









Vermicomposto na composição do substrato para produção de mudas de *Schinus terebinthifolius*

Émerson De Franceschi¹, Cleber Witt Saldanha^{2*}, Evandro Luiz Missio², Gerusa Pauli Kist Steffen², Joseila Maldaner², Rosana Matos de Moraes², Roberta Rodrigues Roubuste², Maria Helena Fermino³

¹Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Rua Sete de Setembro, 1040, Centro, CEP 96508-010, Cachoeira do Sul, RS, Brasil

²Centro de Pesquisa em Florestas, BR 287, Acesso VRS 830, Km 4,5, Boca do Monte, CEP 97170-000, Santa Maria, RS, Brasil

³Centro de Pesquisa de Produção Vegetal, Rua Gonçalves Dias, 570, Bairro Menino Deus, CEP 90130-060 Porto Alegre, RS, Brasil

*Autor correspondente:

clebersaldanha@yahoo.com.br

Termos para indexação:

Viveiros florestais
Fertilização
Substratos

Index terms:

Forest nurseries
Fertilization
Substrates

Histórico do artigo:

Recebido em 24/05/2018

Aprovado em 09/10/2018

Publicado em 19/12/2018

doi: 10.4336/2018.pfb.38e201801653



Resumo - O objetivo do presente estudo foi analisar o efeito da adição de vermicomposto ao substrato na produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi. Para isso, foram testados cinco tratamentos compostos pela adição de vermicomposto ao substrato Carolina Soil® (T1: 100% de Carolina Soil® (CS); T2: 75% de CS e 25% de vermicomposto (VC); T3: 50% de CS e 50% de VC; T4: 25% de CS e 75% de VC e T5: 100% de VC). Foram avaliadas as seguintes características morfofisiológicas das mudas: diâmetro do coleto (d), altura da parte aérea (h), teor de pigmentos fotossintéticos, massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raízes (MSR), massa seca total (MStotal), índice de qualidade de Dickson, relações h/d e MSPA/MSR. Os dados foram submetidos à análise de variância, análise de regressão e correlação de Pearson. A correlação e a curva de resposta para o crescimento das mudas, em razão das diferentes proporções de vermicomposto e substrato comercial, mostraram que as adições de 50 ou 75% de vermicomposto foram as que mais favoreceram o crescimento das mudas de *S. terebinthifolius*.

Vermicompost in substrate composition for seedlings production of *Schinus terebinthifolius*

Abstract - The objective of the present study was to analyze the effect of addition of vermicompost to the substrate of *Schinus terebinthifolius* seedlings. We tested five treatments composed by the addition of vermicompost on Carolina Soil® substrate (T1: 100% Carolina Soil® (CS); T2: 75% CS and 25% vermicompost (VC); T3: 50% CS and 50% CV; T4: 25% CS and 75% CV and T5: 100% CV). The morphophysiological characteristics evaluated at 150 days after seedling emergence were: stem diameter (d), shoot height (h), photosynthetic pigment content, shoot dry mass (SDM), roots dry mass (RDM), total dry mass (DMtotal), Dickson quality index, h/d ratio and SDM/RDM ratio. Data were submitted to analysis of variance, regression analysis and Pearson correlation. The correlation and the growth response curve for the seedlings, due to the different proportions of vermicompost and commercial substrate showed that the additions of 50 or 75% of vermicompost were the ones that favored the growth of *S. terebinthifolius* seedlings.

Introdução

Schinus terebinthifolius Raddi pertence à família Anacardiaceae. Sua ocorrência no Brasil, se dá do Rio Grande do Norte ao Rio Grande do Sul, em várias

formações vegetais. É conhecida, no RS, como aroeira, aroeira-vermelha, aroeira-mansa, aroeira-pimenteira, aroeira-braba e aroeira-precoce (Carvalho, 2003), tendo importância ecológica e econômica, pois é procurada

pela avifauna e sua madeira pode ser utilizada para produção de moirões, esteios, lenha e carvão (Lorenzi, 2000). Possui potencial para a recomposição de áreas degradadas e arborização urbana (Pacheco et al., 2011), podendo também ser recomendada para sistemas apícolas e agroflorestais (Mazza et al., 2011).

S. terebinthifolius têm importância comercial devido às suas propriedades fitoquímicas, o que tem sido confirmado por vários estudos que avaliaram sua ação antimicrobiana, anti-inflamatória, antiulcerogênica e antioxidante (El-Massry et al., 2009; Carvalho et al., 2013; Costa et al., 2015; Uliana et al., 2016), vasodilatadora (Glória et al., 2017), cicatrizante (Azevedo et al., 2015), acaricida (Nascimento et al., 2012), antitumoral e inseticida (Santos et al., 2013; Azevedo et al., 2015). Testes *in vitro* demonstraram que essa espécie apresenta atividade fungicida pronunciada para *Botrytis* spp. (Santos et al., 2010), *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli* (Uliana et al., 2016) e *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Aspergillus niger*, *A. parasiticus* e *Candida albicans* (El-Massry et al., 2009).

Atualmente, há uma forte demanda para a produção de mudas com alta qualidade morfofisiológica, seja para reflorestamento ou para a recuperação de áreas degradadas (Delarmelina et al., 2014). Além disso, o sucesso na restauração florestal depende diretamente do plantio de mudas com qualidade, porque dela dependerá o estabelecimento inicial das mesmas em campo (Grossnickle, 2012; Grossnickle & MacDonald, 2018a). Dentre as espécies florestais nativas com carência de informações encontra-se *S. terebinthifolius*, que necessita de estudos sobre sua propagação para que a mesma ocorra de forma rápida e eficiente (Saldanha et al., 2017).

A qualidade das mudas depende, diretamente, das características físicas e químicas do substrato (Wendling et al., 2007), porque o material que o compõe interfere diretamente na germinação e no estabelecimento das plântulas, já que condiciona o substrato quanto à sua estrutura, aeração, capacidade de retenção de água e grau de contaminação por patógenos (Silva et al., 2011), além da nutrição das mudas.

