

Artigos

Palha de café carbonizada em substratos renováveis para produção de mudas de *Eucalyptus urophylla* e *Anadenanthera macrocarpa*

Carbonized coffee straw in renewable substrates for sugar production of *Eucalyptus urophylla* and *Anadenanthera macrocarpa*

Fernanda Leite Cunha¹ , Oclizio Medeiros das Chagas Silva¹ ,

Vinicius Correia de Araujo¹ , Nelson Venturin¹ , Lucas Amaral de Melo¹ 

¹Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil

²Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, Brasil

RESUMO

Um dos principais componentes orgânicos utilizados em mudas é a casca de arroz, entretanto, não é encontrada com facilidade, principalmente no sul de Minas Gerais, enquanto que a palha de café é um dos principais resíduos gerados nesta região. Sendo assim, objetivou-se avaliar a viabilidade técnica da utilização de substratos à base de palha de café carbonizada (PCC) em detrimento da utilização de casca de arroz carbonizada (CAC), em formulação com fibra de coco (FC), para a produção de mudas de *Eucalyptus urophylla* e *Anadenanthera macrocarpa*. Foram testados quatro substratos, com cinco repetições e 20 mudas por parcela, utilizando delineamento em blocos casualizados. As proporções das misturas foram S1 (60% FC e 40% CAC), S2 (80% FC e 20% CAC), S3 (60% FC e 40% PCC) e S4 (80% FC e 20% PCC). Foram mensurados, aos quatro meses, a altura das mudas (H), o diâmetro de coleto (DC), a massa seca da parte aérea (MSPA), a massa seca do sistema radicular (MSSR) e calculados o índice de robustez (H/DC), a densidade de raízes (DR) e o Índice de Qualidade de Dickson (IQD). Também foram feitas avaliações de facilidade de retirada das mudas do tubete e agregação das raízes ao substrato. Para o *Eucalyptus urophylla*, todos os parâmetros avaliados estiveram dentro do recomendando para expedição das mudas, contudo, os substratos à base de palha de café carbonizada obtiveram melhores resultados. Para a *Anadenanthera macrocarpa*, os parâmetros altura, diâmetro de coleto, índice de robustez e índice de qualidade de Dickson apresentaram-se dentro do exigido para expedição das mudas, em relação à formação do torrão, o tratamento empregando 60% de Fibra de coco e 40% de casca de arroz carbonizada apresentou maior média. Sendo assim, indica-se a utilização de palha de café carbonizada em detrimento da CAC para produção de mudas das duas espécies.

Palavras-chave: Qualidade na Produção de Mudanças; Substratos orgânicos; Casca de arroz carbonizada

ABSTRACT

One of the following types of substrates is rice husk, although it is not easily found, mainly in the southern of Minas Gerais state, while coffee straw is one of the main generators of the region. The objective of this study was to use a technique for the use of carbonized coffee straw (PCC) substrates in preference to the use of carbonized rice husk (CAC) in the coconut fiber (CF) formulation for the production of *Eucalyptus urophylla* and *Anadenanthera macrocarpa* seedlings. Four substrates were tested, with five replications and 20 seedlings per plot, using a randomized block design. As proportions of the mixtures were S1 (60% FC and 40% CAC), S2 (80% FC and 20% CAC), S3 (60% FC and 40% PCC) and S4 (80% FC and 20% PCC). The height (H), collection diameter (DC), shoot dry mass (MSPA), dry mass of the root system (MSSR) and robustness index (H/DC), root density (DR) and the Dickson Quality Index (IQD), were measured at four months. Evaluations of ease of removal of seedlings and aggregation of roots were also made to the substrate. For *Eucalyptus urophylla*, all the evaluated parameters are within the recommended for the removal of the seedlings. However, the substrates are based on PCC results. For the *Anadenanthera macrocarpa*, the parameters H, DC, H/DC and IQD, presented within the required for the expedition of the seedlings, in relation to the formation of the clod, S1 presented higher average. Therefore, the use of CCPs in detriment of CAC is indicated for the production of seedlings of both species.

Keywords: Quality in Seedling Production; Organic Substrates; Carbonized Rice Peel

1 INTRODUÇÃO

Na instalação de povoamentos florestais, um dos fatores a ser priorizado é a qualidade da muda, pois é um insumo que influencia diretamente na produtividade e qualidade do produto final. Em função disso, pesquisadores têm procurado aumentar a qualidade de mudas e reduzir custos da produção, definindo as melhores metodologias, recipientes, substratos e fertilizações para a produção de mudas florestais, que devem apresentar altas taxas de sobrevivência e desempenho após o plantio (SIMÕES; SILVA; SILVA, 2012).

Entre os fatores que influenciam na qualidade de mudas está o substrato, que tem a função de sustentar a muda e fornecer condições adequadas para o crescimento e funcionamento do sistema radicial, assim como os nutrientes necessários ao crescimento, devendo ser isento de sementes de plantas invasoras, de pragas e de fungos patogênicos (KRATZ; WENDLING, 2013). Ainda segundo os autores, diversos materiais podem ser utilizados como componentes de substratos, entretanto é difícil encontrar um único material que atenda a todas as exigências necessárias.

Os componentes mais frequentemente usados como substrato para produção de mudas são: vermiculita, areia, casca de arroz carbonizada, moinha de carvão, turfa, serragem e diversas misturas desses constituintes (SILVA; SIMÕES; SILVA, 2012). Os materiais renováveis, como fibra de coco, casca de arroz carbonizada e palha de café têm apresentado boas características físicas e surgem como boa opção para promover grandes mudanças na qualidade dos substratos (CALDEIRA *et al.*, 2014; KRATZ; WENDLING, 2016).

A fibra de coco é um material quase que inerte quimicamente, possui característica física de alta porosidade, muito leve, sendo obtida com baixo custo através do desfibramento industrial da casca de coco (CALDEIRA *et al.*, 2014). Além disso, os autores afirmam que este componente possui um alto potencial para ser usado em substratos por apresentar alta porosidade e alto potencial de retenção de umidade, além de ser biodegradável.

A casca de arroz é um resíduo encontrado em regiões produtoras deste cereal, quando carbonizada propicia excelentes características físicas, como baixa densidade, alta capacidade de drenagem, associadas ao baixo custo de transporte, dada a sua leveza é uma excelente alternativa para uso em substrato (SILVA; SIMÕES; SILVA, 2012). Em geral, a utilização de cascas aumenta a macroporosidade do substrato, porém devido a sua alta drenagem, há uma baixa retenção de nutrientes, o que implica em necessidade de um maior número de aplicações e maior concentração de nutrientes na solução de adubação (SIMÕES; SILVA; SILVA, 2012).

