



Composto orgânico à base de salvinia para a produção de mudas de grandiúva

Nereu Carvalho de Sousa¹ , Bruno Lisboa² , Luciano Kayser Vargas² , Sérgio Augusto de Loreto Bordignon³ , Anelise Beneduzi^{3*} 

¹Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, Rua Dr. Salvador França, 1427, CEP 90690-000, Porto Alegre, RS, Brasil

²Secretaria da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural, Rua Gonçalves Dias, 570, CEP 90130-060, Porto Alegre, RS, Brasil

³Universidade La Salle, Avenida Victor Barreto, 2288, CEP 92010-000, Canoas, RS, Brasil

*Autor correspondente:
anebeneduzi@gmail.com

Termos para indexação:

Adução orgânica
Substrato
Trema micrantha

Index terms:

Organic fertilization
Substrate
Trema micrantha

Histórico do artigo:

Recebido em 17/10/2018
Aprovado em 22/05/2020
Publicado em 12/02/2021

Resumo - Objetivou-se avaliar a eficiência de proporções de salvinia na composição de substrato para a produção de mudas de grandiúva. As características químicas do substrato foram melhoradas à medida que a proporção aumentou, resultando em uma redução de Al e aumento de pH, CTC, saturação de bases, teores de K, Ca, Mg, P e matéria orgânica. O crescimento das mudas de grandiúva foi influenciado pelos níveis de fertilidade do substrato. As maiores alturas de planta, diâmetros de caule, massa seca e acúmulo de macronutrientes foram verificadas nos tratamentos com 75% e 100% de composto orgânico.

Organic compound based on salvinia to grow Jamaican nettletree seedlings

Abstract – This study aimed to evaluate the efficiency of salvinia proportions in the substrate composition to grow Jamaican nettletree seedlings. The chemical characteristics of the substrate were improved as the dosage increased, resulting in Al reduction and increased pH, CTC, base saturation, K, Ca, Mg, P and organic matter contents. Growth of Jamaican nettletree seedlings was influenced by the fertility levels of the substrate. The highest plant height, stem diameter, dry mass, and macronutrient accumulation were verified in treatments with 75% and 100% of the organic compound.



Trema micrantha (L.), comumente conhecida como grandiúva, possui uma ampla distribuição desde o sul da Flórida e México até o norte da Argentina (Freitas et al., 2016). Em território brasileiro concentra-se especialmente no Bioma Mata Atlântica (Stolarski et al., 2018). É uma arbórea perenifólia e uma das primeiras espécies que ocorrem em áreas degradadas, existindo em todos os estágios da sucessão secundária, exceto na floresta clímax (Lorenzi, 2008). Devido a isso, ela é muito utilizada para revegetação (Castellani & Aguiar, 1998). Apesar de sua importância, a utilização da grandiúva,

assim como a de muitas espécies nativas, é limitada pela oferta de mudas. A produção de mudas de boa qualidade, vigorosas, com folhas de tamanho e coloração típicas da espécie e em bom estado nutricional (Cruz et al., 2006), e de baixo custo, é condição indispensável para o sucesso de qualquer recomposição de florestas nativas (Fonseca et al., 2002). Assim, a escolha de um substrato deve ser criteriosa. Deve-se levar em conta o tipo de solo, a nutrição e a fisiologia vegetal, buscando combinar as propriedades necessárias para um melhor desenvolvimento da planta. Com a finalidade de reduzir

custos, minimizar o impacto ambiental e melhorar a qualidade dos substratos, diversos tipos de compostos orgânicos vêm sendo utilizados e reaproveitados em mistura ou em substituição a solos (Meneghelli et al., 2017).

As pteridófitas do gênero *Salvinia*, nativas da América do Sul e abundantes no Brasil, possuem uma elevada taxa de crescimento, sendo infestantes agressivos de corpos hídricos lânticos, o que causa problemas pelo acúmulo excessivo de massa vegetativa na superfície da água (Mora-Olivo & Yatskievych, 2009). São uma fonte promissora de compostos orgânicos para a formulação de substratos, por possuírem uma grande capacidade de absorção e retenção de nutrientes (Farias et al., 2013), sendo por esse motivo utilizadas para a remediação de corpos hídricos eutrofizados (Zhou et al., 2017).