A fertilização pode ser uma alternativa para disponibilizar os nutrientes em quantidades adequadas para o crescimento das mudas (Brondani et al., 2008), já que o substrato nem sempre possui os teores de nutrientes

suficientes para a espécie que está sendo propagada. No entanto, a fertilização mineral pode onerar a produção de mudas e inviabilizá-la.

Dessa forma, a utilização de vermicomposto na composição do substrato pode ser uma opção viável, considerando que esse material orgânico melhora as características físicas, químicas e biológicas do mesmo (Joshi et al., 2015). Vários estudos apontam a adição de vermicomposto ao substrato como uma alternativa para fertilização de espécies florestais, como em *Eucalyptus grandis* (Steffen et al., 2011; Silva et al., 2017), *Corymbia citriodora* (Steffen et al., 2011), *Handroanthus chrysotrichus*, *Leucaena leucocephala* (Andreazza et al., 2013), *Acacia mearnsii* (Antunes et al., 2016) e *Jacaranda micrantha* (Amaral et al., 2017). Além disso, em *Pinus pinaster* a adição de extrato de vermicomposto ao substrato proporcionou condições para o aumento da germinação da espécie (Lazcano et al., 2010).

No caso de *S. terebinthifolius*, Trigueiro & Guerrini (2014) e Abreu et al. (2017) testaram a adição de lodo de esgoto para a produção de mudas. Caldeira et al. (2008) testaram a utilização de compostos orgânicos de abatedouros de aves e Bonnet et al. (2002) testaram a adição de compostos de biossólidos. Entretanto, até o momento, não foram encontrados registros da utilização de vermicomposto para a formação de mudas dessa espécie.

O presente estudo objetivou avaliar a influência da adição de diferentes proporções entre vermicomposto e substrato comercial na obtenção de mudas de *S. terebinthifolius*.

Material e métodos

O experimento foi realizado no Centro de Pesquisa em Florestas, em Santa Maria, RS (29°39'37,28"S e 53°54'28,84"W), com sementes de *Schinus terebinthifolius* coletadas na área dessa instituição de pesquisa. Após coleta, as sementes foram beneficiadas e armazenadas em câmara fria seca (8 °C) até a execução do experimento.

Para a produção das mudas, a semeadura foi realizada de forma manual, em tubetes de polipropileno, de seção circular e forma cônica, com capacidade para 175 cm³ de substrato, sendo dispostas, cinco sementes por tubete. Após 15 dias do início da emergência, realizou-se o

raleio, deixando-se apenas uma plântula por tubete, permanecendo em casa de vegetação por 150 dias, com irrigações diárias. Os substratos de cada tratamento foram usados para preenchimento dos tubetes antes da semeadura.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com cinco tratamentos compostos por diferentes teores de vermicomposto (VC) no substrato comercial Carolina Soil® (CS): T1: 100% de CS, T2: 75% de CS e 25% de VC, T3: 50% de CS e 50% de VC, T4: 25% de CS e 75% de VC e T5: 100% de VC. A unidade experimental foi composta por 10 plantas (uma por tubete) em oito blocos, totalizando 80 plantas por tratamento. Segundo o fabricante, o substrato comercial Carolina Soil® apresenta, em sua composição, turfa de *Sphagno*, vermiculita expandida,

casca de arroz carbonizada, e traços de NPK, calcário dolomítico e gesso agrícola. O vermicomposto utilizado foi proveniente de produção de minhocas vermelhas da Califórnia (*Eisenia andrei*) com base em esterco bovino, sendo que o processo durou em torno de 100 dias. Após esse período, o mesmo foi peneirado em malha de 2 mm.

Após as composições dos substratos, foram retiradas amostras dos mesmos para a caracterização física (Fermino, 2014), no Laboratório de Substratos para Plantas do Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária (SEAPI) (Tabela 1) e química no Laboratório de Química Agrícola do Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária (SEAPI) (Tabela 2). A caracterização química consistiu na determinação de macro e micronutrientes, carbono e matéria orgânica, conforme metodologia descrita por Tedesco et al. (1995).

Tabela 1. Caracterização física dos diferentes substratos utilizados na produção de mudas de *Schinus terebinthifolius*

Table 1 Physical characterization of the different substrates used in the production of *Schinus terebinthifolius* seedlings

Tratamento	Capacidade de retenção de água		Porosidade total (m ³ m ⁻³)	Espaço de aeração (m ³ m ⁻³)	Água facilmente disponível (m ³ m ⁻³)	Condutividade elétrica (dS m ⁻¹)	pH
	(10 cm, m ³ m ⁻³)	(50 cm, m ³ m ⁻³)					
T1	47	32	70	23	15	0,64	5,95
T2	56	35	76	20	21	0,97	6,43
T3	64	40	84	20	24	1,21	6,20
T4	62	40	86	24	22	1,44	6,30
T5	62	43	86	24	19	1,70	6,53

T1: 100% de Carolina Soil® (CS), T2: 75% de CS e 25% de vermicomposto (VC), T3: 50% de CS e 50% de VC, T4: 25% de CS e 75% de VC e T5: 100% de VC.

Tabela 2. Caracterização química dos diferentes substratos utilizados na produção de mudas de *Schinus terebinthifolius*.

Table 2. Chemical characterization of the different substrates used in the production of *Schinus terebinthifolius* seedlings.

Tratamento	g kg ⁻¹							mg kg ⁻¹					
	N	P	K	Ca	Mg	C	MO	Na	Zn	Cu	Mn	Fe	C/N
T1	1,1	0,6	3,0	7,1	52,2	204,0	350,0	272	34,92	4,42	286,4	14368,2	185,1
T2	4,1	1,5	6,9	6,8	35,7	218,0	375,0	448	67,74	8,68	505,8	12928,8	53,2
T3	2,1	1,8	8,7	6,6	18,4	188,0	323,0	688	83,42	15,82	876,3	11022,9	89,4
T4	3,3	2,4	1,7	7,0	11,1	185,0	31,8	640	74,49	13,44	824,1	6221,66	56,0
T5	2,1	2,6	12,6	5,9	3,3	164,0	28,2	976	102,5	17,82	992,4	6779,14	78,0

T1: 100% de Carolina Soil® (CS), T2: 75% de CS e 25% de vermicomposto (VC), T3: 50% de CS e 50% de VC, T4: 25% de CS e 75% de VC e T5: 100% de VC.

