

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES FONTES DE MATÉRIA ORGÂNICA EM COMPONENTES FISIOLÓGICOS DE FOLHAS DA ESPÉCIE *SCHINUS TEREBINTHIFOLIUS* RADDI.
(ANACARDIACEAE)

Influence of different sources of organic matter on physiological components of leaves of the species Schinus terebinthifolius Raddi. (Anacardiaceae)

Ramon Amaro de Sales^{1*}; Ricardo Amaro de Sales²; Robson Argolo dos Santos³; Waylson Zancanella Quartezzani⁴; Sávio da Silva Berilli⁵; Evandro Chaves de Oliveira⁵

¹ Mestrando em Produção Vegetal; Universidade Federal do Espírito Santo - CCAE/UFES; *ramonamarodesales@gmail.com

*Autor pra correspondência

² Mestrando em Fitotecnia; Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; ricardoamaro99@hotmail.com

³ Mestrando em Engenharia Agrícola; Universidade Federal de Viçosa; argolo.agro@gmail.com

⁴ Prof. Dr. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo - Campus Montanha; waylson.quartezzani@ifes.edu.br

⁵ Prof. Dr. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo - Campus Itapina; berilli@gmail.com; echoliveira@gmail.com;

Artigo enviado em 29/03/2017, aceito em 30/08/2017 e publicado em 10/04/2018.

Resumo - É cada vez maior a utilização de resíduos orgânicos na agricultura, principalmente no sistema de produção de mudas. Sabe-se que a matéria orgânica apresenta papel fundamental para a produção de mudas vigorosas e saudáveis, podendo ela influenciar as plantas em diversas características, como por exemplo, a produção de metabólitos secundários e os pigmentos do complexo antena. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes fontes de matéria orgânica sobre os índices fisiológicos e metabólitos secundários de *Schinus terebinthifolius* Raddi. O experimento foi conduzido em casa de vegetação em um delineamento de blocos casualizados, e os tratamentos consistiram de cinco fontes alternativas de matéria orgânica na proporção de 20% misturadas ao substrato de terra pura. Foram avaliados os teores de clorofilas a, b, total, carotenóides e suas relações por meio da extração de clorofila, a medida indireta de nitrogênio e clorofila pelo aparelho SPAD, além dos índices de fluorescências obtidos pelo aparelho Multiplex®, o qual mede os índices de flavonóides (FLAV), antocianina (ANT-RG e ANT-RB), clorofila total (SFR-G e SFR-R) e balanço de nitrogênio (NBI-G e NBI-R). Houve aumento nos teores de NBI-G e NBI-R e um decréscimo no FLAV, no substrato com resíduo de indústria de café. Os substratos que usaram como fonte alternativa o lodo de curtume apresentaram maiores valores de flavonóides, sendo inversamente proporcionais ao balanço de nitrogênio. Os índices determinados com o medidor SPAD correlacionaram-se positivamente com os teores de clorofila a, total e carotenóides, entretanto os índices obtidos pelo aparelho Multiplex® só foram significativos quando correlacionados com os valores SFR-R da planta inteira e SFR-G da parte adaxial.

Palavras-Chave - fluorimetria, nutrição, sustentabilidade.

Abstract – The use of organic waste in agriculture is increasing, especially in the seedling production system. It is known that organic matter plays a fundamental role in the production of vigorous and healthy seedlings, and it can influence plants in several characteristics, such as the production of secondary metabolites and pigments of the antenna complex. In this sense, the objective of this work was to evaluate the effect of different sources of organic matter on the physiological indexes and secondary metabolites of *Schinus terebinthifolius* Raddi. The experiment was conducted in a greenhouse in a randomized block design, and the treatments consisted of five alternative sources of organic matter in the ratio of 20% mixed to the substrate of pure earth. Chlorophyll a, b, total, carotenoids and their relationships were evaluated by means of chlorophyll extraction, the indirect measurement of nitrogen and chlorophyll by the SPAD apparatus, as well as the fluorescence indices obtained by the Multiplex® device, which measures the indices (SFR G and SFR-R) and nitrogen balance (NBI-G and NBI-R). There was an increase in the levels of NBI-G and NBI-R and a decrease in FLAV in the substrate with coffee industry residue. The substrates that used as an alternative source the tannery sludge presented higher values of flavonoids, being inversely

proportional to the nitrogen balance. The indices determined with the SPAD meter correlated positively with the contents of chlorophyll a, total and carotenoids, however the indices obtained by the Multiplex® apparatus were only significant when correlated with the SFR-R values of the whole plant and SFR-G of the adaxial part.

Keywords – fluorimetry, nutrition, sustainability.

INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, onde o desmatamento causa vários impactos ambientais, prejudicando a fauna e flora, tem-se dado grande importância a plantios de mudas de espécies florestais, a fim de reduzir os impactos já causados por esta prática. Dentre as variadas espécies utilizadas para reflorestamento, a aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius* Raddi), apresenta-se como uma boa alternativa, devido sua fácil adaptação, além de suas várias utilidades, tais como o aproveitamento da madeira, utilização dos frutos para condimentos ou princípios ativos para farmacologia, entretanto, essas mesmas utilidades vem acarretando a essa espécie um processo exploratório intenso e predatório (TRIGUEIRO et al., 2014; COLE et al., 2014; ROSAS et al., 2015; DANNENBERG et al., 2016).

A qualidade das mudas exerce grande influência na adaptação das plantas no campo, e o uso de um substrato adequado pode promover um bom “pegamento” das mudas e garantir o sucesso de um plantio comercial, reflorestamento ou recuperação de áreas degradadas. Deste modo, existe grande importância o uso de substratos que proporcionem as plantas um melhor desenvolvimento (SALES et al., 2017). Dentre os componentes do substrato, a matéria orgânica é um importante fator, visto que ela pode melhorar as condições físicas do substrato, aumentar a microbiota do solo, reter a umidade, controlar a amplitude térmica, tendo como consequência um aumento da CTC do solo e retenção dos nutrientes (SILVA et al., 2014; BERILLI et al., 2017), que vai variar de acordo com a fonte de matéria orgânica utilizada.