A compostagem de resíduos orgânicos resultantes da manutenção do Jardim Botânico (JB) de Porto Alegre, RS, é uma prática sistemática desde a sua fundação em 1975. A partir de 2003, quando foi feita a revitalização de um lago com área aproximada de 7.800 m², houve uma proliferação excessiva da macrófita aquática *Salvinia* sp. As macrófitas removidas do lago passaram a ser usadas na produção de um composto orgânico, a partir da mistura de triturados de restos de poda e esterco equino, além de *Salvinia* sp. Esse composto passou a ser utilizado na produção de mudas, na jardinagem, na manutenção das coleções envazadas e arbóreas ex situ do JB. Considerando-se a necessidade

de caracterização de parâmetros físico-químicos de um composto orgânico, bem como a validação experimental da eficiência agrônômica para sua utilização como substrato, o presente estudo teve como objetivo avaliar o uso deste composto produzido a partir de *Salvinia* sp., em diferentes dosagens, em mistura com Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, para a produção de mudas de grandióva.

O cultivo experimental de mudas de grandióva foi conduzido no período de janeiro a setembro de 2014, em casa de vegetação do JB (30°03'06.07" S, 51°10'37.95" W), pertencente a Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul. As mudas foram obtidas em uma área de fração florestal do JB e foi possível selecionar um lote uniforme com raízes nuas, aptas para o transplante e com altura média entre 3 e 5 cm.

O composto orgânico utilizado foi produzido a partir da compostagem de *Salvinia* sp. (80%, v/v), coletada em um açude do JB, juntamente com esterco equino (20%, v/v) (Tabela 1). A pilha de compostagem foi mantida por um período de quatro meses, sendo o material revolvido três vezes durante o processo e, posteriormente, peneirado em malha 1,0 cm². Para avaliar a eficiência agrônômica do composto orgânico na produção de mudas de grandióva, foram testadas proporções crescentes (0, 25, 50, 75 e 100%, v/v) em mistura com um solo Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico (Santos et al., 2014) também coletado na área do JB (Tabela 1).

Tabela 1. Composição química do composto orgânico e do solo utilizado para a produção de mudas de grandióva.

Table 1. Chemical composition of the organic compost and the soil used to grow Jamaican nettletree seedlings.

Composição química	C		N		P		K		Relação C/N	
	%									
Composto orgânico	7,6		0,6		0,19		0,36		12,6	
	P	K	Arg.	MO	Sat.	Al	Ca	Mg	CTC	pH
	mg dm ⁻³		%			cmolc dm ⁻³				
Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico	0,7	62	23	1,2	18	3,6	1,1	0,7	10,6	4,7

Arg. = teor de argila; MO = matéria orgânica; Sat. = saturação de bases; CTC = capacidade de troca de cátions.

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e 30 unidades amostrais (sacos de polietileno com capacidade para 2.000 cm³ de substrato) para cada tratamento. O período de crescimento das mudas foi de sete meses. Ao final, foram avaliados os parâmetros químicos dos substratos e os teores e o

conteúdo de N, P e K no tecido vegetal (Tedesco et al., 1995). Avaliou-se também a altura do colo até a gema apical, o diâmetro do caule a 2 cm do colo e a massa seca total da parte aérea. Os dados relacionados aos parâmetros químicos do substrato de cultivo foram ajustados em equações de regressão com uso do

programa *SigmaPlot* 11.0. Os parâmetros de crescimento das mudas foram submetidos à análise de variância (teste F) e as médias foram comparadas com o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Observou-se uma melhora expressiva das características químicas dos substratos à medida que aumentou a proporção de composto orgânico nas misturas (Figura 1).