A palha de café é um resíduo produzido pelo beneficiamento do fruto do cafeeiro, grão com produção em larga escala em Minas Gerais, obtendo como produtividade 29,1 a 30,6 milhões de sacas de 60 kg no ano de 2017, tendo sua produção concentrada no sul do estado, com 54,44% da produção total. O rendimento da palha de café no beneficiamento do fruto é cerca de 1:1, gerando cerca de 500 mil toneladas de resíduo de palha de café no sul de Minas Gerais (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2018). A partir da carbonização da palha de café, ela pode proporcionar um aumento da

porosidade dos substratos, para produção de mudas florestais, como observado para outras casas (SIMOES; SILVA; SILVA, 2012), o que a torna potencial como componente para formulação de substratos.

As características desejáveis para o material ser utilizado na composição de um substrato depende da disponibilidade e aquisição na região e baixo custo na produção das mudas (KRAUSE *et al.*, 2017). Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (2018), o sul de Minas Gerais é um grande produtor de café, sendo assim, possui alta disponibilidade de palha de café, tornando viável sua utilização na produção de mudas na região, devido ao baixo custo de aquisição, em detrimento da utilização da casca de arroz carbonizada.

Além da disponibilidade local do material, a utilização de materiais renováveis para composição de substrato é uma alternativa sustentável, que reduz o volume de resíduos nos processos produtivos. Sendo assim, objetivou-se avaliar o efeito da utilização de palha de café carbonizada em detrimento da casca de arroz carbonizada, na qualidade de mudas de *Eucalyptus urophylla* e *Anadenanthera macrocarpa*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos para avaliação da qualidade de mudas florestais, um com *Eucalyptus urophylla* e outro com *Anadenanthera macrocarpa*, em um viveiro no sul de Minas Gerais, (21° 13' 14,033" S e 44° 58' 0,232" O). O clima da região é do tipo Cwb de acordo com a classificação proposta por Köppen (ALVARES *et al.*, 2013). As mudas foram produzidas no período de agosto a novembro, com temperatura média de 28,31°C, precipitação mínima de 8,6 mm e máxima de 190,2 mm.

Para a composição dos tratamentos, foram utilizados três componentes em diferentes proporções volumétricas, sendo todos considerados materiais renováveis: fibra de coco (FC), palha de café carbonizada (PCC) e casca de arroz carbonizada (CAC). O substrato 1 (S1) foi composto por 60% de FC e 40% de CAC, o S2, composto por 80% de FC e 20% CAC, o S3, composto por 60% de FC e 40% de PCC e o S4 foi composto

por 80% de FC e 20% de PCC. Uma amostra de cada substrato foi encaminhada para o Laboratório de Substratos do Departamento de Horticultura e Silvicultura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), a fim de serem realizadas as análises físicas e químicas.

Após a formulação dos substratos, foram adicionados 4 kg de adubo encapsulado de liberação lenta por m³ de substrato, para todos os tratamentos. As sementes utilizadas foram coletadas em povoamentos localizados no sul de Minas Gerais, e sua semeadura foi feita em tubetes de 110 cm³, que foram acondicionados em bandejas plásticas, a 100 cm do chão, os quais permaneceram por 50 dias na casa de sombra (50% de irradiância e irrigação por microaspersão três vezes ao dia, 5 min de duração cada, e vazão de 140 L h⁻¹). Posteriormente, as mudas foram transferidas para pleno sol, para rustificação (irrigação quatro vezes ao dia, 5 min de duração cada, e vazão de 95 L h⁻¹).

Os experimentos foram instalados em delineamento em blocos casualizados, com quatro tratamentos e cinco repetições, sendo a parcela composta por 20 mudas. As práticas necessárias ao melhor desenvolvimento das mudas, como controle de doenças, pragas e plantas daninhas, bem como a classificação das mudas, foram realizadas quando necessário em todas as mudas. Foram feitas, a partir dos 30 dias após a semeadura, adubações de cobertura quinzenalmente, com KCl (cloreto de potássio) e MAP (monoamônio fosfato), na proporção de 100 g e 1000 g, respectivamente, diluídos em 100 L de água, solução suficiente para 10 000 mudas.

Foram mensuradas, aos 120 dias de idade, a altura e o diâmetro de coleto das 12 mudas centrais de cada parcela. A altura foi medida com o auxílio de uma régua milimetrada em cm, a partir do nível do substrato até a gema apical, enquanto o diâmetro de coleto, com um paquímetro digital com precisão em milímetros, no nível do substrato. Neste momento, também foram feitas avaliações da facilidade de retirada das mudas do tubete (FRMT) e agregação das raízes (AGR) ao substrato, conforme metodologia adaptada de Wendling, Guastala e Dedecek (2007). Este método consiste em atribuir notas de zero a dez às variáveis, sendo zero a dificuldade

máxima e dez a facilidade máxima de retirada das mudas após três batidas na parte superior (boca) do tubete. Quanto à agregação das raízes ao substrato, as mudas sem os tubetes foram soltas em queda livre a um metro do solo, sendo atribuída ao torrão uma nota de zero a dez, em que zero foi atribuído para o torrão totalmente esboroadado e dez para o torrão íntegro.

Também foram avaliadas a matéria seca da parte aérea (MSPA), a matéria seca do sistema radicular (MSSR) e, com a soma destas, a matéria seca total (MST). Para estas avaliações, foram utilizadas cinco mudas por parcela, sendo o material seco em estufa regulada para 75 °C, por 72 horas. Foi feito o cálculo da densidade de raízes (DR), por meio da divisão da matéria seca do sistema radicular pelo volume do tubete utilizado, conforme metodologia proposta por Melo *et al.* (2018).

A partir dos dados das variáveis analisadas, foram calculados os índices morfológicos: Índice de Robustez, que é a relação entre a altura e o diâmetro de coleto (H/DC) e o Índice de Qualidade de Dickson (IQD) (DICKSON; LEAF; HOSNER, 1960), calculado por meio da equação:

$$IQD = \frac{MST}{\frac{H}{DC} + \frac{MSPA}{MSSR}} \quad (1)$$

Em que: MST= massa seca total; H= altura; DC= diâmetro de coleto; MSPA= massa seca da parte aérea e MSSR= massa seca do sistema radicular.

Foi realizada análise de correlação de Pearson, entre as características físicas e químicas do substrato e as variáveis biométricas, a fim de explicar quais propriedades tiveram maior influência nos resultados obtidos. O “r” foi avaliado como: r = 0 (ausência de correlação), 0 < r < 0,3 (correlação fraca); 0,3 ≤ r < 0,6 (correlação regular); 0,6 ≤ r < 0,9 (correlação forte); 0,9 ≤ r < 1 (fortemente correlacionado) e r = 1 (correlação perfeita).

Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística pelo teste F (ANOVA), e uma vez verificada a diferença significativa, foi feita a comparação de médias pelo teste Tukey, em nível de 5% de probabilidade de erro, por meio do *software* SISVAR® versão 5.6 (FERREIRA, 2014).