Uma das características relacionadas à qualidade de mudas está ligada a sua capacidade fotossintética, sendo proporcionada principalmente pela área foliar, no qual SILVA et al. (2014) relatam que a elevação da taxa fotossintética culmina em um aumento da produção de fotoassimilados. A clorofila possui grande importância na eficiência fotossintética, influenciando o crescimento e adaptabilidade da planta, sendo esses pigmentos cloroplastídicos responsáveis pela captura de luz solar que é usada na fotossíntese, sendo as clorofilas essenciais na conversão da radiação luminosa em energia química,

na forma de ATP e NADPH (SILVA et al., 2013; SILVA, 2014).

As folhas são responsáveis não somente pela fotossíntese, mas também para a produção de metabólitos secundários, onde o grupo dos flavonóides é considerado um dos maiores, sendo eles pigmentos naturais importantes, cuja função principal é proteger as plantas contra agentes oxidantes (LOPES et al. 2010; SILVA et al., 2015).

O metabolismo primário e secundário é afetado por diversos fatores externos, sendo a disponibilidade de nutrientes um desses fatores (BIASI et al., 2009). Segundo Rosal et al. (2011), devemos considerar as possíveis variações quantitativas e qualitativas que podem ocorrer na biossíntese dos metabólitos secundários, em resposta à aplicação de técnicas agrônomicas.

Tanto os metabólitos secundários como os pigmentos fotossintéticos são influenciados pela composição da matéria orgânica, visto que esses materiais fornecem não só nutrientes, mas também promovem uma variação da microbiota, além de determinados metais que podem ser potencialmente tóxicos as plantas, que segundo Pereira, (2015), é uma das principais preocupações do agricultor com o uso de resíduos orgânicos tanto de origem industrial como urbana.

Alguns autores encontraram interferência desses materiais orgânicos na produção de compostos secundários e nos teores de clorofila das plantas, como Berilli et al. (2016) e Quartezzani et al. (2018) nos índices de flavonóides de mudas de café com a aplicação de lodo de curtume, Rosal et al. (2011) nos teores de óleos essenciais da espécie *Plectranthus neochilus* Schltr, aplicando esterco de aves e Amorim (2014) no acúmulo de clorofilas a e b da espécie *Plectranthus amboinicus* (Lour.) com esterco bovino e cama de frango. Entretanto, estudo sobre o efeito da matéria orgânica na produção desses compostos em espécies florestais são escassos, tornando importante o conhecimento do mesmo, visto que esses compostos possuem ação direta na sobrevivência dessas plantas no campo.

Deste modo, objetivou-se avaliar a influência de diferentes fontes de matéria orgânica nos componentes fisiológicos, correlacionando os teores de clorofila a e índices de metabólitos secundários em folhas de mudas de aroeira-vermelha.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo - Campus Itapina, localizado no município de Colatina, região noroeste capixaba, com coordenadas geográficas de 19° 32' 22" de latitude sul; 40° 37' 50" de longitude oeste e altitude de 71 metros. Conduzido em viveiro de propagação de mudas utilizando a espécie aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius*), o ensaio foi realizado em delineamento experimental de blocos casualizados com seis blocos e cinco tratamentos, sendo consideradas 5 mudas úteis por tratamento, totalizando assim 25 plantas por bloco, e 150 plantas em todo o experimento.

Os resíduos utilizados foram o lodo de curtume, resíduo da indústria de torrefação de café, esterco bovino curtido, resíduo de laticínio e resíduo urbano (chamado nesse trabalho de composto urbano), misturados na proporção de 80% de solo

para 20% de resíduos, constituindo os seguintes tratamentos: T-Lodo, T-Café, T-Esterco, T-Leite e T-Composto. O solo utilizado para as misturas dos substratos é classificado como um Latossolo Vermelho Distrófico com as características químicas do solo: pH: 5,3; fósforo: 4,0 mg/dm³; potássio: 52,0 mg/dm³; fósforo remanescente: 20 mg/ml; cálcio: 11,6 mmol_c/dm³; magnésio 9,3 mmol_c/dm³; alumínio 0,5 mmol_c/dm³; acidez potencial (H+Al) 14,0 mmol_c/dm³; matéria orgânica: 1,5 g/dm³; soma de bases (S.B.): 22,2 mmol_c/dm³; CTC a pH 7 (I): 36,2 mmol_c/dm³; CTC efetiva (t): 22,7 mmol_c/dm³; saturação de alumínio (m): 2,2% e saturação de bases: 61,4%.

Os parâmetros químicos dos resíduos orgânicos utilizados podem ser observados na Tabela 1. As análises químicas para cada uma das características avaliadas dos resíduos orgânicos foram realizadas de acordo com a metodologia preconizada pelo Ministério da Agricultura (MAPA, 2013).

Tabela 1. Características químicas dos materiais orgânicos utilizados no substrato das mudas.