O solo utilizado no experimento, característico da Região Metropolitana de Porto Alegre, apresenta baixa fertilidade natural (Tabela 1), enquanto a compostagem de resíduos orgânicos pode resultar em produtos ricos em nutrientes (Carlesso et al., 2011).

O aumento da proporção de composto orgânico no substrato levou a um aumento linear do pH, a partir de 4,7 (0% de composto) até 6,4 (100% de composto) (Figura 1a). Um comportamento semelhante também foi observado por Krob et al. (2011), avaliando em campo o impacto da aplicação de um composto orgânico de lixo urbano sobre as propriedades químicas de um Argissolo Vermelho. Os autores atribuíram a elevação do pH à maior mineralização de matéria orgânica, com produção subsequente de íons OH^- , e à introdução de cátions básicos, como o K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} . Além disso, a elevação do pH no substrato de cultivo também pode estar relacionada à redução da atividade de H^+ pela

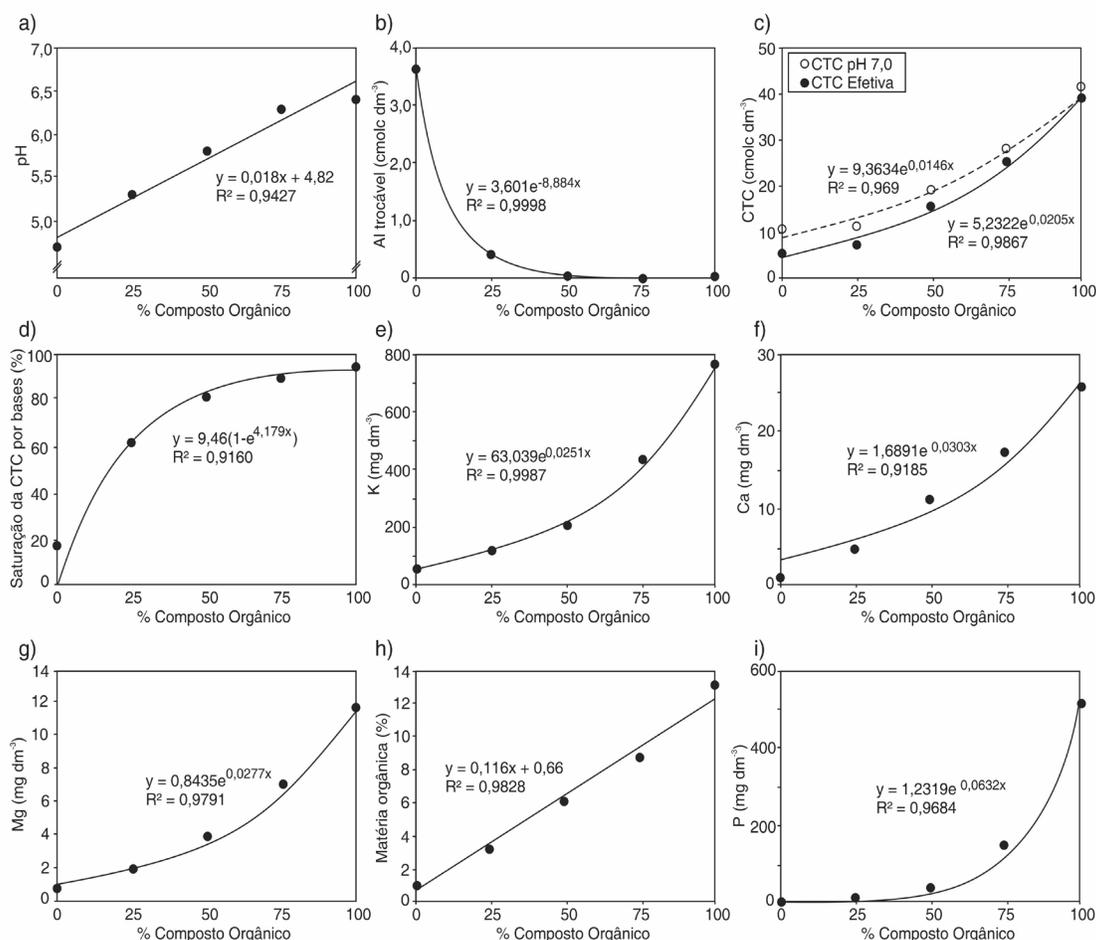


Figura 1. Características químicas dos substratos com proporções crescentes do composto orgânico à base de salvinia para a produção de mudas de grandióuva.