3 RESULTADOS

3.1 Análise do substrato

Os resultados da análise química e física dos substratos formulados para a produção das mudas de ambas as espécies estudadas estão na Tabela 1. Com relação às características químicas dos substratos, a condutividade elétrica obteve valores entre 0,58 a 0,77 mS. Para os resultados de pH, seus valores variaram entre 6,49 a 7,61, e os tratamentos à base de casca de café carbonizada apresentaram pH superior aos substratos à base de casca de arroz carbonizada.

Tabela 1 – Características físicas e químicas dos substratos utilizados em cada um dos quatro tratamentos utilizados para a produção de mudas de *Eucalyptus urophylla* e *Anadenanthera macrocarpa*

Parâmetros	Substrato 1	Substrato 2	Substrato 3	Substrato 4
CE (mS.cm ⁻¹)	0,58	0,64	0,74	0,77
pH (H ₂ O)	6,49	6,15	7,61	7,36
DU (kg m ⁻³)	209,72	277,78	271,49	321,49
DS (kg m ⁻³)	97,89	81,50	100,44	83,91
PT (%)	86,55	90,13	90,57	90,44
EA (%)	53,67	54,23	46,77	46,09
AD (%)	13,60	13,84	10,80	10,13
AR (%)	19,29	22,07	29,99	34,34
CRA 10 (%)	32,89	34,21	41,22	44,35
CRA 50 (%)	21,66	24,61	34,83	35,30
CRA 100 (%)	19,29	22,07	33,00	34,22

Fonte: Autores (2019)

Em que: S1= 60% de FC e 40% de CAC; S2 = 80% de FC e 20% CAC; S3 = 60% de FC e 40% PCC; S4 = 80% de FC e 20% PCC CE = condutividade elétrica obtida em solução 1:5 (v/v); pH = determinado em água, diluição 1:5 (v/v); DU = densidade úmida; DS = densidade seca; PT = porosidade total; EA = espaço de aeração; AD = água disponível; AR = Água remanescente. CRA10 = capacidade de retenção de água sob sucção de 10 cm de coluna de água; CRA50 = capacidade de retenção de água sob sucção de 50 cm de coluna de água; CRA100 = capacidade de retenção de água sob sucção de 100 cm de coluna de água.

Em relação aos parâmetros físicos dos substratos, a densidade úmida aumenta com o aumento da porcentagem de fibra de coco dos substratos. Para densidade seca, esse comportamento só foi observado para os substratos à base de casca de arroz carbonizada. Em relação à porosidade total, os valores variaram entre 86,55% e 90,57%. Os resultados para o espaço de aeração apresentaram valores variando entre 46,06 e 53,67%.

Para a água disponível, os substratos à base de casca de arroz carbonizada apresentaram maiores porcentagens, de 13,60%, 13,84% para S1 e S2, respectivamente. Para água remanescente as maiores porcentagens foram observadas para os substratos à base de casca de café carbonizada, com 29,99, para S3, e 34,64%, para S4. Em relação à capacidade de retenção de água, nos três níveis de tenção, 10, 50 e 100, foi observado que o aumento do teor de fibra de coco aumenta a retenção de água, além disso, os substratos à base de casca de café carbonizada possuem maiores valores para essa característica.

3.2 Crescimento das mudas

Em relação ao crescimento da espécie *Eucalyptus urophylla*, apenas a variável diâmetro de coleto não apresentou diferenças significativas entre as médias dos substratos, com média de 3,14 cm (Tabela 2). Para altura, as mudas de todos os tratamentos apresentaram medida superior a 30 cm, e aqueles à base de casca de café carbonizada, S3 e S4, apresentaram médias superiores aos demais, com valores de 34,06 e 38,07 cm, respectivamente. Em relação ao índice de robustez, as médias variaram de 9,57 a 11,51.

Para a MSPA, o S4 apresentou maior média, 3,21 g por planta. Já para as variáveis MSSR e DR, o S2 apresentou mudas com as maiores médias, de 1,88 g e 0,0171 g cm⁻³. De acordo com o IQD, o substrato que proporcionou mudas com maior qualidade foi o S2, com 1,45.

Em relação ao crescimento da espécie *Anadenanthera macrocarpa*, apenas as variáveis diâmetro de coleto e altura não apresentaram diferenças significativas, com médias de 2,82 mm e 23,58 cm, respectivamente. Em relação ao índice de robustez, as médias variaram de 7,96 a 8,59. Para as variáveis MSPA, MSSR e DR, foi observado um mesmo comportamento, em que o S4 obteve a maior média, com 1,61 g, 2,22 g e 0,0146 g cm⁻¹. Os resultados de IQD demonstram que o S4 proporcionou produção de mudas com maior qualidade, tendo maior média com valor de 0,39.

Tabela 2 – Médias obtidas para as características morfológicas das mudas de *Eucalyptus urophylla* e *Anadenanthera macrocarpa*, aos 120 dias de idade, em função do substrato utilizado

Espécie	Tratamentos	DC (mm)	H (cm)	H/DC	MSPA (g)	MSSR (g)	DR (g cm ⁻³)	IQD
<i>E. urophylla</i>	S1	2,93 a	30,14 b	10,28 c	2,54 d	1,63 d	0,0148 d	0,35 d
	S2	3,24 a	31,01 b	9,57 d	3,24 b	1,88 a	0,0171 a	0,45 a
	S3	3,07 a	34,06 ab	11,09 b	3,15 c	1,78 c	0,0162 c	0,38 c
	S4	3,35 a	38,57 a	11,51 a	3,21 a	1,84 b	0,0168 b	0,40 b
<i>A. macrocarpa</i>	S1	2,72 a	23,36 a	8,59 a	1,07 d	1,69 d	0,0097 d	0,27 d
	S2	2,87 a	22,85 a	7,96 d	1,30 b	1,94 b	0,0120 b	0,34 b
	S3	2,77 a	23,45 a	8,46 b	1,28 c	1,80 c	0,0115 c	0,31 c
	S4	2,94 a	24,68 a	8,39 c	1,61 a	2,22 a	0,0146 a	0,39 a

Fonte: Autores (2019)

Em que: S1 = 60% de FC e 40% de CAC; S2 = 80% de FC e 20% CAC; S3 = 60% de FC e 40% PCC; S4 = 80% de FC e 20% PCC; DC = Diâmetro de coleto (mm); H = Altura (cm); MSPA= Matéria seca parte aérea; MSSR = Matéria seca do sistema radicular; DR = Densidade de raízes; IQD = Índice de Qualidade de Dickson; *Médias seguidas de uma mesma letra, na coluna e para a mesma espécie, não diferem entre si, pelo Teste Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

Os resultados para correlação das variáveis de crescimento com as propriedades químicas e físicas do substrato para *Eucalyptus urophylla* encontram-se na Tabela 3. Para o diâmetro de coleto, a densidade úmida mostrou-se fortemente correlacionada

(0,94). Para a altura, as características que se encontram fortemente correlacionadas foram a condutividade elétrica (0,93), a água remanescente (0,97), a capacidade de retenção de água a 10 cm (0,96) e a 100 cm (0,90%), e apenas a água disponível indicou forte correlação negativa, ou seja, inversamente proporcional à altura, (-0,92).