Parâmetros	Unidade de medida	Lodo de Curtume	Resíduo de Café	Esterco Bovino	Resíduo de Laticínio	Composto Orgânico
Umidade a 60-65 °C	%	8,89	10,43	8,52	5,39	7,58
pH em CaCl ₂	-	7,65	7,74	6,78	6,96	7,30
M.O.T	%	23,72	82,33	46,33	33,17	50,52
C	%	12,98	44,20	20,19	17,31	23,08
C/N	-	7/1	15/1	10/1	9/1	9/1
N	g/dm ³	17,40	30,30	21,00	20,20	24,90
P	g/dm ³	7,21	1,79	11,93	4,54	5,63
K	g/dm ³	2,49	27,47	7,47	5,64	15,02
Ca	g/dm ³	230,20	17,00	21,80	111,10	40,70
Mg	g/dm ³	17,50	7,30	5,40	16,90	5,10
S	g/dm ³	83,30	3,80	4,50	2,00	5,20
Fe	g/dm ³	2,50	1,00	0,40	7,50	8,70
Na	g/dm ³	4,80	8,80	3,70	2,40	6,30
Zn	mg/dm ³	71,00	19,4	357,60	141,60	119,20
Cu	mg/dm ³	12,50	80,0	135,00	17,00	32,50
Mn	mg/dm ³	102,20	72,8	553,40	158,50	160,00
B	mg/dm ³	409,20	36,6	16,10	17,20	39,50
Cr	mg/dm ³	60,00	20,50	20,00	19,50	36,08

Resultados na base de matéria seca (massa/massa); Matéria Orgânica Total; C/N: Relação carbono/nitrogênio; C: Carbono orgânico; N: Nitrogênio; P: Fósforo; K: Potássio; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio; S: Enxofre; Fe: Ferro; Na: Sódio; Zn: Zinco; Cu: Cobre; Mn: Manganês; B: Boro; Cr: Cromo total.

As mudas foram cultivadas em sacos plásticos com dimensões de 11 x 20 x 5 cm, o preparo do substrato foi feito com 10 dias de antecedência do plantio das sementes, foi adicionado 5 kg de superfosfato simples e 1 kg de cloreto de potássio a cada metro cúbico de terra. As sacolas foram preenchidas manualmente com os materiais misturados previamente nas devidas proporções, observando-se a compactação desses elementos.

Após o preenchimento e antes da semeadura, todo o substrato foi irrigado até a total umidificação. Utilizou-se 4 sementes de aroeira-vermelha por saco plástico, semeadas manualmente a uma profundidade de 1 cm, e após a germinação em aproximadamente duas semanas, realizou-se o desbaste, permanecendo uma planta por saco plástico. A irrigação era automática, realizada a cada 10 minutos por um período de 10 segundos.

Ao fim do experimento, 121 dias após a semeadura, as mudas atingiram o tamanho de plantio no qual foram feitas as avaliações de extração de clorofilas e carotenóides, além dos índices de clorofila e compostos secundários com equipamentos de colorimetria (SPAD 502 - Minolta) e fluorescência (Multiplex® - Force A).

Para a avaliação indireta do teor de clorofila, foi utilizado o aparelho SPAD, realizando em três pontos de medições na folha, e utilizando a média delas, sendo esta etapa realizada em campo na parte da manhã, entre as 9:00 e 11:00 horas.

Foram feitas três análises com um fluorômetro modelo Multiplex® (Force-A), com fontes múltiplas de excitação de luz (ultravioleta, azul, verde e vermelho), estimando índices de vários compostos, como balanço de nitrogênio (NBI-G e NBI-R), de clorofila total (SFR-G e SFR-R), antocianina (ANT-RG e ANT-RB) e flavonóides (FLAV). Os índices obtidos pelo Multiplex® por vezes, foram derivados das diferentes combinações de comprimentos de ondas emitidos pelo equipamento, sendo que os índices com a letra G foram obtidos com a luz verde e os índices com a letra R pela luz vermelha.

Das três análises realizadas com o Multiplex®, uma foi realizada no período da manhã, entre as 9:00 e 11:00 horas e em apenas um lado das mudas, apontando o equipamento para a copa, de cima para baixo, em um ângulo aproximadamente de 45° graus. As outras duas foram feitas no laboratório, no qual se estendeu um pano preto no fundo, onde foi feito a análise da parte adaxial e abaxial da mesma folha que foi anteriormente avaliada o índice SPAD.

Os três tipos de análises feitas com o aparelho Multiplex® serviram para testar se há diferença nos índices produzidos pelas plantas, visto que são três

visões diferentes feitas pelo equipamento, a fim de determinar qual forma expressa melhor os resultados.

Em seguida, fez-se a extração de clorofila com a folha que foi avaliada pelo SPAD e Multiplex®, no qual os teores de clorofila e carotenóides foram extraídos com o solvente orgânico dimetilsulfóxido (DMSO), seguindo metodologia de Hiscox e Israelstam (1979), com base em leituras efetuadas em espectrofotômetro nos seguintes comprimentos de onda: 663 nm, 645 nm e 480 nm. Para as determinações e quantificação foram utilizadas as equações relatadas por Wellburn (1994).

Os dados foram submetidos a análise de variância e quando significativo submetido ao teste de Scott Knott ao nível de 1% de probabilidade de erro, sendo realizados com o programa de código aberto R (R Core Team). Também foram realizados testes de correlação simples entre variáveis, com o auxílio do programa Assisat versão 7.5 Beta.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

É observado na Tabela 2 que o uso de diferentes resíduos orgânicos não influenciou no teor de clorofila a, clorofila total, carotenóides, relações entre clorofilas a/b e clorofila total/carotenóides. Normalmente, encontram-se maiores diferenças entre esses pigmentos fotossintéticos, quando estes estão expostos a diferentes níveis de luminosidades ou a compostos tóxicos, como observado pelos autores Siebeneichler et al. (2008). O índice SPAD também não apresentou diferença estatística, mostrando que todas as fontes de matéria orgânica fornecida para as mudas foram satisfatórias para essa característica (Tabela 2), com valores variando entre 41 a 43,4.

