florestais; Resíduos de agroindústria; Composto orgânico.

Abstract

The indication of substrates formulated with agro-industry residues for the production of mahogany seedlings (*Swietenia macrophylla* K.) can be a viable alternative to minimize production costs, since the substrate is one of the inputs of greatest investment for the formation of seedlings of good quality. The

Fonte de financiamento: Editais nº 12 de 2019, nº 34 de 2021 e ao Projeto de curricularização da extensão na disciplina de Tecnologia de sementes e viveiros florestais intitulado "Semeando florestas por meio de tecnologia e manejo de sementes e viveiros florestais".

Conflito de interesse: Nada a declarar.

Autor correspondente: william.neimog@gmail.com

Recebido: 13 maio 2022.

Aceito: 13 julho 2022.

Editor: Mauro Valdir Schumacher.



Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o artigo científico seja corretamente citado.

recommendation of formulation for this species are still scarce in the literature. Thus, the objective of this study was to evaluate the development of *S. macrophylla* seedlings on different substrates. The experiment was carried out at IFRO, Ji-Paraná campus in a nursery at 50% shade for 90 days. The substrates evaluated were formulated with organic compounds produced in nylon bags with a C:N ratio of 2:1, being: T1: commercial, T2: soil + sand (2:1), T3: soil + sand + bark of coffee/cassava husk/Bolivian leaf (2:1:1), T4: soil + sand + sugarcane bagasse/Bolivian leaf (2:1:1), T5: soil + sand + cassava husk/leaf of Bolivian (2:1:1), T6: soil + sand + coffee husks/Bolivian leaf (2:1:1) and T7: soil + sand + sugarcane bagasse/cassava husk/Bolivian leaf (2:1:1). The biometric variables evaluated were: height, collar diameter, dry mass and Dickson's Quality Index (DQI). A chemical evaluation of the substrates and leaves of the seedlings was carried out according to the methodology proposed by Embrapa. The experimental arrangement was in a completely randomized design, with seven treatments and 12 replications per treatment. All substrates tested met the recommendation in relation to the height of mahogany seedlings; substrates T1 and T3 showed higher potential. For the diameter of the collar, the substrates T3, T5 and T2 had values close to 5 mm, this being the ideal value for seedlings of good quality. As for the accumulation of dry mass, it was also verified that the plants cultivated in the treatments T1 and T3 also presented superior values than the other substrates. As for the IQD, the average values ranged between 0.16 and 0.45, with seedlings in the T4 substrate with a value lower than 0.20, which is recommended in the literature. The seedlings grown in T3 had the highest foliar values of N, P, K and S in relation to the other treatments evaluated. The *S. macrophylla* seedlings grown in substrate formulated with coffee husk and cassava compost (T3), as well as in commercial substrate (T1) met the recommended biometric, morphological and nutritional parameters.

Keywords: Forest seedlings; Agro-industry residues; Organic compost.

INTRODUÇÃO

O mogno (*Swietenia macrophylla* K.) pertence à família Meliaceae e apresenta grande importância econômica por causa de sua madeira, com características duráveis sendo muito apreciada na fabricação de móveis de luxo e artigos de decoração. Nas Américas, seu gênero é distribuído em três espécies, com a ocorrência da *S. macrophylla* desde a Península de Yucatán, no Sul do México, até a região Amazônica do Brasil, abrangendo também o Peru e a Bolívia (Brunetta et al., 2006).

Para o sucesso na implantação, revitalização e formação de florestas, sejam elas para composição de plantios comerciais, recuperação de áreas degradadas ou outros fins, a produção de mudas de qualidade é fundamental. A utilização de padrões técnicos e procedimentos adequados na formação dos substratos podem melhorar a qualidade das mudas produzidas, proporcionando plantas mais uniformes, vigorosas, de maior pegamento, e dessa forma, mais resistentes a intempéries após o plantio (Caldeira et al., 2012).

O substrato deve apresentar características físicas e químicas adequadas, uma vez que é utilizado em um estágio de desenvolvimento em que a planta é muito suscetível ao ataque de microrganismos e pouco tolerante a déficit hídrico (Cunha et al., 2006). Os mais comumente usados são solos, resíduos orgânicos e/ou substratos comerciais (Vieira & Weber, 2015). Uma alternativa viável na produção de mudas florestais é o emprego de resíduos orgânicos, que se destacam pela redução dos custos de produção, mitigação dos impactos negativos gerados, e seu reaproveitamento por meio da compostagem é uma fonte rica de matéria orgânica mineralizada e nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas (Vieira & Weber, 2015; Cavalcante et al., 2016; Araújo et al., 2017; Pelloso et al., 2020).

Tendo em vista a dificuldade de se encontrar substratos que atendam às exigências nutricionais da espécie, surge a necessidade de estudar diferentes misturas de resíduos orgânicos que otimizem a produção de mudas, garantindo baixo custo e alto padrão de qualidade. Face ao exposto, o objetivo do estudo foi avaliar o desenvolvimento biométrico e nutricional de mudas de *Swietenia macrophylla* cultivadas em diferentes substratos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no viveiro do Instituto Federal de Rondônia, campus Ji-Paraná, localizado na região central do estado de Rondônia. O clima local é Equatorial – Tropical com temperatura média anual de 31,2 °C e mínima de 21,8 °C, a precipitação média

anual é de 2.000 mm, sendo junho e julho os meses mais secos e os mais chuvosos, janeiro a maio e outubro a dezembro (Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira, 2018).

