



PRODUÇÃO DE MUDAS DE AROEIRA-PRETA (*Myracrodruon urundeuva* Freire Allemão) COM UTILIZAÇÃO DE SUBSTRATOS ALTERNATIVOS

*PRODUCTION OF BLACK MASTIC SEEDLINGS (*Myracrodruon urundeuva* Freire Allemão) USING ALTERNATIVE SUBSTRATES*

Gênesis Alves de Azevedo

Universidade Estadual Paulista – UNESP, Brasil
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4786-9278>
E-mail: genesis.azevedo@unesp.br

James Ribeiro de Azevedo

Universidade Federal do Maranhão – UFMA, Brasil
Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3319-6161>
E-mail: james.azevedo@ufma.br

Submetido: 24 abr. 2023.

Aprovado: 9 jun. 2023.

Publicado: 30 jun. 2023.

E-mail para correspondência:

genesis.azevedo@unesp.br

Resumo: A utilização de resíduos orgânicos como substrato alternativo apresenta-se como alternativa viável, visto que, são ricos em nutrientes e produzidos em grande quantidade. Esse trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência do uso de lodo de esgoto e casca de arroz carbonizada como substrato alternativo na produção de mudas de aroeira-preta (*Myracrodruon urundeuva* Freire Allemão). O experimento foi conduzido em ambiente protegido na Faculdade de Engenharia/UNESP, Campus de Ilha Solteira. Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado, com vinte tratamentos e seis repetições, totalizando 120 mudas. Foram testadas as proporções de lodo de esgoto (LE) e casca de arroz carbonizada (CAC): (100%LE, 0%CAC), (80%LE, 20%CAC), (60%LE, 40%CAC), (40%LE, 60%CAC), (20%LE, 80%CAC) e (100% Substrato comercial). Foram avaliados a altura de planta, diâmetro, comprimento e volume radicular, número de folhas, massa fresca e seca radicular, massa fresca e seca aérea, porcentagem de germinação. As mudas de aroeira-preta produzidas com LE e CAC apresentaram crescimento inferior aos resultados apresentados pela testemunha com substrato comercial. Recomenda-se o uso de LE e CAC nas proporções equivalente a 40% de lodo de esgoto e 60% de casca de arroz carbonizada por apresentar maiores médias biométricas para as mudas.

Palavras-chave: Biossólidos. Resíduos. Biometria. Espécie Florestal.

Abstract: The use of organic waste as an alternative substrate is a viable alternative, since they are rich in nutrients and produced in large quantities. The objective of this work was to evaluate the efficiency of using sewage sludge and carbonized rice husks as an alternative substrate in the production of pepper tree seedlings (*Myracrodruon urundeuva* Freire Allemão). The experiment was conducted in a protected environment at the Faculty of Engineering/UNESP, Ilha Solteira Campus. A completely randomized design was used, with



twenty treatments and six replications, totaling 120 seedlings. The proportions of sewage sludge (LE) and carbonized rice husks (CAC) were tested: (100%LE, 0%CAC), (80%LE, 20%CAC), (60%LE, 40%CAC), (40%LE, 60%CAC), (20%LE, 80%CAC) and (100% Commercial substrate). Plant height, diameter, root length and volume, number of leaves, fresh and dry root mass, fresh and dry aerial mass, percentage of germination were evaluated. The aroeira-preta seedlings produced with LE and CAC showed lower growth than the results presented by the control with commercial substrate. It is recommended the use of LE and CAC in proportions equivalent to 40% of sewage sludge and 60% of carbonized rice husks, as they present higher biometric averages for the seedlings.

Keywords: Biosolids. Waste. Biometry. Forest Species.

Introdução

A *Myracrodruon urundeuva* Freire Allemão, popularmente conhecida como aroeira-preta ou aroeira-do-sertão, é uma planta arbórea pertencente à família Anacardiaceae presente nos biomas Cerrado, Caatinga e Mata Atlântica. É uma planta nativa do Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste, mas não endêmica do Brasil ⁽¹⁾.