Após 150 dias da emergência (80% das plantas emergidas), foram avaliadas as seguintes características nas mudas: diâmetro do coleto (DC), com paquímetro, altura da parte aérea (H), com régua, teor de pigmentos fotossintéticos, massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raízes (MSR), massa seca total (MStotal), índice de qualidade de Dickson (IQD), relação H/DC e MSPA/MSR.

Para a determinação da massa seca, as raízes foram separadas da parte aérea, acondicionadas em embalagens de papel e secas em estufa a 65 °C, até atingirem massa constante. A massa seca total foi obtida somando-se a massa seca de raízes e a massa seca da parte aérea. O índice de qualidade de Dickson (Dickson et al., 1960) foi obtido empregando-se a equação 1.

$$IQD = \frac{MStotal (g)}{\frac{H (cm)}{DC (cm)} + \frac{MSPA (g)}{MSR (g)}} \quad (1)$$

Onde: IQD = índice de qualidade de Dickson, MStotal = massa seca total; H = altura da parte aérea; MSPA = massa seca da parte aérea; DC = diâmetro do coleto; MSR = massa seca de raízes.

O teor de clorofila total foi estimado com o uso do clorofilômetro CloroFilog (Falker®), na segunda folha expandida a partir do meristema apical. Posteriormente, foram retirados dessas folhas discos foliares (8,5 mm de diâmetro), que foram incubados em dimetilsulfóxido (DMSO) saturado com CaCO₃ (Santos et al., 2008), permanecendo por 120 h em tubos, no escuro, à temperatura ambiente.

Após o período de incubação, a absorvância das amostras foi determinada em espectrofotômetro (Modelo Cirrus 80®), utilizando cubeta de quartzo de 10 mm de caminho óptico. Os comprimentos de ondas e as equações para o cálculo das concentrações de clorofilas *a*, *b*, total e carotenoides foram baseados na metodologia descrita por Wellburn (1994).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), realizando o teste F e, quando significativa, realizou-se a análise de regressão, empregando-se o software Sisvar 5.6 (Ferreira, 2011). Quando as equações ajustadas foram de grau dois ($y = b_0 \pm b_1x \pm b_2x^2$), estimou-se a máxima eficiência técnica (MET = $-\frac{b_1}{2b_2}$). Posteriormente, estimou-se a correlação linear de Pearson (*r*) entre as características do substrato e as variáveis morfométricas (DC, H, MSPA, MSR, MStotal e IQD) e a significância do *r* foi verificada através do teste t de Student a 5% de probabilidade.

Resultados

O crescimento em diâmetro do coleto (DC) e altura da parte aérea (H) das mudas de *Schinus terebinthifolius* foram influenciados significativamente pela adição de vermicomposto ao substrato.

As maiores médias em DC foram obtidas em plantas oriundas do tratamento com a adição de 50% (6,13 mm) e 75% (5,0 mm) de vermicomposto ao substrato. No caso da H, as médias mais elevadas (32,3; 30,1 e 32,5

cm) foram observadas nos tratamentos com a adição de 50 %, 75 % e 100 % de vermicomposto, respectivamente (Figura 1).

As menores médias para crescimento em DC e H (2,1 mm e 10,8 cm, respectivamente) foram observadas em plantas em substrato sem vermicomposto e em substrato com apenas 25% de vermicomposto (Figuras 1a e 1b). No tratamento com 100% de vermicomposto ocorreu redução do crescimento em relação ao tratamento com 75% (Figuras 2a e 2b).

A relação H/DC (Figura 1c) apresentou comportamento linear, aumentando com a adição de vermicomposto ao substrato. A máxima eficiência técnica (MET) para a altura da planta e diâmetro do coleto foi estimada em 76,4 e 59,2% de vermicomposto, respectivamente. As variáveis massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raízes (MSR) e massa seca total (MStotal) apresentaram comportamento quadrático (Figuras 1d, 1e e 1f), com as maiores médias em substrato com 50% ou 75% de vermicomposto. Os percentuais estimados de vermicomposto para a MET destas características foram 71,8%, 64,6% e 69,2%, respectivamente.

Para as variáveis MSR, MSPA e MStotal (Figuras 2d, 2e, 2f), verificou-se que o aumento no percentual de vermicomposto ao substrato comercial ocasionou a elevação na produção de MSR e MStotal, com tendência a decrescer após atingirem o ponto de máxima eficiência técnica. As mudas produzidas nos substratos com 50 e com 75% de vermicomposto apresentaram maior acúmulo de MSR, na MSPA e MStotal, ao passo que aquelas produzidas somente em substrato comercial ou com a adição de 25% de vermicomposto apresentaram as menores médias para as mesmas variáveis.

A relação entre a massa seca da parte aérea e a massa seca de raízes foi menor no tratamento controle e no tratamento com 25% de vermicomposto, com 1,35 g e 1,87 g respectivamente. Com o aumento no percentual de vermicomposto, ocorreu aumento nas médias dessa característica (Figura 1g).

As maiores médias para o índice de qualidade de Dickson (IQD) foram observadas nas mudas produzidas em substratos com 50% (2,95) e 75% (2,78) de vermicomposto (Figura 2h). As mudas produzidas com 0, 25% ou 100% de vermicomposto apresentaram médias inferiores, sendo a MET estimada em 61,3%.

O teor de pigmentos fotossintéticos nas folhas de *S. terebinthifolius* foi influenciado pelas concentrações de vermicomposto (Figura 2).