Quando avaliado o teor de clorofila b, percebe-se que houve diferença significativa, no qual os tratamentos com resíduo de laticínio no substrato e composto urbano apresentaram os melhores resultados, superando em 16% e 29% respectivamente quando comparados com o tratamento que usou esterco bovino em seu substrato, podendo inferir com essa alteração neste pigmento, que o principal responsável pela diferenciação do índice SPAD é a clorofila a, visto que os resultados expressos por este índice foram compatíveis aos obtidos pelo teor de clorofila a, não havendo significância entre eles.

Essa maior proporção de clorofila b encontrada, possui grande importância, visto que ela possibilita captação de maior quantidade de luz incidente para o sítio de ação dos fotossistemas e, com isso, proporcionando uma maior formação de ATP e NADPH que serão usados pela planta no processo de fotossíntese, aumentando assim seu rendimento quântico (WHATLEY; WHATLEY, 1982). Segundo

Emrich et al. (2011), uma das causas para o aumento do teor de clorofila b é o crescimento da proporção do complexo coletor clorofila a/b-proteína, em relação ao complexo P-700-clorofila-a-proteína. Outro fator

citado por Mebrahtu & Havolver (1991) está ligado ao maior desenvolvimento de “grana” em cloroplastos, local onde se localiza o complexo a/b-proteína.

Tabela 2. Teores médios de pigmentos fotossintéticos e índice SPAD em folhas de mudas de aroeira-vermelha, aos 121 dias, cultivadas sob diferentes fontes de matéria orgânica no substrato

Tratamentos	SPAD	Chl a mmol.m ⁻²	Chl b mmol.m ⁻²	Chl t mmol.m ⁻²	Car	Chl a/b	Chl t/Car
T-Lodo	41,4 a	267,0 a	52,1 b	319,0 a	46,6 a	5,1 a	6,8 a
T-Café	41,9 a	264,2 a	52,2 b	316,4 a	44,8 a	5,1 a	7,1 a
T-Esterco	41,0 a	246,3 a	53,3 b	299,6 a	42,0 a	4,6 a	7,2 a
T-Leite	42,5 a	261,4 a	61,9 a	323,3 a	43,1 a	4,2 a	7,5 a
T-Composto	43,4 a	268,3 a	67,5 a	335,8 a	44,7 a	4,0 a	7,5 a
MG	42,0	261,4	57,4	318,8	44,2	4,8	7,2
CV(%)	9,4	11,0	17,6	9,9	10,6	23,1	7,2

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 1%. MG: média geral; SPAD: medida indireta de clorofila e balanço de nitrogênio; Chl a: clorofila a; Chl b: clorofila b; Chl t: clorofila total; Car: carotenóides; Chl a/b: relação entre as clorofilas a e b; Chl t/Car: relação entre clorofila total e carotenóides.

Quanto às características avaliadas pelo fluorômetro na planta inteira, percebe-se na Tabela 3, que não houve diferença entre os tratamentos para o índice de flavonóides, exceto para o tratamento T-Café, que foi diferente dos demais tratamentos, sendo inferior ao T-Lodo em mais de 90%. O lodo de curtume possui em sua composição o mineral cromo e a atividade negativa deste elemento em tecidos vegetais foi citada por muitos autores, pois o mesmo altera a estrutura dos cloroplastos e forma espécies reativas de oxigênio em células (ROS), influenciando as plantas na formação de compostos secundários antioxidantes, como é o caso dos flavonóides (SHANKER et al., 2005; MICHALAK, 2006; KEILIG e LUDWIG-MÜLLER, 2009; ZENG et al., 2010; SINGH et al.,

2013). Segundo Kandil et al. (2004) as plantas que estão sob algum tipo de estresse tendem a aumentar a produção e o acúmulo de polifenóis (flavonóides, taninos hidrolizáveis e “sideroxylonals”) em seus tecidos.

Os flavonóides fazem parte de um grupo particular de metabólitos secundários, os compostos fenólicos, no qual desempenham funções de proteção como absorção de luz em comprimento de onda mais curto, sinais atrativos para insetos podendo alterar assim, o balanço hormonal e a eficiência fotossintética (FERREIRA et al., 2008). Entretanto, mesmo o T-Lodo apresentando resultado diferente ao tratamento T-Café, o mesmo não é observado quando comparado aos demais tratamentos como o T-Esterco, T-Leite, T-Composto.

Tabela 3. Índices médios de flavonóides, antocianina, teor de clorofila e balanço de nitrogênio, obtidas utilizando o equipamento Multiplex® em folhas de mudas de aroeira-vermelha, aos 121 dias, cultivadas sob diferentes fontes de matéria orgânica no substrato.

Tratamentos	FLAV	SFR-G	SFR-R	NBI-G	NBI-R	ANTH-RG	ANTH-RB
T-Lodo	0,54 a	1,53 a	1,42 a	0,38 b	0,42 b	-0,07 a	-0,78 a
T-Café	0,28 b	1,53 a	1,38 a	0,69 a	0,71 a	-0,06 a	-0,76 a
T-Esterco	0,47 a	1,54 a	1,40 a	0,45 b	0,50 b	-0,08 a	-0,78 a
T-Leite	0,41 a	1,43 a	1,32 a	0,50 b	0,54 b	-0,06 a	-0,75 a
T-Composto	0,50 a	1,53 a	1,38 a	0,45 b	0,47 b	-0,07 a	-0,76 a
MG	0,44	1,51	1,37	0,50	0,53	-0,07	-0,76
CV(%)	28,78	12,65	14,38	25,82	29,10	28,19	10,73

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 1%. MG: média geral. Flavonóides (FLAV), antocianina (ANT-RG e ANT-RB), teor de clorofila (SFR-G e SFR-R) e balanço de nitrogênio (NBI-G e NBI-R).