Para o índice de robustez, as variáveis fortemente correlacionadas foram: o pH (0,93), a capacidade de retenção de água a 10 cm (0,90), o espaço de aeração (-0,95) e a água disponível (-0,96). Para a MSPA, apenas a porosidade total apresentou-se fortemente correlacionada ($R=0,92$). Para a MSSR e DR, foi encontrada forte correlação com a densidade seca (-0,77 e -0,79) e com a porosidade total (0,88 e 0,88). O IQD apresentou forte correlação com a densidade seca (-0,82) e com a porosidade total (0,63).

Tabela 3 – Correlação entre as variáveis de crescimento e as características físicas e químicas dos substratos para a espécie *Eucalyptus urophylla* e *Anadenanthera macrocarpa*

<i>Eucalyptus urophylla</i>							
Parâmetros	DC (mm)	H (cm)	H/DC	MSPA (g)	MSSR (g)	DR (g cm ⁻³)	IQD
CE (mS.cm ⁻¹)	0,66	0,93	0,81	0,83	0,56	0,56	0,14
pH (H ₂ O)	0,15	0,76	0,93	0,41	0,05	0,05	-0,37
DU (kg m ⁻³)	0,94	-0,04	-0,08	-0,32	-0,23	0,05	-0,42
DS (kg m ⁻³)	-0,85	-0,27	0,23	-0,65	-0,77	-0,79	-0,82
PT (%)	0,76	0,62	0,34	0,92	0,88	0,88	0,63
EA (%)	-0,39	-0,89	-0,95	-0,60	-0,25	-0,25	0,20
AD (%)	-0,44	-0,92	-0,96	-0,62	-0,26	-0,27	0,19
AR (%)	0,64	0,97	0,87	0,79	0,48	0,48	0,05
CRA 10 (%)	0,59	0,96	0,90	0,75	0,42	0,42	-0,02
CRA 50 (%)	0,52	0,89	0,85	0,74	0,44	0,44	0,01
CRA 100 (%)	0,53	0,90	0,87	0,74	0,43	0,43	0,00

Continua ...

Tabela 3 – Conclusão

<i>Anadenanthera macrocarpa</i>							
Parâmetros	DC (mm)	H (cm)	H/DC	MSPA (g)	MSSR (g)	DR (g cm ⁻³)	IQD
CE (mS.cm ⁻¹)	0,62	0,71	-0,54	0,85	0,71	0,70	0,81
pH (H ₂ O)	0,12	0,65	-0,36	0,48	0,27	0,26	0,38
DU (kg m ⁻³)	0,92	0,65	-0,36	0,48	0,27	0,26	0,99
DS (kg m ⁻³)	-0,87	-0,16	0,10	-0,62	-0,77	-0,78	-0,71
PT (%)	0,68	0,24	-0,87	0,74	0,64	0,65	0,81
EA (%)	-0,36	-0,77	0,38	-0,69	-0,51	-0,50	-0,59
AD (%)	-0,42	-0,81	0,33	-0,73	-0,57	-0,55	-0,63
AR (%)	0,61	0,80	-0,42	0,87	0,73	0,72	0,80
CRA 10 (%)	0,56	0,81	-0,39	0,83	0,69	0,68	0,76
CRA 50 (%)	0,47	0,67	-0,55	0,75	0,58	0,57	0,70
CRA 100 (%)	0,48	0,71	-0,52	0,77	0,60	0,60	0,71

Fonte: Autores (2019)

Em que: CE = condutividade elétrica obtida em solução 1:5 (v/v); pH = potencial hidrogeniônico determinado em água, diluição 1:5 (v/v); DU = densidade úmida; DS = densidade seca; PT = porosidade total; EA = espaço de aeração; AD = água disponível; AR = Água remanescente. CRA10 = capacidade de retenção de água sob sucção de 10 cm de coluna de água; CRA50 = capacidade de retenção de água sob sucção de 50 cm de coluna de água; CRA100 = capacidade de retenção de água sob sucção de 100 cm de coluna de água; DC = Diâmetro de coletor (mm); H = Altura (cm); MSPA= Matéria seca parte aérea; MSSR = Matéria seca do sistema radicular; DR = Densidade de raízes; IQD = Índice de Qualidade de Dickson.

Os resultados para correlação das variáveis de crescimento com as propriedades químicas e físicas do substrato para *Anadenanthera macrocarpa* encontram-se na tabela 3. Para o diâmetro de coletor, apenas a densidade úmida apresentou-se fortemente correlacionada (0,92). Para a altura, apenas a densidade seca e porosidade total não apresentaram correlação forte. Para o Índice de robustez, apenas a porosidade total indicou correlação negativa forte (-0,87). Apenas o pH e a densidade úmida não apresentaram correlação forte com a massa seca da parte aérea. A massa seca do sistema radicular e a densidade de raízes apresentaram o mesmo comportamento, tendo correlação forte, respectivamente com condutividade elétrica (0,71 e 0,70),

densidade seca (-0,77, -0,78), porosidade total (0,64 e 0,65), água remanescente (0,73 e 0,72), CRA 10 (0,69, 0,68) e CRA 100 (0,60 e 0,60). E para o IQD, apenas a densidade úmida apresentou-se fortemente correlacionada (0,99).

3.3 Formação do torrão da muda

Com relação à facilidade de retirada das mudas dos tubetes (FRT), não foram encontradas diferenças estatísticas entre os substratos analisados, independentemente da espécie (Tabela 4). As médias encontradas para *Eucalyptus urophylla* e para a *Anadenanthera macrocarpa* foram de 9,99 e 10, respectivamente, sendo assim, para essa variável todos os substratos foram indicados.

Os tratamentos responderam de forma diferenciada para a agregação do substrato (AGS), para ambas as espécies. Considerando *Eucalyptus urophylla*, todos os tratamentos apresentaram valores iguais ou próximos a 10,00, sendo S4, substrato à base de palha de café carbonizada, o superior. Para *Anadenanthera macrocarpa*, os substratos se apresentaram pouco coesos após a queda, sendo o S1, aquele com melhor média, 6,60.