As mudas utilizadas no experimento são da espécie *S. macrophylla*, conhecidas como mogno brasileiro ou mogno nacional. As sementes foram coletadas de três árvores matrizes localizadas no IFRO, campus Ji-Paraná (10°52'53.8" S 61°58'05.5" W), nos meses de junho e julho de 2018. Em seguida, foram beneficiadas manualmente, separando as sementes do restante do fruto e retirando as alas. A semeadura foi realizada no início do mês de agosto de 2018 em caixotes de madeira (1,5 m x 1,0 m x 0,2 m) cheios de areia lavada. Os caixotes foram regados duas vezes durante 30 dias, cessando a rega de acordo com a umidade da areia.

Após o 30º dia de emergência, foi realizada a repicagem das mudas com dois ou mais pares de folhas para os seus respectivos substratos. Os substratos foram dispostos em sacos de polietileno de tamanho de 15 cm x 22 cm. Posteriormente, as mudas permaneceram em pátio sombreado por 15 dias, denominado de período de pega. Foram regadas diariamente e após este período, foram transferidas para o viveiro a 50% de sombreamento e avaliadas aos 90 dias de viveiro.

A base dos diferentes tratamentos de substratos foi solo e areia, utilizado para efeitos comparativos. O solo foi coletado em camada a 20 cm abaixo da superfície, livre de sementes e restos vegetais. O solo e a areia foram peneirados em malha de 5 mm. Foram formulados sete substratos (T) com as seguintes composições (Tabela 1).

Tabela 1. Formulações de substratos orgânicos para produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla*).

| Tratamentos | Substratos | Proporções |
|-------------|-----------------------------|------------|
| T1 | SC | 100% |
| T2 | solo + areia | 2:1 |
| T3 | solo + areia + (CC/CM/FBOL) | 2:1:1 |
| T4 | solo + areia + (BC/FBOL) | 2:1:1 |
| T5 | solo + areia + (CM/FBOL) | 2:1:1 |
| T6 | solo + areia + (CC/FBOL) | 2:1:1 |
| T7 | solo + areia + (BC/CM/FBOL) | 2:1:1 |

SC: substrato comercial, CC: casca de café, CM: casca de mandioca, BC: bagaço de cana e FBOL: folha de boliviana.

A formação dos compostos orgânicos seguiu a metodologia de compostagem elaborada por Araújo et al. (2018), que é a produção do composto orgânico em sacos de náilon. Os resíduos agroindustriais utilizados nas pilhas de compostagem por tratamento foram: casca da mandioca, casca de café e bagaço de cana descartados pelas indústrias beneficiadoras e/ou propriedades rurais da região circunvizinha a Ji-Paraná.

A casca da mandioca, bagaço de cana e a casca de café foram utilizados como bases de carbono e como base de nitrogênio as folhas de boliviana (*Cojoba arborea*) proporcionando a relação de C:N de 2:1.

O substrato comercial utilizado foi o Vivatto Slim Plus® de classificação F, composto por casca de pinus bioestabilizada, vermiculita, moinha de carvão vegetal, água e espuma fenólica, produzido na cidade de Cabreúva, São Paulo, Brasil.

Durante o período de viveiro foi utilizado um sistema de irrigação por micro aspersão de baixo custo com vazão de 70 L/h, com duas regas diárias, pelo período de 10 minutos, cada rega.

As variáveis utilizadas na avaliação da qualidade das mudas, após 90 dias de permanência no viveiro foram: altura (H) - mensurada com o auxílio de uma régua graduada posicionada ao nível do solo até o meristema apical; diâmetro do coleto (DC) - medido a 1 cm acima do nó formado logo acima da superfície do solo do recipiente, com auxílio de um paquímetro digital; comprimento das raízes (CR) - realizado com auxílio de régua graduada, considerando da parte do coleto ao ápice da raiz principal e o número de folhas (NF).

Para as análises destrutivas, foram realizadas avaliações da massa seca da parte aérea (caule e folha) e radicular. As partes das mudas foram acondicionadas em saco de papel Kraft e colocadas em estufa de ventilação forçada a 65°C, até atingir peso constante e pesadas com auxílio de uma balança eletrônica semi-analítica (0,01 g). A massa seca total (MST) foi obtida por meio da soma das massas secas da raiz (MSR), caule (MSC) e folhas (MSF).

Foram realizados também os cálculos dos índices morfológicos: Relação da altura/diâmetro do coleto (H/DC); altura da muda e comprimento da raiz (H/CR); massa seca de parte aérea pela massa seca de raiz (MSPA/MSR), bem como o Índice de Qualidade de Dickson (IQD), de acordo com a Equação 1 (Dickson et al., 1960):

$$IQD = \frac{MST}{\frac{H}{DC} + \frac{MSA}{MSR}} \quad (1)$$

Onde: MST: massa seca total (g); H/DC: relação da altura pelo diâmetro do coleto; e MSA/MSR: Relação da massa seca aérea pela massa seca da raiz (g).

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado (DIC) com sete tratamentos e 12 repetições, sendo a unidade experimental constituída por uma muda. As variáveis biométricas foram submetidas ao teste de normalidade pelo teste Shapiro-Wilk e aplicada análise de variância (ANOVA) seguida pelo teste Tukey (p < 0,05) para comparação entre as médias. O software utilizado foi o ASSISTAT Versão 7.7 beta (Silva & Azevedo, 2016).