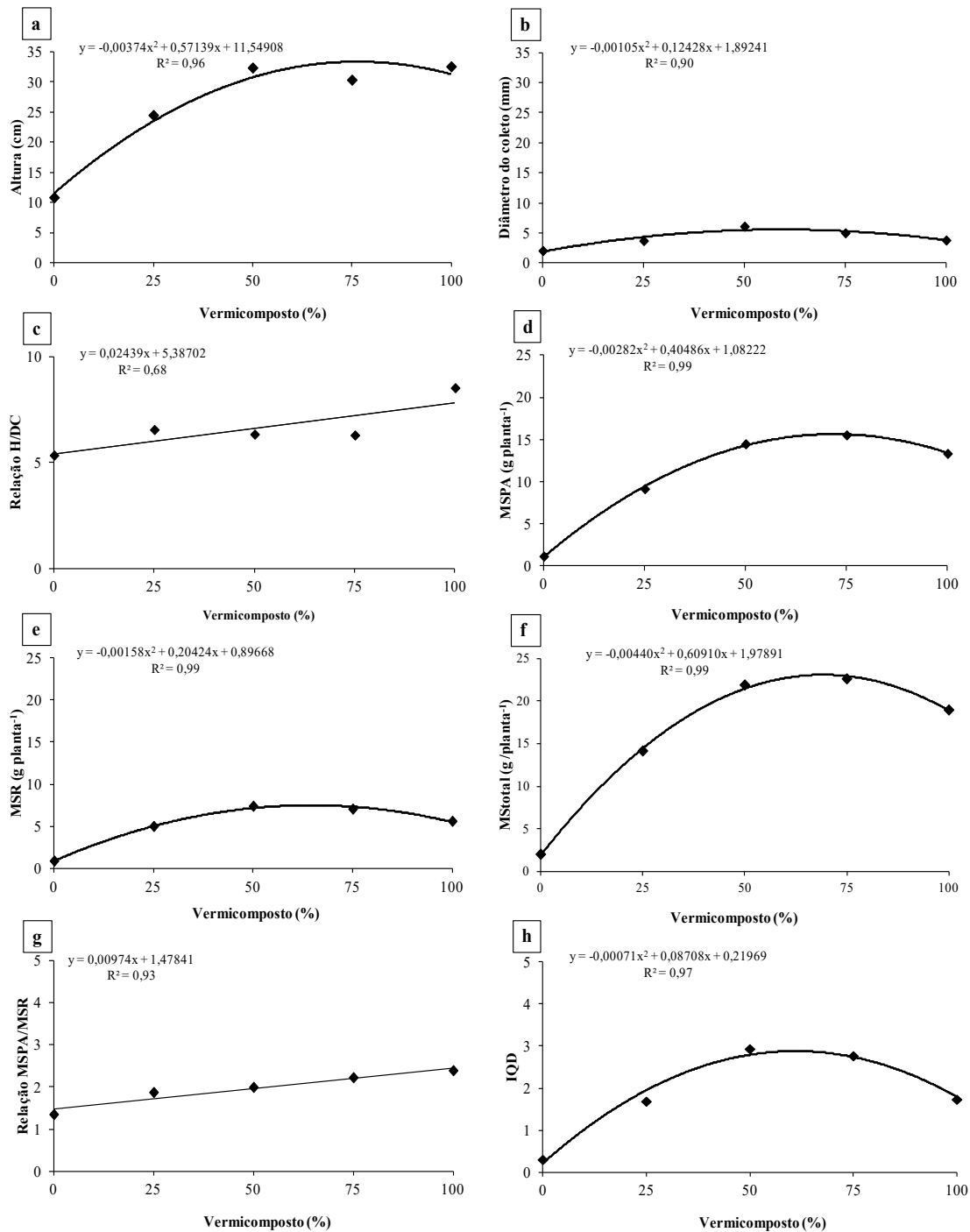


Figura 1. Características de crescimento de mudas de *Schinus terebinthifolius* propagadas em diferentes combinações de vermicomposto e substrato comercial Carolina Soil®, aos 150 dias após a emergência. A: altura (H); B: diâmetro do coleto (DC); C: relação altura/diâmetro do coleto (relação H/DC); D: massa seca da parte aérea (MSPA); E: massa seca de raízes (MSR); F: massa seca total (MStotal); G: relação entre massa seca da parte aérea e massa seca de raízes (MSPA/MSR); H: índice de qualidade de Dickson (IQD).

Figure 1. Growth characteristics of *Schinus terebinthifolius* seedlings propagated in different combinations of vermicompost and Carolina Soil® commercial substrate, 150 days after emergence. A: height (H). B: stem diameter (DC). C: height/stem diameter ratio (H/DC). D: shoot dry mass (MSPA). E: roots dry mass (MSR). F: total dry mass (MStotal). G: shoot dry mass and roots dry mass ratio (MSPA/MSR). H: Dickson quality index (IQD).