Tabela 4 – Facilidade de Retirada do Tubete e a Agregação do Substrato, das mudas de *Eucalyptus urophylla* e *Anadenanthera macrocarpa*, produzidas em diferentes substratos

Substratos	<i>E. urophylla</i>		<i>A. macrocarpa</i>	
	FRT	AGS	FRT	AGS
S1	10,00 a	9,08 c	10,00 a	6,60 a
S2	10,00 a	9,56 b	10,00 a	5,97 b
S3	9,97 a	9,42 bc	10,00 a	5,97 b
S4	10,00 a	10,00 a	10,00 a	5,70 b

Fonte: Autores (2019)

Em que: S1 = 60% de FC e 40% de CAC; S2 = 80% de FC e 20% CAC; S3 = 60% de FC e 40% PCC; S4 = 80% de FC e 20% PCC; AGS = Agregação do substrato; FTR = Facilidade de Retirada do Tubete. *As médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Os dados de facilidade de retirada das mudas do tubete não apresentaram correlação, devido as mudas terem apresentado resultado constante para todos os substratos, para ambas as espécies. Os resultados para correlação entre a agregação do substrato das mudas com as propriedades químicas e físicas do substrato das duas espécies estudadas encontram-se na Tabela 5. Para o *Eucalyptus urophylla*, apenas o pH e a densidade úmida não apresentaram correlação forte. Já para *Anadenanthera macrocarpa*, apenas o pH e a densidade seca não apresentaram correlação forte.

Tabela 5 – Correlação entre a agregação do substrato e as características físicas e químicas dos substratos para a espécie *Eucalyptus urophylla* e *Anadenanthera macrocarpa*

Espécie	CE (mS.cm ⁻¹)	pH (H ₂ O)	DU (kg m ⁻³)	DS (kg m ⁻³)	PT (%)	EA (%)	AD (%)	AR (%)	CRA 10 (%)	CRA 50 (%)	CRA 100 (%)
<i>E. urophylla</i>	0,80	0,38	0,38	-0,71	0,76	-0,60	-0,65	0,81	0,77	0,69	0,70
<i>A. macrocarpa</i>	-0,88	-0,48	-0,99	0,57	-0,95	0,66	0,68	-0,83	-0,79	-0,79	-0,79

Fonte: Autores (2019)

Em que: CE = condutividade elétrica obtida em solução 1:5 (v/v); pH = determinado em água, diluição 1:5 (v/v); DU = densidade úmida; DS = densidade seca; PT = porosidade total; EA = espaço de aeração; AD = água disponível; AR = Água remanescente. CRA10 = capacidade de retenção de água sob sucção de 10 cm de coluna de água; CRA50 = capacidade de retenção de água sob sucção de 50 cm de coluna de água; CRA100 = capacidade de retenção de água sob sucção de 100 cm de coluna de água.

4 DISCUSSÃO

4.1 Análise do substrato

Segundo a recomendação de Regan (2014), o pH em substrato é considerado ideal quando encontra-se entre 5,5 a 6,3, para não trazer indisponibilidade ou fitotoxicidade de algum nutriente. Dessa forma, apenas o tratamento S1 estaria adequado. Verifica-se que os valores de pH aumentam à medida que se aumenta a proporção de cascas. Kratz e Wendling (2013) encontraram o mesmo padrão, em que com o aumento da

porcentagem de casca de arroz carbonizada, em detrimento da fibra de coco, o pH do substrato se eleva, tornando-se mais básico.

A condutividade elétrica obteve um aumento com a adição da palha de café e casca de arroz carbonizada, segundo Costa *et al.* (2018), isso pode estar relacionado a um possível aumento da concentração de sais neste substrato. De acordo com Regan (2014), a condutividade elétrica não deve exceder o limite de $0,75 \text{ mS cm}^{-1}$, no presente estudo, apenas o S4 apresentou valor fora do recomendado ($0,77 \text{ mS cm}^{-1}$). De acordo com Martinez (2002), valores de condutividade elétrica acima de $3,5 \text{ mS cm}^{-1}$ são considerados excessivos para a maioria das espécies, por estar associado ao aumento de salinidade nos substratos. O autor ainda comenta que devido ao aumento da salinidade pode ocorrer danos em todo o sistema radicular, impedindo a absorção de água e nutrientes, afetando a atividade fisiológica e conseqüentemente diminuindo o crescimento das plantas.

Kratz e Wendling (2013) ressaltaram que a salinidade na produção de mudas deve ser superior, devido às práticas de adubação de cobertura e, em caso de não houver adubações, deve-se enfatizar que a salinidade cai consideravelmente em poucos dias, em consequência da lixiviação pela água de irrigação.

Em relação à densidade úmida encontrada para os substratos estudados, de acordo com Gonçalves *et al.* (2000), os substratos S2, S3 e S4 apresentaram resultados médios, por possuírem valores entre 250 a 500 Kg m^{-3} e o S1 apresentou densidade baixa, por possuir valor abaixo de 250 Kg m^{-3} . Para a densidade seca, Kämpf (2005) estabeleceu que os valores adequados devem ser definidos conforme o tamanho do recipiente, sendo que para tubetes em bandejas, estes devem se encontrar entre 100 a 300 Kg m^{-3} , estando, portanto, apenas o S3 dentro do recomendado.

De acordo com Martinez (2002), a densidade indica o peso do substrato, fator considerado importante para o transporte, para a manipulação dentro do viveiro e, ainda, para a estabilidade das plantas. Para Faria *et al.* (2017), os substratos mais densos apresentam menor espaço entre as partículas e maior resistência ao

crescimento radicular, já aqueles menos densos, ou seja, mais leves, apresentam menor capacidade de suporte para as plantas e menor capacidade de retenção de água, como também observado no presente trabalho, para os substratos à base de casca de arroz carbonizada.

A porosidade, para Kratz e Wendling (2013), é inversamente proporcional à densidade, o que não foi observado neste trabalho, em que o tratamento com menor densidade úmida, S1 de 209,72 kg m⁻³, obteve a menor porosidade total de 86,55%. Em relação ao espaço de aeração, recomendam-se valores entre 20 e 40% do volume do substrato (ZORZETO; DECHEN; ABREU, 2014), dessa forma, para este trabalho, todos os substratos se enquadram dentro da faixa recomendada pelos autores. Os autores ainda comentam que valores elevados para esta característica podem ocasionar deficiências hídricas para as plantas, principalmente com irrigações pouco frequentes e que valores reduzidos poderiam causar falta de oxigênio para o desenvolvimento das raízes.

Para a água disponível, Faria *et al.* (2017) sugerem a recomendação que os valores variem entre 20 a 30%, entretanto, nenhum substrato atingiu esse valor. De acordo com Schafer, Souza e Fior (2015), apenas 22,1% dos substratos para produção de mudas encontram-se dentro da faixa adequada, dessa forma, os autores recomendam que o manejo da irrigação deve ser eficiente, ou seja, aumentar o número de irrigações e diminuir o volume de água por irrigação, para reduzir desperdícios de água.

Em relação à água remanescente, Kämpf (2005) recomenda valores inferiores a 30%, para que o substrato obtenha drenagem satisfatória. Dessa forma, apenas o S4 não se enquadra nesta característica, o que pode acarretar, segundo Schafer, Souza e Fior (2015), baixa disponibilidade de oxigênio para as plantas.