Devido à grande resistência mecânica de sua madeira, a aroeira-preta tem um alto valor econômico, sendo utilizada para construção de cercas, tacos para assoalho e vigas. Sua madeira é resistente à insetos e microrganismos, possui baixa permeabilidade à umidade e produtos químicos, sendo considerada praticamente imputrescível ⁽¹⁾.

A aroeira-preta apresenta diversas atividades farmacológicas sendo amplamente utilizada na medicina popular para o tratamento de infecção nos rins, gastrite, diarreia, alergias, úlceras, como cicatrizante, expectorante e anti-inflamatório ⁽²⁾.

A primeira etapa de um processo de implantação de florestas é a produção de mudas, sendo esta de extrema importância e considerada decisiva, pois, o sucesso de uma floresta bem formada, de alta produtividade, se deve, entre outros fatores, à qualidade das mudas plantadas ⁽³⁾.

A qualidade das mudas aptas para o plantio refere-se à capacidade de resistirem às condições adversas encontradas no campo e produzirem árvores com crescimento desejável ⁽⁴⁾. Vários fatores afetam a formação das mudas, dentre eles a qualidade das sementes, tipo de recipiente, substrato empregado, adubação e manejo durante o processo de produção ⁽⁵⁾.



Os substratos para a produção de mudas podem ser definidos como o meio adequado para sua sustentação e retenção de água, oxigênio e nutrientes, além de oferecer pH compatível e ausência de elementos químicos em níveis tóxicos. A fase sólida do substrato deve ser constituída de partículas minerais e orgânicas ⁽⁶⁾. O estudo do arranjo percentual desses componentes é importante, já que eles poderão ser fonte de nutrientes e atuarão diretamente no desenvolvimento das mudas.

A utilização de resíduos orgânicos como substrato para produção de mudas de espécies florestais nativas, geralmente, é uma alternativa viável, visto que, normalmente são ricos em nutrientes e são produzidos em grande quantidade, e sua destinação é um problema para as empresas produtoras ⁽⁷⁾.

Entre estes resíduos encontra-se o biossólido, originário das estações de tratamento do esgoto doméstico, que, normalmente, apresenta alto teor de matéria orgânica, possui quantidades apreciáveis de nutrientes, principalmente Nitrogênio e Fósforo, e pode melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas dos substratos, e ser utilizado como fonte de nutrientes para o crescimento das plantas ⁽⁸⁾.

De acordo com Caldeira ⁽⁵⁾ é possível obter-se ganhos no crescimento e qualidade de mudas florestais nativas quando se utiliza o biossólido como componente do substrato. Dessa forma, este material possui grande potencial, o que pode garantir a boa formação e qualidade para as mudas, além de influenciar diretamente no sucesso dos povoamentos visando à restauração florestal.

O lodo de esgoto é o produto obtido do tratamento de águas residuárias, com a finalidade de recuperar a sua qualidade, de modo a permitir o seu retorno ao ambiente, sem causar poluição. De acordo com o volume de águas residuárias tratadas nas Estações de Tratamento de Esgoto, grande quantidade de lodo pode se acumular em seus pátios, tornando a sua disposição final um importante problema ambiental ⁽⁵⁾. Existem várias formas de disposição deste biossólido no ambiente, como incineração, disposição oceânica, reúso industrial e disposição em aterros sanitários ⁽⁹⁾, contudo, a utilização agrícola se tem mostrado uma alternativa bastante viável, tendo em vista o potencial fertilizante e condicionador das propriedades físicas e químicas do solo, apresentado por este resíduo orgânico ⁽⁶⁾.

Observa-se também o potencial de uso da casca de arroz carbonizada (CAC), que tem sido estudada isoladamente ou com misturas de materiais com o propósito de utilização no cultivo em substrato ⁽¹⁰⁾. A CAC tem sido amplamente empregada como substrato mediante



suas características físicas e químicas em diferentes sistemas de cultivo, proporcionando ao substrato maior aeração e disponibilidade de nutrientes, podendo potencializar a estruturação do sistema radicular das plantas quando aliado a outros materiais ⁽¹¹⁾.