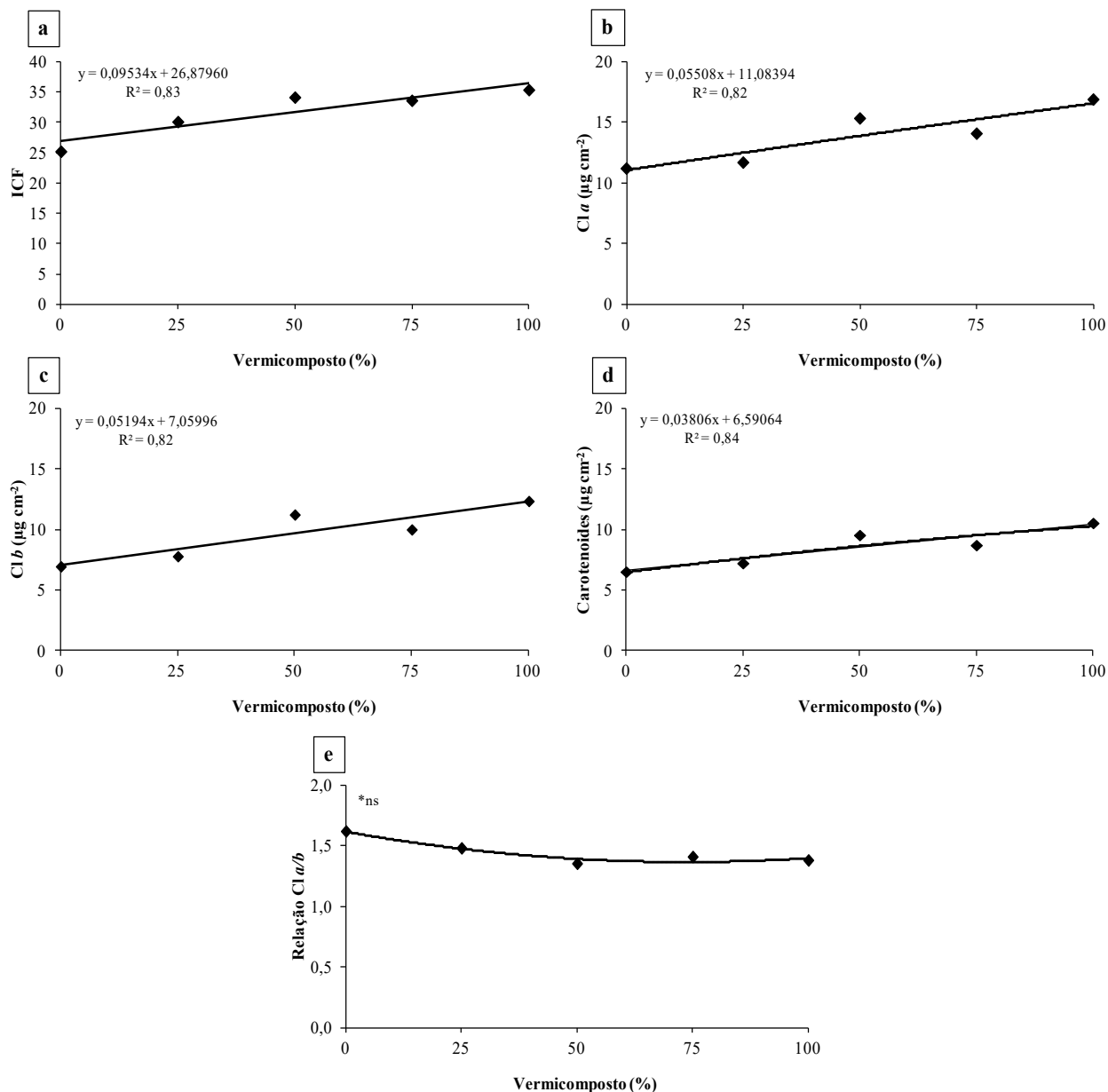


Figura 2. Características de crescimento de mudas de *Schinus terebinthifolius* propagadas em diferentes combinações entre vermicomposto e substrato comercial Carolina Soil®, aos 150 dias após a emergência. A: teor de clorofila determinado com clorofilômetro (índice ICF); B: clorofila *a* (cl *a*); C: clorofila *b* (cl *b*); D: carotenoides; E: relação entre clorofila *a* e *b* (Cl *a*/*b*). *ns = não significativo.

Figure 2. Growth characteristics of *Schinus terebinthifolius* seedlings propagated in different combinations of vermicompost and commercial Carolina Soil® substrate at 150 days post emergence. A: chlorophyll content determined with chlorophyll meter (ICF index); B: chlorophyll *a* (cl *a*); C: chlorophyll *b* (cl *b*); D: carotenoids; E: relationship between chlorophyll *a* and *b* (Cl *a*/*b*). *Ns =: not significant.

O teor de clorofila total (ICF) (Figura 2a) apresentou comportamento linear, semelhante ao teor de pigmentos cl *a*, *b* e carotenoides (Figuras 2b, 2c e 2d). Observou-se aumento linear do teor de pigmentos fotossintéticos

com a elevação da proporção de vermicomposto no substrato, enquanto que a relação entre clorofilas *a* e *b* não apresentou diferença entre os tratamentos (Figura 2e).

As características porosidade total, capacidade de retenção de água a 10 cm, água facilmente disponível e condutividade elétrica do substrato correlacionaram-se positivamente com todas as características morfométricas avaliadas nas mudas de *S. terebinthifolius* (Tabela 3).

Tabela 3. Correlação linear de Pearson entre características do substrato e características morfométricas de mudas de *Schinus terebinthifolius*, aos 150 dias após a emergência.

Table 3. Pearson's linear correlation between substrate and morphometric characteristics of *Schinus terebinthifolius* seedlings at 150 days after emergence

Características	H	DC	MSPA	MSR	MStotal	IQD
CRA _{10cm}	0,90*	0,92*	0,92*	0,91*	0,93*	0,90*
CRA _{50cm}	0,53 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,51 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,49 ^{ns}	0,44 ^{ns}
PT	0,89*	0,82*	0,90*	0,81*	0,88*	0,79*
EA	0,00 ^{ns}	-0,22 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	-0,24 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	-0,28 ^{ns}
AFD	0,58*	0,65*	0,63*	0,69*	0,65*	0,68*
CE	0,84*	0,68*	0,75*	0,63*	0,72*	0,57*
pH	0,57*	0,50 ^{ns}	0,46 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,38 ^{ns}

*significativos a 5% de probabilidade pelo teste t, com 13 graus de liberdade; ^{ns} = não significativos. CRA_{10cm}: capacidade de retenção de água a 10 cm; CRA_{50cm}: capacidade de retenção de água a 50 cm; PT: porosidade total; EA: espaço de aeração; AFD: água facilmente disponível; CE: condutividade elétrica; pH: potencial hidrogeniônico; H: altura; DC: diâmetro do coleto; MSPA: massa seca da parte aérea; MSR: massa seca de raízes; MStotal: massa seca total; IQD: índice de qualidade de Dickson.

Discussão

A adição de vermicomposto ao substrato comercial (Carolina Soil[®]) na proporção de até 75% promoveu o crescimento das mudas de *Schinus terebinthifolius* (Figuras 1 e 2). Este resultado pode ser corroborado com outros estudos que demonstraram que a aplicação de vermicomposto ao substrato incrementa o crescimento das mudas (Steffen et al., 2011; Baldotto et al., 2012; Antunes et al., 2016; Amaral et al., 2017).