Apesar das mudas desenvolvidas em substrato contendo resíduo de café terem apresentado menores

índices de flavonóides, essas plantas não apresentaram outras modificações como alterações de cor ou nos

índices de clorofila total (SFR-G e SFR-R), e de antocianinas (ANT-RG e ANT-RB). Esses resultados apresentados pelos índices de clorofila total (SFR-G e SFR-R) estão de acordo com os resultados obtidos pelo teor de clorofila total encontrado por meio do processo de extração (Tabela 2), onde não houve diferença significativa entre os tratamentos utilizados. Avaliando a estabilização do substrato com húmus associado ao lodo de curtume em mudas de café conilon, os autores Berilli et al. (2018) também não encontraram diferenças nos índices de clorofila total e de antocianinas.

Outro índice interessante a ser observado é o balanço de nitrogênio (NBI-G e NBI-R), no qual os melhores resultados encontrados foram nas plantas que utilizaram o resíduo de torrefação de café como fonte orgânica em seu substrato, mostrando certa superioridade no uso deste composto, superando em mais de 69% quando comparado com o tratamento que usou lodo de curtume para as características NBI-G e NBI-R respectivamente. Esse resultado é inversamente proporcional ao obtido pelos teores de flavonóides, pois à medida que diminuiu o teor de flavonóides, aumentou o balanço de nitrogênio da planta. Decréscimos nos teores de flavonóides também foram verificados para a cultura de batata (COELHO et al., 2012) trigo (TREMBLAY; WANG; BELEC, 2009), milho (HUAN et al., 2010) e brócolis (FORTIER et al., 2010) a medida que os teores de nitrogênio das culturas aumentaram.

O aumento dos índices de flavonóides com a redução do balanço de nitrogênio na planta se deve pelo acúmulo de carboidratos, no qual as plantas não conseguem utiliza-los para sintetizar aminoácidos ou outros compostos nitrogenados, tendo como consequência a competição direta da síntese de proteínas por diversos grupos de fenólicos, fenilpropanóides e derivados (flavonóides, taninos condensados e ligninas) (FREITAS, 2006; TAIZ; ZEIGER, 2009).

Nesse sentido, segundo Haukioja et al. (1998), os teores de compostos fenólicos produzidos pelas plantas são maiores em condições de deficiência de nitrogênio e menores em condições de alto suprimento de nitrogênio, corroborando com os resultados obtidos pelos índices de nitrogênio e flavonóides.

Com relação às características avaliadas pelo fluorômetro, utilizando a parte adaxial de apenas uma folha (Tabela 4), observou-se que todos os tratamentos foram iguais quando avaliado o índice de flavonóides, exceto o composto de torrefação de café, que apresentou menor produção desse composto, sendo inferior a mais de 60% quando comparado com o tratamento com lodo de curtume. O mesmo acontece para o balanço de nitrogênio (NBI-G e NBI-R), mas neste caso, inversamente proporcional, onde o composto de torrefação de café foi superior ao tratamento com lodo de curtume em mais de 90% para ambas as características NBI-G e NBI-R.

Tabela 4. Índices médios de flavonóides, teor de clorofila, antocianinas e balanço de nitrogênio na parte adaxial de folhas de mudas de aroeira vermelha, aos 121 dias, cultivadas sob diferentes fontes de matéria orgânica no substrato.

Tratamentos	FLAV	SFR-G	SFR-R	NBI-G	NBI-R	ANTH-RG	ANTH-RB
T-Lodo	0,77 a	2,20 a	2,01 a	0,39 b	0,34 b	0,02 a	-0,50 a
T-Café	0,48 b	2,13 a	1,95 a	0,76 a	0,65 a	0,02 a	-0,51 a
T-Esterco	0,69 a	2,05 a	1,88 a	0,45 b	0,40 b	0,02 a	-0,51 a
T-Leite	0,62 a	2,10 a	1,92 a	0,54 b	0,48 b	0,02 a	-0,53 a
T-Composto	0,65 a	2,22 a	2,01 a	0,55 b	0,48 b	0,01 a	-0,51 a
MG	0,64	2,13	1,95	0,54	0,47	0,02	-0,51
CV(%)	19,74	8,85	7,43	25,42	25,19	20,77	3,00

Médias seguidas de letras distintas entre si na coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 1%. MG: média geral. Flavonóides (FLAV), antocianina (ANT-RG e ANT-RB), teor de clorofila (SFR-G e SFR -R) e balanço de nitrogênio (NBI-G e NBI-R).

No entanto, quando avaliada a parte abaxial da folha (Tabela 5), não foi encontrada nenhuma diferença, assim, ao relacionar os três métodos de avaliação com o aparelho Multiplex®, ou seja, planta inteira, parte adaxial e parte abaxial de uma folha, nota-se que para a espécie aroeira-vermelha a avaliação

individual da parte abaxial de uma folha além de ser menos sensível quanto a mudanças dos tratamentos para essa espécie, não detecta índices que são conseguidos com a avaliação da planta inteira e da parte adaxial de uma folha.

Tabela 5. Índices médios de flavonóides, teor de clorofila, antocianinas e balanço de nitrogênio da parte abaxial de folhas de mudas de aroeira vermelha, aos 121 dias, cultivadas sob diferentes fontes de matéria orgânica

Tratamentos	FLAV	SFR-G	SFR-R	NBI-G	NBI-R	ANTH-RG	ANTH-RB
T-Lodo	-0,08 a	0,99 a	0,94 a	1,32 a	1,12 a	0,05 a	-0,70 a
T-Café	-0,09 a	1,07 a	1,01 a	1,47 a	1,26 a	0,05 a	-0,69 a
T-Esterco	-0,08 a	1,00 a	0,95 a	1,35 a	1,15 a	0,05 a	-0,70 a
T-Leite	-0,08 a	1,00 a	0,95 a	1,35 a	1,15 a	0,05 a	-0,70 a
T-Composto	-0,10 a	1,02 a	0,97 a	1,40 a	1,21 a	0,04 a	-0,69 a
MG	-0,08	1,01	0,96	1,38	1,17	0,05	-0,69
CV(%)	24,19	9,54	9,19	10,61	10,71	12,32	2,29

Médias seguidas de letras distintas entre si na coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 1%. MG: média geral. Flavonóides (FLAV), antocianina (ANT-RG e ANT-RB), teor de clorofila (SFR-G e SFR -R) e balanço de nitrogênio (NBI-G e NBI-R).