O trabalho teve intuito de avaliar o desenvolvimento de mudas de aroeira-preta (*Myracrodruon urundeuva* Freire Allemão) em tubetes, produzidas com diferentes proporções de lodo de esgoto e arroz carbonizado como fonte de matéria orgânica e nutrientes.

Metodologia

O experimento foi conduzido de maio a agosto de 2022, em ambiente protegido na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão FEPE da Faculdade de Engenharia/UNESP, Campus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria (MS), apresentando coordenadas geográficas, latitude: 20° 22' 11" S, longitude: 51° 25' 9" O, com altitude de 335 metros ⁽¹²⁾.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com seis tratamentos e vinte repetições, sendo cada repetição constituída por uma unidade experimental, totalizando 120 mudas. Os tratamentos foram compostos pela mistura de lodo de esgoto (LE) e casca de arroz carbonizada (CAC), nas seguintes proporções: 100% LE + 0% CAC; 80% LE + 20% CAC; 60% LE + 40% CAC; 40% LE + 60% CAC; e 20% LE + 80% CAC. A testemunha foi composta por 100% de substrato comercial (SC).

O lodo utilizado para compor os substratos foi proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto da Prefeitura Municipal de Ilha Solteira (PMISA). Esse material é produto da digestão anaeróbia do lodo de esgoto residencial da cidade, sendo utilizado no processo de desidratação um polieletrólito catiônico adicionado à massa do lodo. O substrato comercial utilizado como testemunha Plantmax Florestal® apresenta em sua composição 55% de composto de casca de pinus, 20% de vermiculita de granulometria fina e 25% de húmus.

Foi realizada análise de metais pesados no lodo de esgoto (LE) utilizado para preparo dos substratos de acordo com a resolução RDC N°07 ⁽¹³⁾ para utilização de materiais alternativos, cujos resultados são apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1. Teores totais de arsênio, chumbo, cromo, mercúrio e selênio encontrados no lodo de esgoto, pelo método EPA (tolerâncias máximas segundo MAPA (Instrução normativa nº 7, 10 de abril de 2016 para metais pesados))**

Parâmetros	Unidade	Teores encontrados	Tolerâncias máximas
Arsênio	(mg kg ⁻¹)	4,71	20,00
Chumbo	(mg kg ⁻¹)	23,38	150,00
Cromo hexavalente	(mg kg ⁻¹)	0,58	2,00
Mercúrio	(mg kg ⁻¹)	0,32	1,00
Selênio	(mg kg ⁻¹)	1,58	80,00

Fonte: Dos autores (2022).

Após a mistura dos materiais, realizou-se a caracterização química e física dos substratos obtidos, cujos resultados são apresentados nas Tabelas 1 e 2. Para caracterização das propriedades químicas e físicas usou-se a metodologia proposta por ⁽¹⁴⁾.

Tabela 2. Atributos químicos dos substratos nos diferentes tratamentos

Tratamento	N --g kg ⁻¹ --	MO	P mg kg ⁻¹	K -----cmolc kg ⁻¹ -----	Ca	Mg	S	C/N	Na	Zn -----mg kg ⁻¹ -----	Cu	Mn	pH CaCl ₂
100% ¹ , 0% ²	5,22	62	2,46	0,14	1,42	0,23	1,41	7	0,11	812,95	204,19	172,64	6,30
80% ¹ , 20% ²	4,83	60	2,22	0,17	1,39	0,22	0,90	7	0,10	791,54	191,40	183,47	6,33
60% ¹ , 40% ²	4,89	61	2,12	0,26	1,32	0,18	1,11	7	0,11	783,11	191,73	183,24	6,38
40% ¹ , 60% ²	4,71	60	2,01	0,24	1,15	0,21	1,39	8	0,11	661,01	151,42	194,11	6,38
20% ¹ , 80% ²	4,54	59	1,79	0,25	1,26	0,19	0,69	8	0,11	723,26	171,97	215,30	6,28
100% SC	0,67	29	0,43	0,17	0,85	0,17	0,17	28	0,09	157,32	32,24	165,87	5,03

%¹ = lodo de esgoto (LE), %² = casca de arroz carbonizada (CAC); % SC = substrato comercial.