Quanto à capacidade de retenção de água, em geral, quanto menor a retenção, maior é a necessidade de frequência de irrigação ou maior volume de água aplicada (WENDLING; GUASTALA; DEDECEK, 2007), e substratos que apresentam maior capacidade de retenção de água exigem maior rigor no controle da irrigação, para

evitar o excesso de água, conseqüentemente acúmulo de CO₂ e redução da aeração da raiz (GONÇALVES *et al.*, 2000). Regan (2014) recomenda que a capacidade de retenção de água por substrato seja de 45 a 65%.

4.2 Crescimento das mudas

Estudo realizado por Baldin *et al.* (2015) indica que quanto maior o diâmetro de coleto, maior a capacidade de sobrevivência e emissão de novas raízes pela muda em campo. Wendling e Dutra (2010) recomendam que mudas de *Eucalyptus* sp. aptas para plantio devem possuir diâmetro de coleto a partir de 2 mm. Dessa forma, as médias de diâmetro de coleto encontradas, para ambas as espécies no presente trabalho, encontram-se dentro do padrão desejado para expedição de mudas. Kratz e Wendling (2016) não obtiveram médias recomendadas para plantio de *Eucalyptus benthamii*, em substratos renováveis à base de casca de arroz carbonizada e fibra de coco. Wendling e Dutra (2010) também recomendam que mudas de *Eucalyptos* sp. aptas para plantio devem possuir altura mínima de 15 cm, assim, as médias de altura encontradas, para ambas as espécies, estariam dentro do proposto pelos autores para plantio. Entretanto, para Baldin *et al.* (2015), a altura ideal para expedição de mudas ainda é controverso e variável com a espécie.

Os autores Fonseca *et al.* (2017) encontraram que a adição de diferentes proporções de casca de arroz carbonizada no substrato comercial à base de casca de pinus, aos 95 dias, causou um efeito positivo no crescimento em altura e diâmetro das mudas de *Anadenanthera peregrina*. Kratz *et al.* (2015) também observaram crescimento satisfatório em altura nas diferentes proporções de fibra de coco com casca de arroz carbonizada, para plantio em campo, aos 120 dias para *Mimosa scabrella*, o que corrobora com o presente trabalho na produção de mudas de *Anadenanthera macrocarpa*. Kratz *et al.* (2016) observaram viabilidade da produção de mudas de *Piptadenia gonoacantha*, aos 120 dias, utilizando apenas casca de arroz carbonizada, em detrimento da sua combinação com fibra de coco, devido ao aumento do seu crescimento e qualidade em viveiro.

Em relação à altura, para a espécie *Eucalyptus urophylla*, foi observado que os tratamentos tendo como constituinte a palha de café carbonizada obteve um incremento em altura superior aos que possuíam como base a casca de arroz carbonizada. O que pode estar relacionado pela maior disponibilidade de nutrientes, já que, segundo Costa *et al.* (2018), o aumento da concentração de nutrientes pode elevar a condutividade elétrica, e para a espécie em questão, a altura encontrou-se fortemente correlacionada com a condutividade elétrica.

O crescimento satisfatório das mudas de *Eucalyptus urophylla*, em altura, também está relacionado à sua porosidade, já que esta característica apresentou correlação forte para a variável, e segundo Boene *et al.* (2013), a porosidade é de fundamental importância para o crescimento das mudas, visto que a alta concentração de raízes formadas nos recipientes exige elevado fornecimento de oxigênio e rápida remoção do gás carbônico formado.

Em relação ao índice de robustez, Carneiro (1995) relata que esta exprime o equilíbrio de crescimento das mudas no viveiro, pois conjuga duas características em apenas um índice, inferindo se a muda está estiolada ou hipertrofiada. Segundo o autor, o índice deve situar-se entre 5,4 e 8,1, dessa forma, apenas o substrato S2, para a *Anadenanthera macrocarpa*, apresentou-se dentro da faixa esperada.

Essa faixa pode não estar adequada para o gênero *Eucalyptus sp.*, visto que as mudas apresentaram vigor na avaliação, estando aptas para plantio. De acordo com Araújo, Navroski e Schorn (2018), espécies de rápido crescimento, como o do gênero *Eucalyptus*, apresentam índice de robustez superior a 7. Simões, Silva e Silva (2012) e Kratz e Wedling (2016) também observaram relação H/DC fora do intervalo indicado, entre 9,39 e 12,13, para híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, em diferentes composições de fibra de coco, casca de arroz carbonizada e vermiculita, e o valor de 14,04, para mudas de *Eucalyptus camaldulensis* produzidas com casca de arroz carbonizada com granulometria menor que 0,5 mm, respectivamente.

Assim como para o *Eucalyptus sp.*, a faixa determinada por Carneiro (1995) pode não estar adequada para algumas espécies nativas, assim como observado por Kratz *et al.* (2015) na produção de mudas de *Mimosa scabrella*. Kratz *et al.* (2016) encontraram valores abaixo de 4,5 para produção de mudas de *Piptadenia gonoacantha*. No trabalho de Rossa *et al.* (2015), também não foram encontrados valores adequados para produção de mudas de *Anadenanthera macrocarpa*, apresentando valores superiores a 8,1, corroborando com o presente trabalho. No entanto, no estudo de Araújo, Navroski e Schorn (2018) e Melo *et al.* (2018), os autores comentam que o limite para as mudas não apresentarem estiolamento e se apresentarem menos frágeis à ação de intempéries é de 10, dessa forma, as médias encontradas para a *Anadenanthera macrocarpa* são satisfatórias.

Em relação à matéria seca do sistema radicular e à densidade de raízes, apresentaram correlação forte com ambas as espécies. Faria *et al.* (2017) comentam que os substratos mais densos apresentam menores espaços entre as partículas e maior resistência ao crescimento radicular, o que corrobora com a correlação forte negativa obtida, -0,77, e com o resultado encontrado, em que os substratos menos densos, S2 e S4, obtiveram os maiores valores de massa seca do sistema radicular e de densidade de raízes.

Em relação ao IQD, Caldeira *et al.* (2014) afirmam que este índice é um bom indicador de qualidade de mudas, haja vista que em seu cálculo são considerados os resultados de vários parâmetros importantes empregados para avaliação da qualidade, como a robustez e a matéria seca. O autor ainda ressalta que quanto maior este índice, melhor o padrão de qualidade da muda. Os valores encontrados foram superiores quando comparados com outros trabalhos, como o de Silva, Simões e Silva (2012), que obtiveram IQD de 0,18 em mudas de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* produzidas em substratos a base de casca de arroz carbonizada e fibra de coco.

Anadenanthera macrocarpa apresentou o IQD variando entre 0,27 a 0,39, que também foi considerado um bom índice para todos os tratamentos, com destaque ao S4, por ter obtido a melhor média. Rossa *et al.* (2015) também encontraram IQD de 0,27, para mudas de *Anadenanthera macrocarpa*, em tratamentos com o mesmo nível de adubação de base do presente trabalho. Pode-se concluir que o IQD pode variar em função da espécie, do manejo das mudas no viveiro, do tipo e proporção do substrato, do volume do recipiente e, principalmente, de acordo com a idade em que a muda foi avaliada (GOMES *et al.*, 2013).