A caracterização dos substratos (Tabela 2) e a avaliação dos macros e micronutrientes das folhas nas mudas foram conduzidas ao Departamento de Solos e Plantas da Universidade Federal de Viçosa para análises de acordo com a metodologia da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2009).

Tabela 2. Caracterização química dos substratos utilizados na produção das mudas de *Swietenia macrophylla*.

| Trat. | pH | P | K | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Al ³⁺ | MO | S | B | Cu | Mn | Fe | Zn |
|-------|--------------------|--------------------|--------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | (H ₂ O) | mg/dm ³ | mg/dm ³ | cmol _c /dm ³ | cmol _c /dm ³ | cmol _c /dm ³ | g/kg ³ | g/kg ³ | g/kg ³ | g/kg ³ | g/kg ³ | g/kg ³ | g/kg ³ |
| T1 | 6,21 | 477,3 | 383 | 7,47 | 2,88 | 0 | 335,8 | 13 | 2,36 | 0,71 | 62,2 | 77,7 | 25,96 |
| T2 | 7,19 | 3 | 7 | 1,34 | 0,11 | 0 | 2,7 | 10 | 0,16 | 0,9 | 28,5 | 55,2 | 1,57 |
| T3 | 7,57 | 8,5 | 231 | 1,76 | 0,52 | 0 | 9,4 | 5,7 | 0,96 | 0,58 | 57,3 | 27,3 | 3,85 |
| T4 | 6,88 | 3,2 | 47 | 0,91 | 0,22 | 0 | 8,1 | 9,9 | 0,51 | 0,74 | 55,8 | 53,8 | 1,44 |
| T5 | 7,35 | 6,8 | 162 | 1,58 | 0,46 | 0 | 8,1 | 6,7 | 0,58 | 0,57 | 49,0 | 28,0 | 3,11 |
| T6 | 7,21 | 3,9 | 255 | 1,97 | 0,69 | 0 | 16,1 | 4,2 | 0,76 | 0,43 | 50,9 | 18,3 | 2,91 |
| T7 | 7,18 | 4,3 | 91 | 1,41 | 0,39 | 0 | 8,1 | 4,7 | 0,50 | 0,71 | 64,8 | 47,5 | 3,02 |

T1: comercial, T2: solo + areia (2:1), T3: solo + areia + casca de café/casca de mandioca/folha de boliviana (2:1:1), T4: solo + areia + bagaço de cana/folha de boliviana (2:1:1), T5: solo + areia + casca de mandioca/folha de boliviana (2:1:1), T6: solo + areia + casca de café/folha de boliviana (2:1:1), T7: solo + areia + bagaço de cana/casca de mandioca/folha de boliviana (2:1:1).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os substratos testados atenderam a recomendação sugerida por Gonçalves et al. (2000) em relação à altura de mudas florestais entre 15 a 35 cm para serem levadas a campo (Tabela 3).

Tabela 3. Características biométricas de comprimento da raiz (CR), número de folhas (NF), massa seca da folha (MSF), massa seca do caule (MSC), massa seca da raiz (MSR), massa seca aérea (MSA) e massa seca total (MST) das mudas de *Swietenia macrophylla* nos diferentes substratos.

| Variáveis Biométricas | Tratamentos | | | | | | | CV(%) |
|-----------------------|-------------|----------|---------|---------|---------|----------|----------|-------|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | |
| CR (cm) | 20,95 ab | 22,96 ab | 22,05 a | 22,97 a | 21,26 a | 16,71 bc | 16,31 c | 18,25 |
| NF | 15,83 a | 9,08 cd | 12,50 b | 7,08 d | 12,58 b | 11,58 b | 11,33 bc | 11,06 |
| MSF (g) | 3,95 a | 1,06 de | 2,92 b | 0,45 e | 2,88 b | 2,12 bc | 1,86 cd | 32,02 |
| MSC (g) | 1,68 a | 1,48 ab | 1,32 ab | 0,70 c | 1,35 ab | 1,20 b | 1,17 bc | 30,02 |
| MSR (g) | 0,65 ab | 0,65 ab | 0,68 a | 0,35 b | 0,86 a | 0,72 a | 0,69 a | 37,89 |
| MSA (g) | 5,63 a | 2,55 c | 4,25 b | 1,15 d | 4,23 b | 3,33 bc | 3,03 bc | 29,16 |
| MST (g) | 6,28 a | 3,21 c | 4,93 ab | 1,50 d | 5,10 ab | 4,05 bc | 3,72 bc | 29,21 |

T1: comercial, T2: solo + areia (2:1), T3: solo + areia + casca de café/casca de mandioca/folha de boliviana (2:1:1), T4: solo + areia + bagaço de cana/folha de boliviana (2:1:1), T5: solo + areia + casca de mandioca/folha de boliviana (2:1:1), T6: solo + areia + casca de café/folha de boliviana (2:1:1), T7: solo + areia + bagaço de cana/casca de mandioca/folha de boliviana (2:1:1). As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

As mudas conduzidas nos substratos orgânicos apresentaram resultados superiores ao encontrado por Cardoso et al. (2015) ao avaliarem o crescimento em altura de *S. macrophylla* após 90 dias no viveiro, ao fornecerem calcário e doses crescentes de P no substrato, evidenciando assim, que o emprego de substratos orgânicos apresentam elevado potencial para esta espécie (Figura 1a).