Fonte: Dos autores (2022).

Tabela 3. Atributos físicos dos substratos nos diferentes tratamentos

Tratamento	Macroporos	Microporos	Porosidade Total	Capacidade de retenção H ₂ O	Densidade aparente
	------(%)-----			(mL 50 cm ⁻³)	(g cm ⁻³)
100% ¹ , 0% ²	16,09	48,69	64,79	24,25	0,53
80% ¹ , 20% ²	21,77	44,36	67,18	22,09	0,48
60% ¹ , 40% ²	22,81	45,05	66,82	22,43	0,47
40% ¹ , 60% ²	22,85	46,79	69,64	23,30	0,44
20% ¹ , 80% ²	32,00	41,78	73,78	20,80	0,40
100% SC	20,42	53,61	74,03	26,67	0,28

%¹ = lodo de esgoto (LE), %² = casca de arroz carbonizada (CAC); % SC = substrato comercial.

Fonte: Dos autores (2022).

O experimento foi realizado em casa de vegetação, com luminosidade controlada por meio de sombrite com interceptação luminosa de 50%. As sementes utilizadas nesta pesquisa foram obtidas em área de cerrado preservada nas proximidades do rio Paraná, Ilha Solteira – São Paulo. A semeadura foi realizada com três sementes por tubete com 1,0 cm de profundidade e rega nas plântulas com auxílio de regador manual de 5 L duas vezes ao dia com finalidade de garantir umidade adequada do substrato. Inicialmente, 17 dias após a



semeadura, foi realizado a porcentagem de germinação das sementes (PG) para avaliação da qualidade dos substratos no desempenho germinativo e vigor germinativo das sementes. Após 20 dias de semeadura foi realizado desbaste, período em que as plântulas atingiram, em média, 4,5 cm de altura, deixando apenas uma plântula por tubete, a mais vigorosa e de melhor qualidade visual.

Aos 90 dias após a semeadura realizou-se análises biométricas das mudas de aroeira-preta, sendo mensuradas: altura das mudas com utilização de régua graduada; diâmetro do caule, medido com auxílio de paquímetro digital; contagem do número de folhas completas por muda, fazendo-se contagem direta; comprimento do sistema radicular, com auxílio de régua graduada; volume radicular com a utilização de proveta de 350 ml.

Depois das avaliações biométricas de parte aérea com as mudas ainda nos tubetes, estas foram retiradas dos tubetes para remoção dos substratos e lavagem do sistema radicular com finalidade de remoção dos torrões retidos nas raízes, método utilizado para início das análises do sistema radicular das mudas. As plantas foram cortadas à altura do caule, para separação da parte aérea do sistema radicular com auxílio de tesoura de poda para realização das análises de biomassa radicular e aérea. Foi realizada pesagem da parte aérea e dos sistema radicular das mudas com auxílio de balança digital para determinação de massa fresca.

Após esse processo, as raízes e partes aéreas foram levadas para estufa de circulação forçada de ar a 60 °C até atingir peso constante, para determinação da matéria seca.

Os resultados obtidos foram testados para a hipótese da normalidade pelo teste Shapiro-Wilk ⁽¹⁵⁾. Atendidas as pressuposições procedeu-se à análise de variância (ANOVA), avaliando-se o efeito dos tratamentos com diferentes substratos nas variáveis biométricas e de biomassa das mudas, e as médias, comparadas por meio do teste de Tukey a 1 e 5% de probabilidade de erro, com auxílio do Programa SISVAR ⁽¹⁶⁾.