A adição de vermicomposto ao substrato pode ter proporcionado o aumento do teor de nutrientes disponíveis (Tabela 2), o que favoreceu o crescimento das mudas de *S. terebinthifolius* em relação às cultivadas no tratamento sem a adição de vermicomposto (Figura 1). Nos tratamentos com 50%, 75% e 100% de vermicomposto, o incremento em altura e diâmetro do coleto foi cerca de três vezes superior ao tratamento controle (Figuras 1a e 1b). No entanto, a adição de 100% pode ter causado desequilíbrio nutricional, limitando o crescimento. Estudos têm demonstrado que a adição de

vermicomposto ao substrato, em proporções adequadas, aumenta não apenas o crescimento das plantas, mas também a capacidade destas em tolerar estresses, como salinidade (Xu et al., 2016), além de elevar a capacidade de retenção de água (Hosseinzadeh et al., 2016), imobilizar metais pesados no solo (Wang et al., 2017) e aumentar a atividade biológica no solo (Amiri et al., 2017). O vermicomposto também contribui com a adição de substâncias promotoras de crescimento (auxinas, giberelinas e citocininas) e inibidoras de fitopatógenos, pela secreção de antibióticos e enzimas como quitinase, lipase, protease e β -1,3-glucanase (Vijayabharathi et al., 2015).

Mudas de espécies florestais nativas com qualidade adequada devem apresentar altura entre 20 e 35 cm e diâmetro do coleto entre 5 e 10 mm (Gonçalves et al., 2000). Em geral, a sobrevivência de mudas em campo é altamente relacionada com o diâmetro do coleto e o tamanho do sistema radicular (Grossnickle, 2012). No presente estudo, as mudas de *S. terebinthifolius* cultivadas em substratos com 50 ou 75% de vermicomposto apresentaram, respectivamente, 30 e 33 cm de altura e diâmetro do coleto de 6 e 5 mm, após 150 dias de emergência, representando desenvolvimento adequado para a espécie do ponto de vista comercial.

Tem-se indicativos que a adição de vermicomposto nas proporções de 50% e 75% promoveu mudanças químicas e físicas ao substrato, que foram determinantes para a obtenção de mudas com maiores médias de crescimento (Tabelas 1 e 2). A adição de vermicomposto ao substrato ocasionou o aumento de porosidade total (PT) e capacidade de retenção de água a 10 cm (CRA_{10cm}), características estas que apresentaram correlação positiva significativa acima de 0,79 com as variáveis de crescimento das mudas (Tabela 3). De acordo com Kämpf (2005), a porosidade do substrato está diretamente relacionada com o crescimento das plantas, por possibilitar o suprimento adequado de oxigênio e pela rápida remoção do gás carbônico formado, além dos macroporos condicionarem o espaço de aeração, o qual corresponde à água liberada em baixas tensões. A porosidade total em substratos para o crescimento de plantas apresenta, em geral, valor ótimo de 85% (Schafer et al., 2015).

As mudanças nas condições químicas e físicas do substrato favoreceram a ocorrência de maior fotossíntese líquida das mudas cultivadas nesses tratamentos, pois médias elevadas da massa seca total nas plantas

foram observadas naquelas produzidas em substrato com 50 ou 75% de vermicomposto (Figuras 1e e 1f). Grande parte do acúmulo de massa seca em plantas (90 - 95%) está diretamente relacionada com a fixação de C pela atividade fotossintética da planta (Zelitch, 1973; Kruger & Volin, 2006), evidenciando que a adição de vermicomposto ao substrato proporcionou condições adequadas para estimular a fotossíntese e, conseqüentemente, o maior crescimento das mudas de *S. terebinthifolius* (Tabela 3).

O teor de clorofila nas folhas representa uma característica importante para a avaliação da aquisição de N, sendo que a disponibilidade desse elemento pode influenciar diretamente a capacidade fotossintética das plantas (Taiz et al., 2017). No presente estudo, o teor de pigmentos fotossintéticos aumentou linearmente com a adição de vermicomposto ao substrato (Figura 2), sugerindo maior absorção de N. Desta forma, a adição das maiores proporções de vermicomposto ao substrato pode ter estimulado a síntese de pigmentos fotossintéticos em folhas de *S. terebinthifolius* pelo suprimento adequado de nutrientes (Tabela 1) relacionados à síntese dos mesmos, favorecendo o acúmulo de massa seca (Figuras 1d e 1e).

Plantas cultivadas em substrato com 75% de vermicomposto apresentaram elevados teores de pigmentos fotossintéticos (Figura 2), o que possibilitou maior fixação de C através da fotossíntese e, conseqüentemente, gerou maior média de massa seca da parte aérea (Figura 1d). A variabilidade nos teores de clorofila *a* pode refletir na manutenção da captura de luz pelo sistema antena dos fotossistemas I e II e na capacidade de transferência de elétrons na cadeia fotossintética (Taiz et al., 2017). Este fato foi verificado em plantas de *Cicer arietinum*, nas quais ocorreu aumento no teor de clorofila e na eficiência fotoquímica (Fv/Fm) com a adição de vermicomposto (10 ou 20%) ao substrato de cultivo (Hosseinzadeh et al., 2016).

As maiores médias para o índice de qualidade de Dickson (IQD) foram obtidas em mudas cultivadas em substrato comercial contendo 50 ou 75% de vermicomposto (Figura 1h), com crescimento equilibrado entre a parte aérea e radicular, corroborando com o que foi observado ao analisar as demais características morfológicas. A máxima eficiência técnica (MET) do IQD foi estimada em 61,3% de vermicomposto. O IQD agrupa em um único valor o equilíbrio da distribuição

de características analisadas isoladamente. Mudas com melhor qualidade apresentam maior valor de IQD em relação a mudas com menor índice (Lisboa et al., 2018). Segundo Steffen et al. (2011), esse indicador é utilizado para avaliar a robustez e o equilíbrio da biomassa das plantas, sendo que quanto maior o IQD, melhor será a qualidade da muda. Outros estudos apontam que a adição de vermicomposto ao substrato de cultivo de mudas de espécies florestais, em proporções definidas, aumenta o IQD (Steffen et al., 2011; Amaral et al., 2017). De acordo com Grossnickle & MacDonald (2018a) o plantio de mudas com atributos fisiológicos e morfológicos desejáveis aumenta as chances de sucesso em um programa de restauração florestal.