Figure 1. Chemical composition of the substrate using increasing proportions of organic compost based in salvinia used to grow Jamaican nettletree seedlings.

liberação de cátions metálicos, com a mineralização de formas orgânicas de N, com a desnitrificação e com a descarboxilação de ácidos orgânicos (Silva & Mendonça, 2007).

A elevação do pH no substrato de cultivo, em decorrência da maior concentração do composto orgânico, foi acompanhada por um decréscimo do teor de Al trocável (Figura 1b). O teor de Al^{3+} no tratamento contendo apenas o solo base (0% de composto) foi de $3,6 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, com pH 4,7. Com a concentração de 25% de composto orgânico e pH 5,3, o teor de Al^{3+} caiu para $0,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, não sendo detectado a partir da concentração de 50% de composto orgânico (pH = 5,8). Este comportamento é esperado, tendo em vista que a solubilidade do Al diminui com o aumento de pH, no solo ou no substrato, e, quando o pH do solo atinge valores superiores a 5,4 - 5,5, o Al^{3+} precipita completamente (Ernani et al., 2000). Além do aumento do pH do substrato de cultivo, a redução dos teores de Al^{3+} nas maiores proporções de composto orgânico pode se dar também pela complexação do cátion pela matéria orgânica, principalmente por ácidos fúlvicos, formando complexos de esfera interna, reduzindo a disponibilidade do Al trocável (Sposito, 2008).

A capacidade de troca de cátions (CTC) do substrato de cultivo também foi afetada pelas proporções de composto orgânico (Figura 1c). Tanto a CTC efetiva (CTC_{ef}) quanto a pH 7,0 (CTC_{pH7}) apresentaram aumento exponencial com a adição de composto. Com apenas o solo como base do substrato de cultivo, a diferença da CTC efetiva para a potencial era de aproximadamente 100%, enquanto no tratamento contendo apenas composto orgânico a CTC_{ef} tornou-se igual à potencial. As $CTC_{pH7,0}$ observadas nos tratamentos com 0 e 25% de composto orgânico ($10,6$ e $11,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, respectivamente) são consideradas médias, pela recomendação oficial dos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS-RS/SC, 2016). A partir de 50% de composto orgânico ($19,1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), os valores foram considerados altos, chegando a $41,48 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ com 100% de composto orgânico.

Frequentemente, o aumento da CTC de um solo ou substrato está associado ao aumento de matéria orgânica e pH (Dorneles et al., 2015). O aumento de pH do substrato de cultivo leva ao incremento de cargas negativas na matéria orgânica, principalmente de sua fração humificada, a partir da dissociação de radicais carboxílicos, sendo este incremento linear entre o pH

3 e 6,5 (Silva & Mendonça, 2007). De acordo com Sposito (2008), este comportamento faz com que a matéria orgânica humificada apresente cargas negativas a partir de valores baixos de pH (4,0), sendo que a sua interação com argilominerais 1:1, como a caulinita (predominante nos solos tropicais), faz com que o pH do ponto de carga zero (PCZ) do solo/substrato seja menor, e por consequência, aumente a CTC. O mesmo autor complementa que este efeito é potencializado pela elevada superfície específica da matéria orgânica. O aumento da CTC da matéria orgânica, com a elevação do pH, faz com que o poder tampão do substrato de cultivo também aumente, tendo em vista que a maior densidade de cargas negativas, além de reter mais cátions metálicos, também neutraliza mais prótons. Dentro do conceito fonte/dreno, um solo ou substrato com CTC elevada tem maior potencial para fornecer nutrientes catiônicos para as plantas, principalmente aqueles demandados em maiores quantidades, como Ca, Mg e K, pois ocorrerá a reposição satisfatória destes a partir dos pontos de troca (fonte) para solução do solo, mesmo com o aumento da taxa de absorção pelas raízes (dreno).