4.3 Formação do torrão da muda

Analisando a formação do torrão para as mudas de *Eucalyptus urophylla*, em relação à facilidade de retirada das mudas do tubete, Kratz e Wendling (2016), avaliando substratos à base de casca de arroz carbonizada combinada com fibra de coco para espécie *Eucalyptus camaldulensis*, obtiveram médias de facilidade de retirada da muda do tubete próximas a 8, inferiores aos resultados encontrados neste trabalho, com média de 10. Resultados semelhantes foram observados por Kratz e Wendling (2013), que avaliaram mudas de *Eucalyptus dunnii*, tendo substrato composto por 50% de casca de arroz carbonizada e 50% de fibra de coco. Os autores Stuepp *et al.* (2016) observaram que na primavera, mesma época de avaliação do presente trabalho, as mudas clonais de *Piptocarpha angustifolia* apresentaram maior facilidade de retirada dos tubetes, com valor médio de 8.

A agregação das raízes da espécie *Eucalyptus urophylla* apresentou valores superiores aos encontrados por Kratz e Wendling (2013), que avaliaram substratos à base de casca de arroz carbonizada com proporções de 20 e 40% em combinação com fibra de coco, para a produção de mudas de *Eucalyptus benthamii*, obtendo médias de agregação das raízes próximas a 8. Kratz e Wendling (2016) constataram que quanto maior a massa seca da parte aérea e do sistema radicular, maior é a agregação das raízes.

Em relação à agregação das raízes ao substrato, ambas as espécies obtiveram correlação forte com a condutividade elétrica, contudo para o *Eucalyptus urophylla*, foi encontrado uma correlação positiva, enquanto que para a *Anadenanthera macrocarpa*, foi encontrada correlação negativa. Esse resultado corrobora com o encontrado por Mieth *et al.* (2018), em que foi encontrado alta correlação positiva (0,95), entre a condutividade elétrica e a agregação do substrato, para *Eucalyptus dunnii*. O aumento de condutividade elétrica pode estar relacionado ao aumento da concentração de nutrientes disponíveis no substrato, o que leva a um aumento de salinidade, a qual pode causar danos em todo o sistema radicular, o que pode justificar a correlação negativa obtida para a *Anadenanthera macrocarpa* (MARTÍNEZ, 2002).

Já a relação obtida para o *Eucalyptus urophylla* foi favorável ao aumento da condutividade elétrica, nos tratamentos à base de palha de café carbonizada. Segundo Costa *et al.* (2018), isso pode estar relacionado à característica do gênero *Eucalyptus* ser tolerante a ambientes salinos (MENDONÇA *et al.*, 2010).

De acordo com Fragoso *et al.* (2016), substratos com menor dificuldade de retirada das mudas dos tubetes pode estar relacionado àqueles com menor agregação das raízes, devido a menor pressão nas paredes do tubete, o que corrobora com os resultados encontrados para *Anadenanthera macrocarpa*. Entretanto este não é o padrão desejado para expedição de mudas, por essa razão, essas variáveis não podem ser analisadas isoladamente, devendo-se buscar a melhor relação obtida dos resultados, para as formulações utilizadas, o S1 foi o que obteve melhores resultados.

A baixa agregação do substrato obteve comportamento inversamente proporcional às mudas de *Eucalyptus urophylla*, para todas as características do substrato. A porosidade total foi aquela com maior correlação, de -0,95, indicando que, com a queda da porosidade, ocorre um aumento na agregação das raízes no substrato, favorecendo, portanto, a utilização de casca de arroz carbonizada, para produção de mudas da espécie. Entretanto, esta relação possui um certo limite, sendo que segundo Zorzeto. Dechen e Abreu (2014), valores reduzidos de porosidade poderiam causar falta de oxigênio para o desenvolvimento das raízes.

Segundo Mieth *et al.* (2018), a baixa agregação do substrato, apesar de reduzir a qualidade de formação da muda, pode apresentar crescimento satisfatório em campo. No entanto, seu uso não é viável, mesmo que seus componentes apresentem baixo custo de aquisição, devido à dificuldade do transporte e à queda de eficiência da retirada da muda do tubete em campo, podendo ocorrer o rompimento da raiz, perda da muda e aumento do índice de mortalidade do plantio.

De acordo com Wendling, Guastala e Dedecek (2007), o substrato considerado adequado para produzir mudas em tubetes deve proporcionar condições adequadas para o crescimento do sistema radicular, tendo como consequência uma boa agregação do substrato, suficiente para que o torrão em volta da muda não se rompa quando a embalagem for retirada para plantio ou transporte, ocasionando exposição das raízes ao ressecamento e dificultando a sobrevivência das mudas. Sendo assim, para o *Eucalyptus urophylla*, os resíduos orgânicos de palha de café e de arroz carbonizada em combinação com fibra de coco apresentaram melhores resultados, para a formação do torrão quando comparados a outros trabalhos, e ambos são indicados para produção de mudas. Já para a *Anadenanthera macrocarpa*, ainda são necessários testes com outros resíduos orgânicos, e com maior tempo de produção das mudas, buscando melhores resultados, contudo, ao se comparar o uso das duas cascas avaliadas, a casca de arroz demonstrou maior nível de agregação ao substrato no fim do processo de produção.

5 CONCLUSÃO

Para o *Eucalyptus urophylla* e *Anadenanthera macrocarpa*, a utilização da palha de café carbonizada pode ser utilizada em detrimento da casca de arroz carbonizada, pois possibilita uma melhoria na qualidade das mudas, proporcionando maior crescimento. Desse modo, ela se torna uma alternativa de componente condicionador de substrato.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Berlin, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ARAÚJO, M. M.; NAVROSKI, M. C.; SCHORN, L. A. **Produção de sementes e mudas**: um enfoque à silvicultura. Santa Maria: Editora UFSM, 2018. v. 1. 448 p.
- BALDIN, T. *et al.* Crescimento de mudas de angico-vermelho em diferentes volumes de substratos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Brasília, v. 35, p. 31-37, 2015.
- BOENE, H. C. A. M. *et al.* E feitos de diferentes substratos na produção de muda de *Sebastiania commersoniana*. **Floresta**, Curitiba, v. 43, n. 3, p. 407-420, 2013.
- CALDEIRA, M. V. W. *et al.* Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* utilizando lodo de esgoto, fibra de coco e palha de café in natura. **Floresta**, Curitiba, v. 44, n. 2, p. 195-206, 2014.
- CARNEIRO, J. G. de A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR; FUPEF, 1995.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Brasil). **Acompanhamento da Safra Brasileira de Café Safra 2009, primeira estimativa, janeiro/2018**. Brasília, 2018. Disponível em: http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/levantamento/conab_safra2018_n1.pdf. Acesso em: 02 mar. 2018.
- COSTA, M. T. M. *et al.* alterações químicas e físico-química do solo com aplicações sucessivas de esgoto doméstico bruto como alternativa de disposição final do cultivo de forrageira. **Periódico Tchê Química**, Porto Alegre, v. 15, n. 29, 2018.
- DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**, Ottawa, v. 36, p. 10-13, 1960.
- FARIA, J. C. T. *et al.* Substrates formulated with organic residues in the production of seedlings of *Moquinias trumpolymorphum*. **Floresta**, Curitiba, v. 47, p. 523, 2017.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.
- FRAGOSO, R. O. *et al.* Substratos renováveis na produção de mudas de *Ficus enormis* proveniente de jardim clonal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Brasília v. 36, p. 537, 2016.
- FONSECA, E. F. *et al.* Uso potencial da casca de arroz carbonizada na composição de substratos para produção de mudas de *Anadenanthera peregrina* (L) Speg. **Desafios**, Palmas, v. 4, p. 32-40, 2017.