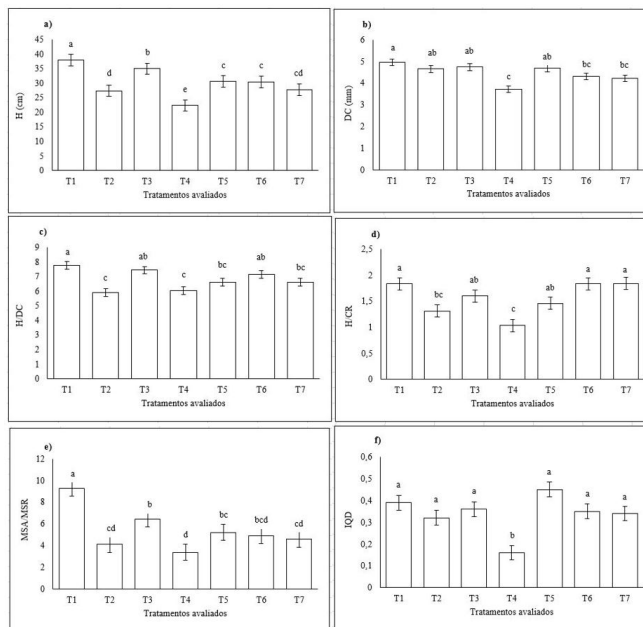


Figura 1. Características biométricas de altura total da planta - H (a), diâmetro do coleto - DC (b), relação entre altura total da planta e diâmetro do coleto - H/DC (c), relação entre altura total da planta e comprimento da raiz - H/CR (d), relação entre massa seca aérea e massa seca da raiz - MSA/MSR (e) e Índice de Qualidade de Dickson - IQD (f) das mudas de *Swietenia macrophylla* nos diferentes substratos após 90 dias a 50% de sombreamento. T1: comercial, T2: solo + areia (2:1), T3: solo + areia + casca de café/casca de mandioca/folha de boliviana (2:1:1), T4: solo + areia + bagaço de cana/folha de boliviana (2:1:1), T5: solo + areia + casca de mandioca/folha de boliviana (2:1:1), T6: solo + areia + casca de café/folha de boliviana (2:1:1), T7: solo + areia + bagaço de cana/casca de mandioca/folha de boliviana (2:1:1). As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

O crescimento em altura observado no presente estudo corrobora com aquele encontrado por Cunha Neto et al. (2018), avaliando o substrato formulado com vermiculita + casca de arroz carbonizado + fibra de coco (1:1:1) após 120 dias no viveiro, porém, em menor tempo de viveiro. Por outro lado, contrasta com o resultado encontrado por Vieira & Weber (2015), que avaliando mudas de *S. macrophylla* após 120 dias cultivadas em substrato de solo + cama de frango (1:1), inferiram médias superiores a este trabalho.

O substrato comercial seguido pelo formulado com compostagem de casca de café e mandioca tiveram os maiores valores em altura, diâmetro a altura do coleto e a relação altura e diâmetro do coleto em relação aos demais substratos orgânicos (Figura 1a-c), evidenciando a preferência da espécie no período de viveiro para substratos com maiores teores de P (Tabela 2).

O parâmetro diâmetro do coleto para as mudas cultivadas no substrato comercial e nos orgânicos alternativos T3, T5 e T2 (Figura 1b) tiveram valores próximos ao intervalo de 5 e 10 mm como padrão de qualidade em mudas florestais (Gonçalves et al., 2000). Estudos semelhantes realizados com mudas de *S. macrophylla* por Vieira & Weber (2015) e Cunha Neto et al. (2018), encontraram resultados semelhantes após 120 dias no viveiro. Já Santos et al. (2008) registraram valores inferiores com mudas após 90 dias da repicagem.

O diâmetro do coleto (DC) para a espécie *S. macrophylla* pode ser considerado um parâmetro com potencial para estimar a qualidade das mudas em substratos orgânicos. Tal premissa, é suportada pelo efeito observado de quanto mais espesso foi o diâmetro do coleto

para esta espécie, melhor foi o crescimento do sistema radicular e acúmulo de massa seca (Tabela 3). Resultado semelhante foi registrado por Vieira & Weber (2015) e Cunha Neto et al. (2018) também avaliando *S. macrophylla* em substratos orgânicos.

Já a relação da altura e diâmetro do coleto (H/DC) exprime o equilíbrio de desenvolvimento das mudas no viveiro, e o intervalo da relação entre 5,4 a 8,1 é definido como um padrão de classificação de mudas de qualidade desejável em qualquer período de avaliação para serem levadas a campo (Carneiro, 1995). O resultado do presente estudo sugere que todas as mudas cultivadas em substratos orgânicos têm robustez e estão aptas ao plantio (Figura 1c).

O crescimento da raiz é importante para dar suporte a massa seca produzida pelas plantas, sendo esse crescimento consequência da qualidade dos substratos (Carneiro, 1995).

Os substratos orgânicos formulados com a compostagem da casca de café e mandioca (T3), bagaço de cana e casca de mandioca (T4) e o formulado com casca de mandioca (T5) tiveram bom crescimento do sistema radicular (Tabela 3). Estudos semelhantes com a *S. macrophylla* realizado por Vieira & Weber (2015) com mudas após 120 dias e por Roweder et al. (2015) após 150 dias tiveram valores superiores.