Neste contexto, a saturação por bases (SB) também apresentou comportamento semelhante, havendo um crescimento assintótico, estabilizando-se em 94% na proporção mais elevada de composto orgânico (Figura 1d). A SB é uma propriedade relacionada com a CTC e também com os teores de cátions trocáveis presentes no solo ou substrato. Além disso, o incremento da SB também está relacionado com a elevação do pH do substrato de cultivo. Este acarretou a redução da participação do Al^{3+} no complexo sortivo e, por consequência, disponibilizou sítios para serem ocupados por cátions básicos, resultando em um incremento exponencial dos teores das bases trocáveis K, Ca e Mg (Figuras 1e, 1f e 1g, respectivamente).

A interpretação dos níveis de K^+ nos diferentes tratamentos é determinada pela CTC_{pH7} observada em cada situação (CQFS-RS/SC, 2016). Dessa forma, os teores de K trocável no substrato de cultivo constituído apenas com solo base (62 mg dm^{-3} ; $CTC_{pH7} = 10,6 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e no tratamento com 25% de composto orgânico (122 mg DM^{-3} ; $CTC_{pH7} = 11,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), estão enquadrados como altos. Nos demais tratamentos, com 50%, 75% e 100% de composto orgânico, os teores de K^+ de 213 ($CTC_{pH7} = 19,1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), 432 ($CTC_{pH7} = 28,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e 759 mg dm^{-3} ($CTC_{pH7} = 41,8 \text{ mg dm}^{-3}$), respectivamente, são considerados

muito altos, de acordo com a recomendação oficial para os estados do RS e SC. Em relação às demais bases trocáveis, o tratamento contendo apenas solo apresentou nível baixo de Ca e médio de Mg. Todos os demais tratamentos apresentaram níveis altos de Ca e Mg, sendo que os seus teores aumentaram de forma exponencial até as concentrações máximas de 25,8 e 11,6 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, respectivamente.

A matéria orgânica no substrato de cultivo apresentou crescimento linear, conforme aumentou o teor do composto orgânico, em função do elevado conteúdo de C do composto (Figura 1h). Este incremento de C afetou o comportamento dos parâmetros pH, CTC e SB. Além disso, o aumento de C no substrato de cultivo também está acompanhado de um aumento da capacidade deste em fornecer N para as mudas de grandióva. A relação C/N do composto orgânico à base de *Salvinia* sp. é baixa (12,6), ainda mais se comparada com outros materiais orgânicos utilizados como substratos, tais como casca de arroz carbonizada (30,5), casca de arroz cru (50,0), fibra de coco verde (74,1), maravalha (98,9) e serragem (156,5) (Carijo et al., 2004). Esta relação C/N do composto é semelhante à de leguminosas (Aita et al., 2001) e situa-se abaixo da relação C/N crítica, a qual está entre 20 e 30 e abaixo da qual o processo de mineralização predomina sobre o de imobilização (Vargas et al., 2005), indicando que este composto atua como uma fonte de N para as plantas.

O teor de P disponível nos substratos de cultivo (Figura 1i) apresentou comportamento exponencial, sendo, inicialmente, considerado muito baixo (0% de composto orgânico), passando para médio (25% de composto orgânico) e muito alto, a partir de 50% de composto orgânico, chegando a 428 mg dm^{-3} . A elevação do pH, em decorrência da adição do composto orgânico ao substrato (25, 50 e 75%), pode ter ocasionado aumento dos teores de P, devido ao deslocamento do nutriente adsorvido na superfície de óxidos de Fe e de Al por hidroxilas (Souza et al., 2006). Entretanto, em função da baixa fertilidade natural do solo utilizado na composição dos diferentes substratos, é pouco provável que o P proveniente do solo tenha contribuído significativamente para o aumento da disponibilidade do nutriente, sendo a mineralização do P orgânico o fator que mais contribuiu, à medida que a proporção de composto orgânico no substrato aumentou. Nesse contexto, considerando-se que o composto orgânico possuía 0,19% de P total no início do experimento e que o teor de P disponível no tratamento

com 100% de composto orgânico foi de 428 mg dm^{-3} , conclui-se que praticamente 30% do P orgânico original foi mineralizado, passando a ser disponível para as mudas de grandióva.