Ao observar a sensibilidade apresentada pelos índices gerados pelo equipamento Multiplex® nas diferentes formas de avaliação de uma muda de aroeira-vermelha (Tabelas 3, 4 e 5), percebe-se que uma maior sensibilidade às mudanças nos índices de balanço de nitrogênio (NBI-G e NBI-R) e de flavonóides (FLAV), foi dada quando o equipamento conferiu leituras na planta inteira (mosaico de folhas infectas) e na parte adaxial de uma folha, revelando a influência que a parte superior das folhas exerce sobre a detecção de

variações na fisiologia dessa espécie, e também, revelando a limitação quanto a avaliações pontuais na parte abaxial em apenas uma folha.

As Tabelas 6 e 7 apresentam as correlações obtidas por meio dos componentes da extração de clorofila com os índices obtidos pelos aparelhos SPAD e Multiplex®, no qual houve correlações positivas, sendo todas estas medidas indiretas de clorofila na planta.

Tabela 6. Valores de coeficientes de correlação simples (r) para as características fisiológicas obtidas pela extração de clorofila e pelo aparelho Multiplex® avaliadas em folhas de mudas de aroeira vermelha, aos 121 dias, cultivadas sob diferentes fontes de matéria orgânica no substrato

	SFR-G planta inteira	SFR-R planta inteira	SFR-G adaxial	SFR-R adaxial	SFR-G abaxial	SFR-R abaxial
Chl a	0,2450 ^{n/s}	0,2734 ^{n/s}	0,7691 ^{**}	0,7419 ^{**}	0,2965 ^{n/s}	0,2511 ^{n/s}
Chl b	0,0693 ^{n/s}	0,0759 ^{n/s}	0,1074 ^{n/s}	0,0743 ^{n/s}	-0,1555 ^{n/s}	-0,1750 ^{n/s}
Chl t	0,2313 ^{n/s}	0,2576 ^{n/s}	0,6902 ^{**}	0,6562 ^{**}	0,2017 ^{n/s}	0,1567 ^{n/s}
Car	0,2421 ^{n/s}	0,2745 ^{n/s}	0,7718 ^{**}	0,7593 ^{**}	0,3167 ^{n/s}	0,2755 ^{n/s}

**significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) pelo Teste t; ns: não significativo. Chl a: clorofila a; Chl b: clorofila b; Chl t: clorofila total; Car: carotenóides; índice de clorofila (SFR-G e SFR -R) e balanço de nitrogênio (NBI-G e NBI-R).

O teor de clorofila a obtido apresentou correlação positiva com os índices SFR-G e SFR-R da parte adaxial gerado pelo Multiplex® (Tabela 6), assim como o índice SPAD (Tabela 7), sendo este o responsável pela maior correlação obtida ($r = 0,81$). Isso indica que quanto maior o valor de clorofila a em uma folha de aroeira-vermelha, maiores serão os

valores dos índices SFR-G e SFR-R da parte adaxial da folha e do índice SPAD. Além destes, também foi observada significância no teor de clorofila total e carotenóides quando correlacionados com os índices SFR-G e SFR-R da parte adaxial (Tabela 6) e o índice SPAD (Tabela 7).

Tabela 7. Valores de coeficientes de correlação simples para as características fisiológicas obtidas pela extração de clorofila e pelo aparelho SPAD avaliadas em folhas de mudas de aroeira vermelha, aos 121 dias, cultivadas sob diferentes fontes de matéria orgânica

Tratamento	Coefficiente de correlação (r)	Significância
Chl a x SPAD	0,8106	**
Chl b x SPAD	0,2623	n/s
Chl t x SPAD	0,7762	**
Car x SPAD	0,7350	**

**significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); n/s: não significativo. Foi aplicado o Teste t. Chl a: clorofila a; Chl b: clorofila b; Chl t: clorofila total; Car: carotenóides; SPAD: medida indireta de clorofila e balanço de nitrogênio.

Quando correlacionadas os teores de clorofila total e de carotenóides com o índice SPAD (Tabela 7), percebe-se os respectivos coeficientes de correlação 0,77 e 0,73. Assim, o teor de clorofila a, total e carotenóides estão diretamente ligados ao índice SPAD, no qual quanto maior o teor desses pigmentos fotossintéticos, maior será o valor obtido pelo SPAD para a aroeira-vermelha, no entanto, ao correlacionar a clorofila b, não foi evidenciando correlações entre as características, indicando que esta variável exerce pouca ou nenhuma influência no índice SPAD.

Visto que o único resultado que não se correlacionou com o SPAD foi o teor de clorofila b, pode-se inferir que a junção dos pigmentos fotossintetizantes (clorofila total) promoveu uma melhor correlação, dando uma maior confiabilidade dos dados.

CONCLUSÃO

As diferentes fontes de matéria orgânica no preparo dos substratos apresentaram mudanças quando avaliado a clorofila b.

Quando avaliado a planta inteira pelo aparelho Multiplex®, foi possível identificar que as plantas submetidas ao substrato lodo de curtume, produziram uma maior quantidade de flavonóides, sendo inversamente proporcionais as características NBI-G e NBI-R, mostrando uma redução do balanço de nitrogênio com os índices de flavonóides nessas folhas.

Os resultados obtidos pela avaliação de uma folha (parte abaxial) com o uso do aparelho Multiplex® não interferiram no balanço de nitrogênio, flavonóides, nos teores de antocianinas e clorofila total.