As raízes primárias e raízes jovens respiram muito intensamente e para essas raízes, o oxigênio necessário para o processo respiratório, advém do próprio substrato. Logo, substratos com boa aeração, facilitam as trocas gasosas (Buckeridge et al., 2004), assim como os substratos com disponibilidade de nutrientes, o que justifica o maior desenvolvimento das mudas nos substratos formulados com a compostagem da casca de café e mandioca e com bagaço de cana e casca de mandioca em relação aos demais substratos orgânicos (Tabelas 2 e 3).

Na relação altura/comprimento da raiz quanto menor for este índice, mais lignificada será a muda e maior deverá ser a capacidade de sobrevivência da muda no campo (Gomes, 2001). Diante disso, fica evidente que o substrato formulado com compostagem da casca de café e mandioca é uma alternativa viável para substituir o substrato comercial e atender aos parâmetros de qualidade das mudas florestais (Tabela 3; Figura 1d).

Com relação aos acúmulos de massa seca observou-se que as plantas cultivadas nos substratos comercial e formulados com a compostagem da casca de café e mandioca, apresentaram valores superiores em relação aos demais substratos (Tabela 3; Figura 1e). Tais respostas possivelmente estão relacionadas a fertilidade dos substratos (Tabela 2). Segundo Brissete (1984), Daniel et al. (1997) e Caldeira et al. (2000, 2008) a razão ideal entre MSA/MSR é de 2,0 entre diferentes espécies, o que demonstra o bom equilíbrio de crescimento entre a parte aérea e a raiz.

O efeito positivo do substrato sobre o aumento da massa seca em mudas de *S. macrophylla* foram relatados também por Roweder et al. (2015), Vieira & Weber (2015), Silva et al. (2007), Santos et al. (2008) e Cardoso et al. (2015).

Desta forma, é evidente que a ausência ou deficiência de P no substrato limita a produção de matéria seca, o que pode influenciar fortemente a sobrevivência e o crescimento das mudas de espécies florestais após o plantio em campo (Haase, 2007; Carvalho, 2007). No entanto, o aumento da matéria seca não pode ser atribuído apenas à disponibilidade de P, devendo ser considerados também os efeitos nutricionais e corretivos dos silicatos de Ca e Mg no substrato (Silva et al., 2011).

Em relação ao IDQ, quando se compara os índices encontrados no presente trabalho com o valor de 0,20 sugerido por Hunt (1990) para espécies florestais, apenas o substrato do T4 apresentou resultado inferior ao valor recomendado, visto, que as médias deste índice variaram entre 0,16 e 0,45 (Figura 1f).

O índice de qualidade de Dickson é considerado um dos melhores indicadores da qualidade de mudas, pois leva em conta para o seu cálculo a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa das mudas, ponderando vários parâmetros considerados importantes (Gomes & Paiva, 2004; Gomes et al., 2002). Os autores consideram que quanto maior o seu valor, melhor será o padrão de qualidade da muda. As mudas cultivadas com substrato formulado com compostagem de casca de café e mandioca tiveram os maiores valores de N, P, K e S (Tabela 4), devido a maior disponibilidade de nutrientes em relação aos

demais substratos (Tabela 2), refletindo no maior crescimento das mudas em altura, diâmetro do coleto, peso da massa seca e índice de qualidade de Dickson (Figura 1a, 1b e 1f, Tabela 3).

Tabela 4. Concentrações de macronutrientes na massa seca foliar de mudas de *Swietenia macrophylla* após 90 dias no viveiro a 50% de sombreamento comparadas com as recomendações da literatura.

| Trat. | N | P | K | Ca | Mg | S |
|-------------------------------------------------|--------------------|----------------------------------------|---------------|-------------|-------------|-----------|
| | g kg ⁻¹ | | | | | |
| T1 | 21,7 a | 1,4 ab | 17,3 b | 13,2 b | 2,6 a | 2,0 ab |
| T2 | 13,2 c | 0,6 d | 12,3 b | 19,1 a | 1,9 b | 1,7 b |
| T3 | 19,9 ab | 1,4 ab | 26,7 a | 6,0 de | 1,1 d | 2,1 ab |
| T4 | 13,1 c | 1,1 c | 15,7 b | 16,7 a | 1,6 bc | 2,0 ab |
| T5 | 17,0 abc | 1,4 ab | 25,0 a | 8,1 cd | 1,4 cd | 1,8 ab |
| T6 | 18,0 ab | 1,2 bc | 26,5 a | 5,3 e | 1,2 d | 2,2 a |
| T7 | 15,9 bc | 1,5 a | 23,3 a | 10,7 bc | 1,7 bc | 2,2 a |
| Autores | | Recomendações para espécies florestais | | | | |
| Malavolta et al. (1997) | 12 e 35 | 1,0 e 2,3 | 10 e 15 | 3,0 e 12,0 | 1,5 e 5,0 | 1,4 e 2,6 |
| Dechen & Nachtigall (2007) | 20 e 50 | 1,0 e 1,5 | 10 e 30 | 10 e 50 | 3,0 e 5,0 | 1,0 e 3,0 |
| Recomendações para <i>Swietenia macrophylla</i> | | | | | | |
| Vieira & Weber (2015) | 3,29 e 3,08 | 1,42 e 1,52 | 14,89 e 14,05 | 1,09 e 1,02 | 0,61 e 0,57 | 2,52 |
| Souza et al. (2010) | 24,61 | 1,29 | 15,01 | 9,21 | 1,18 | 2,37 |
| Viégas et al. (2012) | 20,9 | 2,2 | 15,7 | 9,2 | 2,6 | 4,3 |