Resultados e Discussões

De acordo com os resultados da análise físico-química dos substratos, observou-se que o lodo de esgoto apresentou teores elevados de nutrientes, com destaque para o nitrogênio (>5,2 g kg⁻¹) e fósforo (>2,4 mg kg⁻¹), enquanto a casca de arroz carbonizada

apresentou teor de potássio ($0,25 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) e manganês (215 mg kg^{-1}) mais elevado. Ambos os componentes possuem alto percentual de carbono, e os substratos com maiores quantidades de CAC apresentaram relação C/N mais alta, devido ao baixo teor de nitrogênio presente nesse componente.

Todos os tratamentos proporcionaram valores de pH dentro da faixa considerada adequada para o desenvolvimento de mudas, que é de 5,5 a 6,5 ⁽¹⁷⁾. Com relação à caracterização física dos substratos, os resultados mostraram que, à medida que se elevou a dose de lodo de esgoto na mistura, ocorreu aumento da sua densidade e, conseqüentemente, redução da macroporosidade e aumento da microporosidade do substrato, o que proporcionou maior capacidade de retenção de água ($24,25 \text{ ml } 50 \text{ cm}^{-3}$).

Já a casca de arroz carbonizada proporcionou maior macroporosidade, conseqüentemente menor capacidade de retenção de água dentre as formulações observadas, aumentando conseqüentemente a porosidade total do substrato e diminuindo a densidade.

Ao final do experimento, 90 dias após a semeadura, observou-se que nenhum dos tratamentos com uso de lodo de esgoto superou a testemunha em relação às características biométricas e de biomassa aérea. Contudo, considerando as características físico-químicas apresentadas pelos materiais, ocorreu, inicialmente, maior crescimento das mudas submetidas a formulações intermediárias, com 60% de lodo de esgoto e 40% de casca de arroz carbonizada, e menor crescimento das plantas submetidas nos tratamentos com uso de lodo de esgoto em concentrações acima de 80%, (Tabela 4).

Tabela 4. Parâmetros de crescimento: altura (ALT), diâmetro do colo (DIAM), comprimento radicular (CR), volume radicular (VR) e número de folhas inteiras (NF) de mudas de aroeira-preta crescidas sob diferentes misturas de lodo de esgoto e casca de arroz em substrato

Tratamento	ALT	DIAM	CR	VR	NF
		-----cm-----		cm ³	Unidade
100% ¹ , 0% ²	27bc	0,52a	1,90bc	0,60a	10a
80% ¹ , 20% ²	30bc	0,55a	1,93bc	0,60a	11a
60% ¹ , 40% ²	41b	0,72a	2,35ab	0,78a	13a
40% ¹ , 60% ²	39ab	0,61a	3,12b	0,73a	12a
20% ¹ , 80% ²	37ab	0,63a	3,00b	0,80a	9a
100% SC	45a	0,79a	3,58a	1,08a	15a
<i>p</i> -valor	0,010**	0,071 ^{ns}	0,010**	0,060 ^{ns}	0,063 ^{ns}
CV %	18	19	21	12	26

%¹ = lodo de esgoto (LE), %² = casca de arroz carbonizada (CAC); % SC = substrato comercial; * = Significativo a 5% de probabilidade, ** = Significativo a 1% de probabilidade; ns = não significativo; médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

Fonte: Dos autores (2022).



Esses resultados, para altura das mudas com aumento da concentração de lodo de esgoto, podem estar associados à menor quantidade de macroporos nesses tratamentos, que têm como consequência menor aeração. Estudos realizados por Caldeira ⁽⁵⁾, utilizando também a aroeira-preta, demonstraram que mudas produzidas com 100% de composto orgânico não tiveram bom desenvolvimento. Segundo Nóbrega ⁽¹⁸⁾, avaliando diferentes proporções de lodo de esgoto em mudas de aroeira, verificaram que o máximo diâmetro de colo foi obtido quando adicionados 37% do resíduo. Para altura de plantas, Nóbrega ⁽¹⁸⁾ obteve a mesma tendência observada neste trabalho, retardo da altura com doses crescentes de LE.