A partir da análise dos parâmetros químicos, nota-se que os substratos de cultivo com 50, 75 e 100% de composto orgânico apresentaram os melhores níveis de fertilidade. Assim, determinou-se a altura e diâmetro do caule das plantas, bem como o acúmulo de massa seca na parte aérea, visando à avaliação da eficiência agrônômica dos diferentes substratos de cultivo na produção de mudas de grandióva. Neste contexto, a resposta das mudas acompanhou o aumento dos níveis de composto orgânico nos substratos (Tabela 2). A altura das mudas aumentou significativamente a cada incremento da dosagem do composto orgânico até 75% e 100%. O mesmo comportamento foi observado com relação ao diâmetro do caule e ao acúmulo de massa seca das mudas, os quais também foram superiores nos tratamentos com 75 e 100%. Deve-se salientar ainda que a massa seca das mudas produzidas com 75% e 100% do composto à base de salvinia excedeu em mais de vinte vezes ao do tratamento controle de 0%.

Tabela 2. Características das mudas de grandióva crescidas em substratos com proporções crescentes do composto orgânico à base de salvinia.

Table 2. Characteristics of Jamaican nettletree seedlings growing in substrate using increasing proportions of organic compost based in salvinia.

Característica da muda	Proporção de composto orgânico no substrato				
	0	25%	50%	75%	100%
Altura (cm)	3,86 d	10,38 c	20,13 b	27,23 a	31,18 a
Diâmetro do coleto (mm)	1,91 d	3,13 c	4,48 b	5,6 a	5,8 a
Massa seca total (g)	0,17 d	1,22 c	3,12 b	3,73 a	4,87 a

Médias seguidas por letras distintas, na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

O teor de macronutrientes, como o N, foi significativamente maior no substrato com 100% de composto orgânico (Tabela 3). Este tratamento também apresentou as maiores quantidades de P e de K, porém não diferindo dos tratamentos com 50 e 75%. O substrato contendo apenas solo, por outro lado, apresentou teores significativamente menores de nutrientes do que os tratamentos contendo o composto orgânico. Assim como observado em mudas de gravioleira por Barbosa et al.

(2003), o acúmulo de macronutrientes acompanhou a produção de massa seca e ocorreu na ordem decrescente $K > N > P$.

Tabela 3. NPK em mudas de grandíuva cultivadas em substratos com proporções crescentes do composto orgânico à base de salvinia.

Table 3. NPK in Jamaican nettletree seedlings growing in substrate using increasing proportions of organic compost based in salvinia.

Nutrientes na parte aérea	Proporção de composto orgânico no substrato (%)				
	0	25	50	75	100
	mg/planta				
N	1,67 c	18,30 c	59,98 b	57,82 b	72,08 a
P	0,08 c	5,87 b	34,36 a	41,03 a	32,14 a
K	2,06 c	30,62 bc	98,72 ab	113,39 a	138,79 a

Médias seguidas por letras distintas, na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Conclusões

De um modo geral, a presença de compostos orgânicos torna o substrato menos denso e aumenta a disponibilidade de água para as plantas (Xue & Farrell, 2020), além das alterações nas características químicas observadas neste trabalho. Portanto, a presença de 75% e 100% de composto orgânico à base de *Salvinia* sp. melhorou as condições de fertilidade do substrato em mistura com Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico e propiciou a produção de mudas mais vigorosas de grandíuva.

Referências

Aita, C. et al. Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 25, n. 1, p. 157-165, 2001.