As correlações entre os pigmentos fotossintéticos e as medidas indiretas de clorofila (SFR-G e SFR-R) apresentaram somente valores significativos positivos para a parte adaxial da folha.

REFERÊNCIAS

AMORIM, E. L. *Avaliação de diferentes substratos orgânicos no crescimento, rendimento e na composição química do óleo essencial de espécies medicinais*. 2014, 124 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2014.

BERILLI, S. S.; ZOOCA, A. A. F.; REMBINSKI, J.; SALLA, P. H. H.; ALMEIDA, J. D.; MARTINELLI, L. Sávio et al. Influência do acúmulo de cromo nos índices de compostos secundários em mudas de café conilon. *Coffee Science*, v. 11, n. 4, p. 512-520, 2016.

BERILLI, S. S.; BERILLI, A. P. C. G.; LEITE, M. C. T.; QUARTEZANI, W. Z.; ALMEIDA, R. F.; SALES, R. A. *Uso de Resíduos na Agricultura*. In: NICOLI, CF; MONHOL C; MARQUES JUNIOR, E; et al. (Org.). *AGRONOMIA: Colhendo as Safras do Conhecimento*. 1oed. Alegre: CAUFES, 2017, v. 1, p. 10-38.

BERILLI, S. S.; Martineli, L., Ferraz, T.M., Figueiredo, F.A.M.M.A., Rodrigues, W.P. Berilli, A.P.C.G., Sales, R.A., Freitas, S.J. Substrate Stabilization Using Humus with TannerySludge in Conilon Coffee Seedlings. *Journal of Experimental Agriculture International*, v.21, n.1, p.1-10, 2018.

BIASI, L. A.; MACHADO, E. M.; KOWALSKI, A. P.; SIGNOR, D.; ALVES, M. A.; LIMA, F. I.; DESCHAMPS, C.; CÔCCO, L.; SCHEER, A. P. Adubação orgânica na produção, rendimento e composição do óleo essencial da alfavaca quimiotipo eugenol. *Horticultura Brasileira*. v.27, n.1, p. 35-39, 2009.

COELHO, F. S.; FONTES, P. C. R.; FINGER, F. L.; CECON, P. R. Avaliação do estado nutricional do nitrogênio em batateira por meio de polifenóis e clorofila na folha. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 47, n. 4, p. 584-592, 2012.

COLE, E. R.; SANTOS, R. B.; LACERDA JÚNIOR, V.; MARTINS, J. D. L.; GRECO, S. J.; CUNHA NETO, A. Chemical composition of essential oil from ripe fruit of *Schinus terebinthifolius* Raddi and evaluation of its activity against wild strains of hospital origin. *Brazilian Journal of Microbiology*. v. 45, n. 3, p. 821-828, 2014.

DANNENBERG, G. S.; FUNCK, G. D.; MATTEI, F. J.; SILVA, W. P.; FIORENTINI, Â. M. Antimicrobial and antioxidant activity of essential oil from pink pepper tree (*Schinus terebinthifolius* Raddi) in vitro and in cheese experimentally contaminated with *Listeria monocytogenes*. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, v. 36, p. 120-127, 2016.

EMRICH, E. B., SOUZA, R. J. D., LIMA, A. A. D., FIGUEIREDO, F. C., & SILVA, D. R. G. Cultivo do tomateiro em substratos orgânicos sob aplicação foliar de silicato de potássio em ambiente protegido. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 35, n. 1, p. 56-61, 2011.

FERREIRA, M. M. M.; OLIVEIRA, AHC; SANTOS, N. S. Flavonas e flavonóis: novas descobertas sobre sua estrutura química e função biológica. *Revista Agro@mbiente*, v. 2, n. 2, p. 57-60, 2008.