Conclusão

A associação entre vermicomposto e substrato comercial Carolina Soil® mostrou-se eficiente para produção de mudas de *Schinus terebinthifolius*.

As proporções de 50% e 75% de vermicomposto mostraram-se adequadas para a produção de mudas de *S. terebinthifolius*, pois incrementaram as características morfológicas em relação ao tratamento sem a adição de vermicomposto e, proporcionaram a produção de mudas com maior qualidade .

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (Pibic) a autora R. R. Roubuste.

Referências

- Abreu, A. H. M. et al. Caracterização e potencial de substratos formulados com biossólido na produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi. e *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 4, p. 1179-1190, 2017. DOI: 10.5902/1980509830300.
- Amaral, P. P. et al. Promotores de crescimento na propagação de caroba. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 37, n. 90, p. 149-157, 2017. DOI: 10.4336/2017.pfb.37.90.1402.
- Amiri, H. et al. Influence of vermicompost fertilizer and water deficit stress on morpho-physiological features of chickpea (*Cicer arietinum* L. cv. karaj). **Compost Science & Utilization**, v. 25, n. 3, p. 152-165, 2017. DOI: 10.1080/1065657X.2016.1249313.

- Andreazza, R. et al. Efeito do vermicomposto no crescimento inicial de ipê amarelo (*Handroanthus chrysotrichus*) e leucena (*Leucaena leucocephala*). **Nativa**, v. 1, n. 1, p. 29-33, 2013. DOI: 10.14583/2318-7670.v01n01a06.
- Antunes, R. M. et al. Crescimento inicial de acácia-negra com vermicompostos de diferentes resíduos agroindustriais. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 1, p. 1-9, 2016. DOI: 10.5902/1980509821060.
- Azevedo, C. F. et al. Estudo farmacobotânico de partes aéreas vegetativas de aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius* Raddi, Anacardiaceae). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 1, p. 26-35, 2015. DOI: 10.1590/1983-084X/11_090.
- Baldotto, L. E. B. et al. Initial growth of maize in response to application of rock phosphate, vermicompost and endophyticbactéria. **Revista Ceres**, v. 59, n. 2, p. 262-270, 2012. DOI: 10.1590/S0034-737X2012000200016.
- Bonnet, B. R. P. et al. Effects of substrates composed of biosolids on the production of *Eucalyptus viminalis*, *Schinus terebinthifolius* and *Mimosa scabrella* seedlings and on the nutritional status of *Schinus terebinthifolius* seedlings. **Water Science & Technology**, v. 46, n. 10, p. 239-46, 2002. DOI: 10.2166/wst.2002.0342.
- Brondani, G. E. et al. Fertilização de liberação controlada no crescimento inicial de angico-branco. **Scientia Agraria**, v. 9, n. 2, p. 167-176, 2008.
- Caldeira, M. V. W. et al. Composto orgânico na produção de mudas de aroeira vermelha. **Scientia Agraria**, v. 9, n. 1, p. 27-33, 2008. DOI: 10.5380/rsa.v9i1.9898.
- Carvalho, M. G. et al. *Schinus terebinthifolius* Raddi: chemical composition, biological properties and toxicity. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 15, p. 158-169, 2013. DOI: 10.1590/S1516-05722013000100022.
- Carvalho, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2003. v. 1. 1039 p.
- Costa, C. O. D. et al. Phytochemical screening, antioxidant and antibacterial activities of extracts prepared from different tissues of *Schinus terebinthifolius* Raddi that occurs in the coast of Bahia, Brazil. **Pharmacognosy Magazine**, v. 11, n. 43, p. 607-614, 2015. DOI: 10.4103/0973-1296.160459.
- Delarmelina, W. M. et al. Diferentes substratos para a produção de mudas de *Sesbania virgata*. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 2, p. 224-233, 2014. DOI: 10.4322/foram.2014.027.
- Dickson, A. et al. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forest Chronicle**, v. 36, p.10-13, 1960. DOI: 10.5558/tfc36010-1.
- El-Massry, K. F. et al. Chemical compositions and antioxidant/antimicrobial activities of various samples prepared from *S. terebinthifolius* leaves cultivated in Egypt. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, n. 12, p. 5265-5270, 2009. DOI: 10.1021/jf900638c.
- Fermino, M. H. **Substratos, composição, caracterização e métodos de análise**. Guaíba: Agrolivros, 2014. 112 p.
- Ferreira, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011. DOI: 10.1590/S1413-70542011000600001.
- Glória, L. L. et al. Phenolic compounds present *Schinus terebinthifolius* Raddi influence the lowering of blood pressure in rats. **Molecules**, v. 22, n. 10, 11 p., 2017. DOI: 10.3390/molecules22101792.
- Gonçalves, J. L. M. et al. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: Gonçalves, J. L. M.; Benedetti, V. (Ed.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 309-350.
- Grossnickle, S. C. & MacDonald, J. E. Seedling Quality: History, application, and plant attributes. **Forests**, v. 9, n. 5, p. 1-23, 2018a. DOI:10.3390/f9050283.
- Grossnickle, S. C. & MacDonald, J. E. Why seedlings grow: influence of plant attributes. **New Forests**, v. 49, n. 1, p. 1-34, 2018b. DOI: 10.1007/s11056-017-9606-4.
- Grossnickle, S. C. Why seedlings survive: influence of plant attributes. **New Forests**, v. 43, n. 5-6, p. 711-738, 2012. DOI: 10.1007/s11056-012-9336-6.
- Hosseinzadeh, S. R. et al. Effect of vermicompost fertilizer on photosynthetic characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. **Photosynthetica**, v. 54, n. 1, p. 87-92, 2016. DOI: 10.1007/s11099-015-0162-x.
- Joshi, R. et al. Vermicompost as an effective organic fertilizer and biocontrol agent: effect on growth, yield and quality of plants. **Reviews in Environmental Science and Bio/Technology**, v. 14, n. 1, p. 137-159, 2015. DOI: 10.1007/s11157-014-9347-1.
- Kämpf, A. N. **Produção comercial de plantas ornamentais**. 2. ed. Guaíba: Agrolivros, 2005. 256 p.
- Kruger, L. C. & Volin, J. C. Reexamining the empirical relation between plant growth and leaf photosynthesis. **Functional Plant Biology**, n. 33, n. 5, p. 421-429, 2006. DOI: 10.1071/FP05310.
- Lazcano, C. et al. Vermicompost enhances germination of the maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.). **New Forests**, v. 39, n. 3, p. 387-400, 2010. DOI: 10.1007/s11056-009-9178-z.
- Lisboa, A. C. et al. Crescimento e qualidade de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* em substrato com esterco bovino. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 38, e201701485, p. 1-6, 2018. DOI: 10.4336/2018.pfb.e201701485.
- Lorenzi, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa, São Paulo: Instituto Plantarum, v. 1, 2000. 368 p.
- Mazza, M. C. M. et al. *Schinus terebinthifolius*. In: Coradin, L. et al. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro: Região Sul**. 2011. p. 226-242.
- Nascimento, A. F. et al. Essential oil composition and acaricidal activity of *Schinus terebinthifolius* from Atlantic Forest of Pernambuco, Brazil against *Tetranychus urticae*. **Natural Product Communications**, v. 7, n. 1, p.129-132, 2012.
- Pacheco, M. V. et al. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Schinus terebinthifolius* Radii., v. 33, n. 4, p.762-767, 2011. DOI: 10.1590/S0101-31222011000400018.
- Saldanha, C. W. et al. Escarificação mecânica e química na germinação de sementes de *Schinus terebinthifolius* Raddi. **Enciclopédia Biosfera**, v. 14, n. 25, p. 518-529, 2017. DOI: 10.18677/EnciBio_2017A47.