Barbosa, Z. et al. Crescimento e absorção de nutrientes por mudas de gravioleira. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 25, n. 3, p. 519-522, 2003.

Carlesso, W. M. et al. Tratamento de resíduos a partir de compostagem e vermicompostagem. *Revista Destaques Acadêmicos*, v. 3, n. 4, p. 105-110, 2011.

Carrijo, A. O. et al. Produtividade do tomateiro em diferentes substratos e modelos de casas de vegetação. *Horticultura Brasileira*, v. 22, n. 1, p. 5-9, 2004.

Castellani, E. D. & Aguiar, I. B. D. Condições preliminares para a germinação de sementes de candiúba (*Trema micrantha* (L.) Blume). *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 2, n. 1, p. 80-83, 1998. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v2n1p80-83>.

CQFS-RS/SC. Comissão de Química e Fertilidade do Solo dos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira da Ciência do Solo, 2016. 376 p.

Cruz, C. A. et al. Efeito da adubação nitrogenada na produção de mudas de sete-cascas (*Samanea inopinata* (Harms) Ducke). *Revista Árvore*, v. 30, n. 4, pp. 537-546, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622006000400006>.

Dorneles, E. P. et al. Tillage, fertilization systems and chemical attributes of a Paleudult. *Scientia Agrícola*, v. 72, n. 2, p. 175-186, 2015. <https://doi.org/10.1590/0103-9016-2013-0425>.

Ernani, P. R. et al. Influência da combinação de fósforo e calcário no rendimento de milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 24, n. 3, p. 537-544, 2000.

Farias, W. M. et al. Propriedades físicas e químicas de substratos produzidos utilizando macrófitas aquáticas. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 34, n. 34, p. 3257-3270, 2013. DOI: 10.5433/1679-0359.2013v34n6Supl1p3257.

Fonseca, E. D. P. et al. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. *Revista Árvore*, v. 26, n. 4, p. 515-523, 2002.

Freitas, W. K. et al. Floristic, diversity and spatial distribution of tree species in a dry forest in Southern Brazil. *Applied Ecology and Environmental Research*, v. 15, n. 1, p. 511-524, 2016.

Krob, A. D. et al. Propriedades químicas de um Argissolo tratado sucessivamente com composto de lixo urbano. *Ciência Rural*, v. 41, n. 3, p. 433-439, 2011.

Lorenzi, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 5 ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2008. v. 1. 368 p.

Meneghelli, L. A. M. et al. Produção de mudas de café arábica em substrato composto por resíduo da secagem dos grãos. *Coffee Science*, v. 12, n. 3, p. 381-388, 2017.

Mora-Olivo, A. & Yatskievych, G. *Salvinia molesta* in Mexico. *American Fern Journal*, v. 99, n. 1, p. 56-58, 2009.

Santos, H. G. et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. 353 p.

Silva, I. R. & Mendonça, E. S. Matéria orgânica do solo. In: Novais, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 275-374.

Souza, R. F. D. et al. Calagem e adubação orgânica: influência na adsorção de fósforo em solos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 30, n. 6, p. 975-983, 2006.

Sposito, G. **The chemistry of soils**. New York: Oxford University Press, 2008. 342 p.

Stolarski, O. C. et al. *Trema micrantha* (L.) Blume. in plantations for ecological restoration: early development in the Brazilian subtropical forest. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 3, p. 1217-1229, 2018.

Tedesco, J. M. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174 p.

Vargas, L. K. et al. Imobilização de nitrogênio em solo cultivado com milho em sucessão à aveia preta nos sistemas plantio direto e convencional. **Ciência Rural**, v. 35, n. 1, p. 76-83, 2005.

Xue, M. & Farrell, C. Use of organic wastes to create lightweight green roof substrates with increased plant-available water. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 48, p. 126569, 2020.

Zhou, X. et al. Dominating aquatic macrophytes for the removal of nutrients from waterways of the Indian River Lagoon basin, South Florida, USA. **Ecological Engineering**, v. 101, p. 107–119, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.01.006>.