T1: comercial, T2: solo + areia (2:1), T3: solo + areia + casca de café/casca de mandioca/folha de boliviana (2:1:1), T4: solo + areia + bagaço de cana/folha de boliviana (2:1:1), T5: solo + areia + casca de mandioca/folha de boliviana (2:1:1), T6: solo + areia + casca de café/folha de boliviana (2:1:1), T7: solo + areia + bagaço de cana/casca de mandioca/folha de boliviana (2:1:1). As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Verifica-se bom desenvolvimento para as mudas conduzidas no substrato formulado com compostagem de casca de café e mandioca, indicando que na fase de viveiros, a casca de café constituída no substrato, provavelmente não provocou efeitos alelopáticos às mudas de *S. macrophylla*. Além disso, ao caracterizar os substratos, ficou evidente que a casca de café combinada a casca de mandioca proporcionou maiores valores de nutrientes, em especial de Potássio (K) em relação aos demais substratos orgânicos (Tabela 2).

Estudo realizado por Silva (2008) verificou que a compostagem utilizando casca de café eliminou seu efeito alelopático e disponibilizou K ao substrato. Já a casca de mandioca na compostagem disponibilizou P (Tabela 2). Desta forma, verificou-se que a combinação de casca de café e mandioca para formulação do substrato (T3) possibilitou maior disponibilidade de nutrientes em relação aos demais substratos avaliados (Tabela 2).

A combinação de dois ou mais resíduos vegetais na formulação de substratos se completam na oferta de nutrientes e supre a demanda das mudas florestais no período de viveiro (Soares et al., 2014).

Os valores dos macronutrientes foliares das mudas cultivadas com substrato formulado da compostagem da casca de café e mandioca encontram-se adequados para as espécies florestais (Malavolta et al., 1997), superior ao recomendado por Vieira & Weber (2015) e Tucci et al., (2007) e inferior ao indicado por Souza et al. (2010) e Viégas et al. (2012) (Tabela 4).

Os valores foliares de Cu e Zn nas mudas cultivadas com substratos orgânicos foram menores do que o valor recomendado para mudas de *Swietenia macrophylla* por Vieira & Weber (2015) (Tabela 5). Os demais micronutrientes são considerados adequados para espécie (Tabela 5).

Tabela 5. Concentrações de micronutrientes na massa seca foliar de mudas de *Swietenia macrophylla* após 90 dias no viveiro a 50% de sombreamento comparadas com as recomendações da literatura.

| Trat. | Cu | Fe | Zn | Mn | B |
|-------------------------------------------------|---------------------|----------------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| | mg kg ⁻¹ | | | | |
| T1 | 6,82 a | 268,52 c | 19,04 a | 56,68 a | 104,41 a |
| T2 | 3,75 a | 476,34 abc | 8,79 c | 48,91 ab | 46,62 c |
| T3 | 7,71 a | 324,12 bc | 13,11 abc | 42,52 bc | 61,73 bc |
| T4 | 8,92 a | 646,80 a | 13,55 abc | 57,06 a | 79,73 b |
| T5 | 6,73 a | 282,45 c | 10,92 bc | 36,14 c | 53,73 c |
| T6 | 7,56 a | 498,57 ab | 15,93 ab | 38,81 bc | 79,92 b |
| T7 | 9,69 a | 536,58 ab | 15,49 ab | 45,15 abc | 74,84 b |
| Autores | | Recomendações para espécies florestais | | | |
| Malavolta et al. (1997) | 10 e 70 | 25 e 200 | 3 a 150 | 40 e 80 | 20 |
| Dechen & Nachtigall (2007) | 5 e 20 | 50 e 100 | 3 e 150 | 20 e 500 | 30 e 50 |
| Recomendações para <i>Swietenia macrophylla</i> | | | | | |
| Vieira & Weber (2015) | 33,41 e 32,64 | 32,10 e 12,63 | 55,18 e 52,13 | 30,14 e 26,03 | 53,26 e 72,42 |
| Souza et al. (2010) | 0,7 | 380 | 40 | 140 | 50 |
| Viégas et al. (2012) | - | - | - | - | - |

T1: comercial, T2: solo + areia (2:1), T3: solo + areia + casca de café/casca de mandioca/folha de boliviana (2:1:1), T4: solo + areia + bagaço de cana/folha de boliviana (2:1:1), T5: solo + areia + casca de mandioca/folha de boliviana (2:1:1), T6: solo + areia + casca de café/folha de boliviana (2:1:1), T7: solo + areia + bagaço de cana/casca de mandioca/folha de boliviana (2:1:1). As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

CONCLUSÃO

- 1) Dentre os substratos orgânicos testados, o formulado de solo + areia + casca de café/casca de mandioca/folha de boliviana (2:1:1), atendeu aos parâmetros biométricos, morfológicos e nutricionais para a produção de mudas de *S. macrophylla* de boa qualidade.
- 2) O substrato comercial pode ser substituído pelo substrato orgânico formulado de solo + areia + casca de café/casca de mandioca/folha de boliviana (2:1:1), para produção de mudas de *S. macrophylla*.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Instituto Federal de Rondônia, Campus Ji-Paraná, por meio dos editais nº 12 de 2019, nº 34 de 2021 e ao Projeto de curricularização da extensão na disciplina de Tecnologia de sementes e viveiros florestais intitulado "Semeando florestas por meio de tecnologia e manejo de sementes e viveiros florestais".