Um estudo realizado em um viveiro de mudas limita-se a reconhecer a qualidade destas por meio da análise de alguns parâmetros, contudo, apresenta-se como uma forma rápida e eficiente de avaliar inicialmente a interação planta-substrato para posterior uso no campo. De acordo com Gomes ⁽¹⁹⁾, a altura das mudas é considerada um dos mais importantes parâmetros para estimar sobrevivência de mudas no campo de diferentes espécies florestais. Assim, essa é a variável mais indicada para auxiliar na definição das doses de fertilizantes a serem aplicadas, objetivando a produção de mudas arbóreas de boa qualidade, inclusive da aroeira ⁽²⁰⁾. Conforme os resultados, as mudas produzidas nos diferentes substratos a base de LE e CAC apresentaram biometria em relação à altura dentro das margens esperadas para caracterização de uma boa muda de aroeira-preta, variando de 27 à 45 cm de altura (Tabela 4). Segundo Caldeira ⁽⁵⁾, a altura e das mudas plantadas no campo devem ter de 30 a 35 cm.

Os tratamentos com 100 e 80% de lodo de esgoto apresentaram menor crescimento radicular segundo a (Tabela 4), com média de 2,03 e 1,93, respectivamente, possivelmente pela maior densidade aparente apresentada por esses substratos ou menor porosidade total, uma vez que substratos com alta densidade e baixa porosidade diminuem a drenagem e, conseqüentemente, a aeração, impedindo o adequado desenvolvimento das raízes, e afetando a assimilação de nutrientes pelas mudas.

Corroborando esses resultados, Silva ⁽⁹⁾ observaram que os substratos com maior porosidade total promovem maior qualidade do sistema radicular e, por consequência, geraram mudas com maior massa seca de parte aérea e sistema radicular. Segundo Mauad ⁽²¹⁾, por apresentar menor densidade proveniente da maior porcentagem de macroporos, a casca de arroz carbonizada proporciona melhor escoamento de excesso de água e favorece o desenvolvimento do sistema radicular.



O aumento da densidade, provocado por maiores quantidades de lodo de esgoto, está, portanto, diretamente relacionado com a redução da porosidade, afetando negativamente as características físicas desejáveis do substrato, a exemplo da adequada proporção de ar e umidade após a drenagem natural. Silva ⁽²²⁾ verificaram resultados semelhantes quando utilizaram os mesmos substratos para a produção de mudas de eucalipto. As variáveis diâmetro do colo (DC), volume radicular (VR) e número de folhas (NF) não apresentaram diferença estatística entre os diferentes tratamentos com LE e CAC, a nível de 1 e 5% de probabilidade estatística, podendo o resultado ser atrelado a sensível variação entre as médias observadas, resultados semelhantes foram observadas por Silva ⁽²²⁾, no qual notou sensível variação entre os tratamentos para as variáveis diâmetro do colo, volume radicular e número de folhas em seu trabalho com húmus de minhoca e casca de arroz carbonizada como substratos para produção de mudas de alface.

Para a matéria fresca e seca radicular e da parte aérea, também foram observados resultados superiores na testemunha (Tabela 5). Em paralelo com o substrato comercial, os tratamentos com 40% de LE e 60% de CAC apresentaram maiores médias para massa fresca e seca radicular, bem como massa fresca e seca da parte aérea. Conforme argumentado por Smet ⁽²³⁾, o ganho em massa fresca da parte aérea das plantas é um processo complexo regulado pelos fatores exógenos, tais como disponibilidade de nutrientes e água, e fatores endógenos, como os hormonais, a exemplo das auxinas. Desse modo, os tratamento com alta concentração de LE (80 e 100% de LE) com baixa porosidade e alta densidade apresentaram menor ganho de massa fresca e seca da parte aérea e do sistema radicular das mudas de aroeira-preta (Tabela 5).