- Santos, M. R. A. et al. Composição química e atividade inseticida do óleo essencial de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) sobre a broca-do-café (*Hypothenemus hampei*) Ferrari. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 15, n. 4, p. 757-762, 2013. DOI: 10.1590/S1516-05722013000500017.
- Santos, A. C. A. et al. Efeito fungicida dos óleos essenciais de *Schinus molle* L. e *Schinus terebinthifolius* Raddi, Anacardiaceae, do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 20, n. 2, p. 154-159, 2010. DOI: 10.1590/S0102-695X2010000200003.
- Santos, R. P. et al. Protocolo para extração de pigmentos foliares em porta-enxertos de videira micropropagados. **Revista Ceres**, v. 55, p. 356-364, 2008.
- Schafer, G. et al. Um panorama das propriedades físicas e químicas de substratos utilizados em horticultura no sul do Brasil. **Ornamental Horticulture**, v. 21, n. 3, p. 299-306, 2015.
- Silva, E. A. et al. Substratos na produção de mudas de mangabeira em tubetes. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 2, p. 279-285, 2011.
- Silva, R. F. et al. Influência de diferentes concentrações de vermicomposto no desenvolvimento de mudas de eucalipto e pinus. **Floresta e Ambiente**, v. 24, e20160269, 2017. DOI: 10.1590/2179-8087.026916.
- Steffen, G. P. K. et al. Utilização de vermicomposto como substrato na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* e *Corymbia citriodora*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 31, n. 66, p. 75-82, 2011. DOI: 10.4336/2011.pfb.31.66.75.
- Taiz, L. et al. **Fisiologia vegetal**. 6. ed. Porto Alegre. Artmed, 2017. 858 p.
- Tedesco, J. et al. **Análise de solo, planta e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174 p.
- Trigueiro, R. M. & Guerrini, I. A. Utilização de lodo de esgoto na produção de mudas de aroeira-pimenteira. **Revista Árvore**, v. 38, n. 4, p. 657-665, 2014. DOI: 10.1590/S0100-67622014000400009.
- Uliana, M. P. et al. Composition and biological activity of Brazilian rose pepper (*Schinus terebinthifolius* Raddi) leaves. **Industrial Crops and Products**, v. 83, p. 235-240, 2016. DOI: 10.1016/j.indcrop.2015.11.077.
- Vijayabharathi, R. et al. Plant growth-promoting microbes from herbal vermicomposting. In: Egamberdieva, D. et al. (Ed.) **Plant-growth-promoting rhizobacteria (PGPR) and medicinal plants**. [S.l.]: Springer International, 2015. v. 42. p. 71-88. DOI: 10.1007/978-3-319-13401-7_4.
- Wang, Y. et al. Vermicompost and biochar as bio-conditioners to immobilize heavy metal and improve soil fertility on cadmium contaminated soil under acid rain stress. **Science of The Total Environment**, 2017. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.10.121.
- Wellburn, A. R. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. **Journal of Plant Physiology**, v. 144, n. 3, p. 307-313, 1994. DOI: 10.1016/S0176-1617(11)81192-2.
- Wendling, I. et al. Características físicas e químicas de substratos para produção de mudas de *Ilex paraguariensis* St. Hil. **Revista Árvore**, v. 31, n. 2, p. 209-220, 2007. DOI: 10.1590/S0100-67622007000200003.
- Xu, L. et al. Vermicompost improves the physiological and biochemical responses of blessed thistle (*Silybum marianum* Gaertn.) and peppermint (*Mentha haplocalyx* Briq) to salinity stress. **Industrial Crops and Products**, v. 94, p. 574-585, 2016. DOI: 10.1016/j.indcrop.2016.09.023.
- Zelitch, I. Plant productivity and the control of photorespiration. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 70, n. 2, p. 579-584, 1973. DOI: 10.1073/pnas.70.2.579.