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araújo, M. S., Melo, M. A., Hodecker, B. E. R., Barretto, V. C. M., & Rocha, E. C. (2017). Adubação com boro no crescimento de mudas de mogno-africano. *Revista de Agricultura Neotropical*, 4(5), 1-7. <http://dx.doi.org/10.32404/rean.v4i5.2183>.
- Araújo, M., Silva, L., Frare, L., Leite, H., & Mota, L. H. (2018). Processo de compostagem a base de murumuru (*Astrocaryum* spp.) e seu uso como substrato. *Agrotropica*, 30(2), 109-118. <http://dx.doi.org/10.21757/0103-3816.2018v30n2p109-118>.
- Brissete, J. C. (1984). Summary of discussion of about seedling quality. In *Southern Nursery Conferences* (pp. 127-128). New Orleans: USDA, Forest Service/Southern Forest Experiment Station.
- Brunetta, J. M. F. C., Otoni, W. C., Pinheiro, A. L., & Fonseca, É. P. (2006). Calogênese in vitro em segmentos de epicótilo de mogno (*Swietenia macrophylla* King) com uso de 6-benzilaminopurina e ácido á-naftalenoacético. *Scientia Forestalis*, 71, 19-24.
- Buckeridge, M. S., Tiné, M. A. S., Minhoto, M. J., & Lima, D. U. (2004). Respiração. In G. B. Kerbauy (Ed.), *Fisiologia vegetal* (pp. 198-216). Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.

- Caldeira, M. V. W., Peroni, L., Gomes, D. R., Delarmelina, W. M., & Trazzi, P. A. (2012). Diferentes proporções de biossólido na composição de substratos para a produção de mudas de timbó (*Ateleia glazioveana* Baill). *Scientia Forestalis*, 40(93), 15-22.
- Caldeira, M. V. W., Rosa, G. N., Fenilli, T. A. B., & Harbs, R. M. P. (2008). Composto orgânico na produção de mudas de aroeira-vermelha. *Scientia Agraria*, 9(1), 27-33. <http://dx.doi.org/10.5380/rsa.v9i1.9898>.
- Caldeira, M. V. W., Schumacher, M. V., Barichello, L. R., Voget, H. L. M., & Oliveira, L. S. (2000). Crescimento de mudas de *Eucalyptus saligna* Smith em função de diferentes doses de vermicomposto. *Revista Floresta*, 28(1-2), 19-30.
- Cardoso, A. A. S., Santos, J. Z. L., Tucci, C. A. F., Farias, E. P., & Moura, R. P. M. (2015). Influência da acidez e do teor de fósforo do solo no crescimento inicial do mogno. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 35(81), 1-10. <http://dx.doi.org/10.4336/2015.pfb.35.81.667>.
- Carneiro, J. G. A. (1995). *Produção e controle de qualidade de mudas florestais*. Curitiba: Universidade Federal do Paraná/Universidade Estadual do Norte Fluminense.
- Carvalho, P. E. R. (2007). *Mogno: Swietenia macrophylla*. Colombo: Embrapa.
- Cavalcante, A. C. P., Cavalcante, A. G., Silva, M. J. R., & Araújo, R. C. (2016). Produção de mudas de giricídia com diferentes substratos orgânicos. *Agrarian (Dourados)*, 9(33), 233-240.
- Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira – CEPLAC. (2018). *Arquivo interno de dados climáticos da estação meteorológica de Ouro Preto do Oeste, Rondônia, Brasil* (arquivo tabulado em Excel). Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.
- Cunha Neto, E. M., Bezerra, J. C. F., Oliveira, V. P., Araújo, L. O., Nogueira Junior, M. R., Gouveia, D. M., Alves, G. A. R., & Melo, M. R. S. (2018). Influência de diferentes substratos no desenvolvimento de mudas de *Swietenia macrophylla* (King.). *Caderno de Ciências Agrárias*, 10(3), 26-33.
- Cunha, A. M., Cunha, G. M., Sarmiento, R. A., Cunha, G. M., & Amaral, J. F. T. (2006). Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de *Acacia* sp. *Revista Árvore*, 30(2), 207-214. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622006000200007>.
- Daniel, O., Vitorino, A. C. T., Alovisi, A. A., Mazzochin, L., Tokura, A. M., Pinheiro, E. R., & Souza, E. F. (1997). Crescimento de mudas de *Acacia mangium* Willd em resposta à aplicação de diferentes fontes de fósforo. *Revista Árvore*, Viçosa, 21(3), 323-327.
- Dechen, A. R., & Nachtigall, G. R. (2007). Elementos requeridos à nutrição de plantas. In R. F. Novais, V. H. Alvarez, N. F. Barros, R. L. Fontes, R. B. Cantarutti & J. C. L. Neves (Eds.), *Fertilidade do solo*. Viçosa: SBCS.
- Dickson, A., Leaf, A. L., & Hosner, J. F. (1960). Quality appraisal of White spruce and white pine seedling stock in nurseries. *Forestry Chronicle*, 36(1), 10-13. <http://dx.doi.org/10.5558/tfc36010-1>.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa. (2009). *Manual de métodos de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes* (2ª ed.). Brasília: Embrapa.
- Gomes, J. M. (2001). *Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de Eucalyptus grandis, produzidas em diferentes tamanhos de tubete e de dosagens de N-P-K* (Tese de doutorado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- Gomes, J. M., & Paiva, H. N. (2004). *Viveiros florestais: propagação sexuada* (3ª ed., pp. 116-124). Viçosa: UFV-Universidade Federal de Viçosa.
- Gomes, J. M., Couto, L., Leite, H. G., Xavier, A., & Garcia, S. L. R. (2002). Parâmetros morfológicos na avaliação de qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. *Revista Árvore*, 26(6), 655-664. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622002000600002>.
- Gonçalves, J. L. M., Santarelli, E. G., Moraes Neto, S. P., & Manara, M. P. (2000). Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In J. L. M. Gonçalves (Ed.), *Nutrição e fertilização florestal*. Piracicaba: IPEF.
- Haase, D. L. (2007). Morphological and physiological evaluations of seedling quality. In I. E. Riley, R. K. Dumroese & T. D. Llandis (Eds.), *National proceedings: forest and conservation nursery associations* (pp. 3-8). Fort Collins, Colorado: USDA.
- Hunt, G. A. (1990). Effect of styroblock design and copper treatment on morphology of conifer seedlings. In R. Rose, S. J. Campbell & T. D. Landis (Eds.), *National Nursery Proceedings* (pp. 218-222). Fort Collins: USDA, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station.
- Malavolta, E., Vitti, G. C., & Oliveira, S. A. (1997). *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações* (2ª ed.). Piracicaba: POTAFOS.