- FORTIER, E.; DESJARDINS, Y.; TREMBLAY, N.; BÉLEC, C.; CÔTÉ, M. Influence of irrigation and nitrogen fertilization on broccoli polyphenolics concentration. *Acta Horticulturae*, v.856, p.55-62, 2010.
- FREITAS, M. S. M. *Flavonóides e nutrientes minerais em folhas de maracujazeiro amarelo e deficiência de macronutrientes e boro em maracujazeiro doce*. 2006, 106 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 2006.
- HAUKIOJA, E.; OSSIPOV, V.; KORICHEVA, J.; HONKANEN, T.; LARSSON, S.; LEMPA, K. Biosynthetic origin of carbon-based secondary compounds: cause of variable responses of woody plants to fertilization?. *Chemoecology*, v. 8, n. 3, p. 133-139, 1998.
- HISCOX, J. D.; ISRAELSTAM, G. F. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. *Canadian Journal of Botany*, v. 57, p. 1332-1334, 1979.
- HUAN, Y. U.; HUA-SONG, W. U.; WANG, Z. J. Evaluation of SPAD and Dualex for in-season corn nitrogen status estimation. *Acta Agronomica Sinica*, v.36, p.840-847, 2010.
- KANDIL, F. E.; GRACE, M. H.; SEIGLER, D. S.; CHEESEMAN, J. M. Polyphenolics in *Rhizophora mangle* L. leaves and their changes during leaf development and senescence. *Trees*, v.18, p.518-528, 2004.
- KEILIG, K.; LUDWIG-MÜL, J. Effect of flavonoids on heavy metal tolerance in *Arabidopsis thaliana* seedlings. *Botanical Studies*, v. 50, n. 3, p. 311-318, 2009.
- LOPES R. M.; OLIVEIRA T. D.; NAGEM T. J.; PINTO A. D. S. Flavonóides. *Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento*. v. 3, n. 14. 2010.
- MAPA. Ministério da Agricultura Pesca e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. *Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes e corretivos*. Brasília, DF: Ministério da Agricultura Pesca e Abastecimento, 2013. Disponível em: <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/arquivosislegis/anexos/arquivos/1204363.PDF>. Acesso em: 05 Jul. 2017.
- MICHALAK, A. Phenolic compounds and their antioxidant activity in plants growing under heavy metal stress. *Polish Journal of Environmental Studies, Olsztyn*, v. 15, n. 4, 523-530, 2006.
- MEBRAHTU, T.; HAVOVER, J.W. Leaf age effects on photosynthesis and stomatal conductance of black locust seedlings. *Photosynthetica*, v.25, n.4, p.537-544, 1991.
- PEREIRA, M. S. Utilização de lodo de esgoto na agricultura. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental*, v. 9, n. 1, p. 01-08, 2015.
- QUARTEZANI W. Z.; SALES, R. A.; PLETSCH, T. A.; BERILLI, S. S.; NASCIMENTO, A. L.; HELL, L. R.; MANTOANELLI, E.; BERILLI, A. P. C. G.; SILVA, R. T. P.; TOSO, R. Conilon plant growth response to sources of organic matter. *African Journal of Agricultural Research*, v.13, n.4, p.181-188, 2018.
- ROSAL, L. F.; PINTO, J. E. P.; BERTOLUCCI, S. K. V.; BRANT, R. S.; NICULAU, E. S.; ALVES, P. B. Produção vegetal e de óleo essencial de boldo pequeno em função de fontes de adubos orgânicos. *Revista Ceres*, v. 58, n. 5, 2011.
- ROSAS, E. C.; CORREA, L. B.; ALMEIDA PÁDUA, T.; COSTA, T. E. M. M.; MAZZEI, J. L.; HERINGER, A. P.; BIZARRO, C. A.; KAPLAN, M. A. C.; FIGUEIREDO, M. R.; HENRIQUES, M. G. Anti-inflammatory effect of *Schinus terebinthifolius* Raddi hydroalcoholic extract on neutrophil migration in zymosan-induced arthritis. *Journal of ethnopharmacology*, v. 175, p. 490-498. 2015.
- SALES, R. A.; SALES, R. A.; NASCIMENTO, T. A.; SILVA, T. A.; BERILLI, S. S.; SANTOS, R. A. Influência de diferentes fontes de matéria orgânica na propagação da *Schinus Terebinthifolius* Raddi. *Scientia Agraria*, v. 18, n. 4, p. 99-106, 2017.
- SHANKER, A. K.; CERVANTES, C.; LOZATAVERA, H.; AVUDAINAYAGAM, S. Chromium toxicity in plants. *Environment international*, v. 31, n. 5, p. 739-753, 2005.
- SIEBENEICHLER, S. C.; FREITAS, G. A. D.; SILVA, R. R. D.; ADORIAN, G. C.; CAPELLARI, D. Características morfofisiológicas em plantas de *Tabebuia heptaphylla* (vell.) tol. em condições de luminosidade. *Acta amazonica*, v. 38, n. 3, p. 467-472, 2008.

SILVA, M. L. S.; RESENDE, J. T. V.; TREVIZAM, A. R.; FIGUEIREDO, A. S. T.; SCHWARZ, K. Influência do silício na produção e na qualidade de frutos do morangueiro. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 34, n. 6Sup1, p. 3411-3424, 2013.

SILVA, D. V. *Métodos não destrutivos para estimativas de clorofilas como indicadores da qualidade de mudas de espécies florestais*. 2014, 62p. Dissertação (Mestre em Produção Vegetal), Ilhéus, Universidade Estadual de Santa Cruz, 2014.

SILVA, L. L.; CARVALHO, C. M.; SOUZA, R. D. P. F.; FEITOSA, H. O.; FEITOSA, S. O.; GOMES FILHO, R. R. Utilização de efluentes domésticos no crescimento da pimenta (*Capsicum chinense*), cultivar tekila bode vermelha. *Agropecuária Técnica*, v. 35, n. 1, p. 121-133, 2014.

SILVA, J. P. S.; NASCIMENTO, C. W. A.; SILVA, D. J.; CUNHA, K. P. V.; BIONDI, C. M. Alterações na fertilidade dos solos e teores foliares de nutrientes em cultivos de mangueira no Vale do São Francisco. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária) Brazilian Journal of Agricultural Sciences*, v. 9, n. 1, p. 42-48, 2014.

SILVA, R. L.; MARTINS, L. D. V.; BANTIM FELICIO CALOU, I.; MEIRELES DE DEUS, M. D. S.; FERREIRA, P. M. P.; PERON, A. P. Flavonóides: constituição química, ações medicinais e potencial tóxico. *Acta toxicológica argentina*, v. 23, n. 1, 2015.

SINGH, H. P.; MAHAJAN, P.; KAUR, S.; BATISH, D. R.; KOHLI, R. K. Chromium toxicity and tolerance in plants. *Environ Chem Lett*, v. 11, p.229-254, 2013.

TAIZ L., ZEIGER E. *Fisiologia Vegetal*. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009, 848p.

TREMBLAY, N.; WANG, Z.; BÉLEC, C. Performance of Dualex in spring wheat for crop nitrogen status assessment, yield prediction and estimation of soil nitrate content. *Journal of Plant Nutrition*, v.33, p.57-70, 2009.

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.

WHATLEY, J. M.; WHATLEY, F. R. *A luz e a vida das plantas*. São Paulo: EPU-EDUSP, 1982. 101 p.

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, p. 307-313, 1994.

ZENG, F.; ALI, S.; QIU, B.; WU, F.; ZHANG, G. Effects of chromium stress on the subcellular distribution and chemical form of Ca, Mg, Fe, and Zn in two rice genotypes. *Journal Plant Nutrition Soil Science*. v.173, n.1, p.135-148, 2010.