GOMES, D. R. *et al.* Lodo de esgoto como substrato para a produção de mudas de *Tectona grandis* L. **Cerne**, Lavras, v. 19, n. 1, p. 123-131, 2013.

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: ESALQ; USP, 2000. p. 309-350.

KÄMPF, A. N. **Produção comercial de plantas ornamentais**. Guaíba: Agropecuária, 2005. 256 p.

KRATZ, D. *et al.* Ranking of substrates based on *Piptadenia gonoacantha* morphological parameters. **Bosque**, Valdivia, v. 37, p. 265, 2016.

KRATZ, D. *et al.* Substratos renováveis para produção de mudas de *Mimosa scabrella*. **Floresta**, Curitiba, v. 45, p. 393, 2015.

KRATZ, D.; WENDLING, I. Crescimento de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* em substratos à base de casca de arroz carbonizada. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 63, p. 348-354, 2016.

KRATZ, D.; WENDLING, I. Produção de mudas de *Eucalyptus dunnii* em substratos renováveis. **Floresta**, Curitiba, v. 43, p. 125-136, 2013.

KRAUSE, M. R. *et al.* Aproveitamento de resíduos agrícolas na composição de substratos para produção de mudas de tomateiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília v. 35, p. 280-285, 2017.

MARTÍNEZ, P. F. Manejo de substratos para horticultura. *In:* FURLANI, A. M. C. *et al.* **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para a produção de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2002. p. 53-76.

MELO, L. A. *et al.* Qualidade e crescimento inicial de mudas de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. produzidas em diferentes volumes de recipientes. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, p. 47-55, 2018.

MENDONÇA, A. V. R. A. S. *et al.* Características fisiológicas de mudas de *Eucalyptus* spp submetidas a estresse salino. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, p. 255-267, 2010.

MIETH, P. *et al.* Ground peach pits: alternative substrate component for seedling production. **Journal of Forestry Research**, [s. l.], v. 30, n. 5, p. 57, 2018.

REGAN, R. P. Evaluating alternative growing media components. *In:* WILKINSON, K. M.; HAASE, D. L.; PINTO, J. R. (coord.). **National Proceedings: Forest and Conservation Nursery Associations**, 2013. Fort Collins (CO): USDA Forest Service; Rocky Mountain Research Station. 2014. Proceedings RMRS-P-72. p. 50-53.

ROSSA, Ü. B. *et al.* Fertilizante de liberação lenta no desenvolvimento de mudas de *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg. (angico-vermelho) e *Schinus terebinthifolius* Raddi (aroeira-vermelha). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 4, p. 841-852, 2015.

SCHAFER, G.; SOUZA, P. V. D.; FIOR, C. S. Um panorama das propriedades físicas e químicas de substratos utilizados em horticultura no sul do Brasil. **Ornamental Horticulture**, [s. l.], v. 21, p. 299-306, 2015.

SILVA, R. B. G.; SIMÕES, D.; SILVA, M. R. Qualidade de mudas clonais de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* em função do substrato. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 3, 2012.

SIMÕES, D.; SILVA, R. B. G.; SILVA, M. R. Composição do substrato sobre o desenvolvimento, qualidade e custo de produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, p. 91-100, 2012.

STUEPP, C. A. *et al.* Quality of clonal plants of *Piptocarpha angustifolia* in different renewable substrates and seasons of the year. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, p. 1821-1829, 2016.

WENDLING, I.; DUTRA, L. F. Produção de mudas de eucalipto por sementes. *In*: WENDLING, I.; DUTRA, L. F. **Produção de mudas de eucalipto**. Colombo: Embrapa Florestas, 2010. p. 13-47.

WENDLING, I.; GUASTALA, D.; DEDECEK, R. Características físicas e químicas de substratos para produção de mudas de *Ilex paraguariensis* St. Hil. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 31, p. 209-220, 2007.

ZORZETO, T. Q.; DECHEN, S. C. F.; ABREU, F. F. J. Caracterização física de substratos para plantas. **Bragantia**, Campinas, v. 73, n. 3, p. 300-311, 2014.

Contribuição de Autoria

1 – Fernanda Leite Cunha

Engenheira Florestal, Ma., Doutoranda

<https://orcid.org/0000-0001-7707-0910> • fernandaleitecunha@gmail.com

Contribuição: Curadoria de dados, Análise Formal, Investigação, Metodologia, Escrita – primeira redação, Escrita – revisão e edição

2 – Oclizio Medeiros das Chagas Silva

Engenheiro Florestal, Me., Doutorando

<https://orcid.org/0000-0003-3099-8919> • omflorestal@hotmail.com

Contribuição: Investigação, Metodologia, Validação

3 – Vinicius Correia de Araujo

Graduando em Engenharia Florestal

<https://orcid.org/0000-0002-8117-8016> • vinicius.c.araujo@live.com

Contribuição: Conceituação

4 – Nelson Venturin

Engenheiro Florestal, Dr., Professor

<https://orcid.org/0000-0001-8397-8984> • venturin@dcf.ufla.br

Contribuição: Supervisão, Obtenção de financiamento

5 – Lucas Amaral de Melo

Engenheiro Florestal, Dr., Professor

<https://orcid.org/0000-0001-5219-9179> • lucas.amaral@dcf.ufla.br

Contribuição: Administração do projeto, Conceituação, Supervisão, Recursos, Obtenção de financiamento, Metodologia, Escrita – revisão e edição

Como citar este artigo

Cunha, F. L.; Silva, O. M. C.; Araujo, V. C.; Venturin, N.; Melo, L. A. Palha de café carbonizada em substratos renováveis para produção de mudas de *Eucalyptus urophylla* e *Anadenanthera macrocarpa*. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 32, n. 2, p. 548-572, 2022. DOI 10.5902/1980509837069. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509837069>.