- Pelloso, M. F., Farias, B. G. A. C., & Paiva, A. S. (2020). Produção de mudas de meloeiro em substrato a base de ramas de mandioca submetido a diferentes períodos de compostagem. *Colloquium Agrariae*, 16(1), 87-100. <http://dx.doi.org/10.5747/ca.2020.v16.n1.a351>.
- Roweder, C., Nascimento, M. S., & Silva, J. B. (2015). Produção de mudas de mogno sob diferentes substratos e níveis de luminosidade. *Journal of Bioenergy and Food Science*, 2(3), 91-97.
- Santos, R. A., Tucci, C. A. F., Hara, F. A. S., & Silva, W. G. (2008). Adubação fosfatada para a produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King). *Acta Amazonica*, 38(3), 453-458. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672008000300009>.
- Silva, C. A. (2008). Uso de resíduos orgânicos na agricultura. In G. A. Santos (Ed.), *Fundamentos da matéria orgânica do solo* (pp. 597-621). Porto Alegre: Metrópole.
- Silva, F. A. S., & Azevedo, C. A. V. (2016). The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. *African Journal of Agricultural Research*, 11(39), 3733-3740. <http://dx.doi.org/10.5897/AJAR2016.11522>.
- Silva, T. A. F., Tucci, C. A. F., Santos, J. Z. L., Batista, I. M. P., Miranda, J. F., & Souza, M. M. (2011). Calagem e adubação fosfatada para a produção de mudas de *Swietenia macrophylla*. *Floresta*, 41(3), 459-470. <http://dx.doi.org/10.5380/RF.V41I3.23992>.
- Silva, W. G., Tucci, C. A. F., Hara, F. A. S., & Santos, R. A. C. (2007). Efeito de micronutrientes sobre o crescimento de mudas de mogno (*Swietenia Macrophylla* King) em Latossolo amarelo. *Acta Amazonica*, 37(3), 371-376. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672007000300008>.
- Soares, I. D., Paiva, A. V., Miranda, R. O. V., & Maranhão, Á. S. (2014). Propriedades físico-químicas de resíduos agroflorestais amazônicos para uso como substrato. *Nativa*, 2(3), 155-161. <http://dx.doi.org/10.14583/2318-7670.v02n03a05>.
- Souza, C. A. S., Tucci, C. A. F., Silva, J. F., & Ribeiro, W. O. (2010). Exigências nutricionais e crescimento de plantas de mogno (*Swietenia macrophylla* King.). *Acta Amazonica*, 40(3), 515-522. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672010000300010>.
- Tucci, C. A. F., Souza, P. A., Venturin, N., & Barros, J. G. (2007). Calagem e adubação para a produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King). *Cerne*, 13(3), 299-307.
- Viégas, I. J. M., Lobato, A. K. S., Rodrigues, M. F. S., Cunha, R. L. M., Frazão, D. A. C., Oliveira Neto, C. F., Conceição, H. E. O., Guedes, E. M. S., Alves, G. A. R., & Silva, S. P. (2012). Visual symptoms and growth parameters linked to deficiency of macronutrients in young *Swietenia macrophylla* plants. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 10(1), 937-940.
- Vieira, C. R., & Weber, O. L. S. (2015). Avaliação de substratos na produção de mudas de mogno (*Swietenia Macrophylla* King). *Revista Uniara*, 18(2), 153-166. <http://dx.doi.org/10.25061/2527-2675/ReBraM/2015.v18i2.333>.

Contribuição dos Autores: WN: conceituação, análise formal, curadoria dos dados, primeira redação, escrita – revisão e edição, metodologia e investigação; EPG: primeira redação, escrita – revisão e edição, metodologia e investigação; MBFC: primeira redação, escrita – revisão e edição, metodologia e investigação; AM: primeira redação, escrita – revisão e edição, metodologia e investigação, administração do projeto e supervisão.