Tabela 5. Parâmetros de crescimento: massa fresca radicular (MFR), massa seca radicular (MSR), massa fresca aérea (MFA), massa seca aérea (MSA) e porcentagem de germinação (PG) de mudas de aroeira-preta crescidas sob diferentes misturas de lodo de esgoto e casca de arroz no substrato

Tratamento	MFR	MSR	MFA	MSA	PG
	-----g planta ⁻¹ -----				%
100% ¹ , 0% ²	5,80bc	1,52bc	19,56bc	10,58bc	85,6bc
80% ¹ , 20% ²	6,00bc	1,64bc	19,75bc	11,13bc	96,0bc
60% ¹ , 40% ²	7,95ab	1,72ab	25,19ab	12,65ab	98,0ab
40% ¹ , 60% ²	8,13b	1,89b	28,16b	13,17b	98,0ab
20% ¹ , 80% ²	7,76ab	1,71ab	20,14ab	11,28ab	99,0b
100% SC	9,12a	2,13a	32,15a	15,01a	100,0a
<i>p-valor</i>	0,010**	0,021**	0,043*	0,010**	0,042*
CV %	18	19	26	21	25

%¹ = lodo de esgoto (LE), %² = casca de arroz carbonizada (CAC); % SC = substrato comercial; * = Significativo a 5% de probabilidade, ** = Significativo a 1% de probabilidade; ns = não significativo; médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P>0,05).



De acordo com a porcentagem de germinação das mudas (PG), o tratamento contendo 100% de lodo de esgoto apresentou barreira para germinação das mudas, com média de 85,6%, (Tabela 5). Resultado pode está atrelado novamente à alta densidade do substrato com lodo de esgoto e baixa macroporosidade, podendo ter contribuído para inibição da germinação das sementes de aroeira-preta, em contraponto, o tratamento com alta concentração de CAC (80%) apresentou a segunda maior média para porcentagem de germinação, resultado atrelado a alta porosidade do substrato, ajudando na germinação das sementes (Tabela 5).

Os resultados encontrados por Cabreira ⁽⁶⁾, observam que a produção de mudas usando como substrato o lodo de esgoto em mistura com CAC é viável em espécies florestais de rápido crescimento. Em geral, altas doses de lodo de esgoto prejudicaram a formação das mudas. Ainda segundo Cabreira ⁽⁶⁾, as proporções de lodo de esgoto no substrato devem ser de 40 a 60% em média, em mistura com casca de arroz carbonizada. Resultados semelhantes foram obtidos por Bonnet ⁽²⁴⁾, que recomendou o uso de 40 a 60% de lodo compostado em mistura com substrato comercial para produção de mudas de aroeira-pimenteira.

Considerações Finais

O uso de lodo de esgoto e casca de arroz carbonizada na composição de substratos para produção de mudas, é alternativa viável para a uso e reaproveitamento de resíduos orgânicos na agricultura, mesmo com resultados inferiores a testemunha com substrato comercial, uma vez que amplamente disponível na região.

Recomenda-se o uso de LE e CAC nas proporção equivalente a 40% de lodo de esgoto e 60% de casca de arroz carbonizada para a produção de mudas de *Myracrodruon urundeuva* Freire Allemão por apresentar maiores médias biométricas para maioria das variáveis analisadas.

Referências

1. Coradin L, Camillo J, Pareyn FGC. (Ed.). Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro: região Nordeste. Brasília, DF: MMA, 2018. (Série Biodiversidade; 51).



2. Bessa NGF et al. Prospecção fitoquímica preliminar de plantas nativas do cerrado de uso popular medicinal pela comunidade rural do assentamento vale verde - Tocantins. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*. 2013; 15: 692–707.
3. Roweder CSNM, Silva JB. Produção de mudas de mogno sob diferentes substratos e níveis de luminosidade. *Journal of Bioenergy and food science*. 2015; 2(3): 93-100.
4. Portela RCQ, Silva IL, Pinã-Rodrigues FCM. Crescimento inicial de mudas de *Clitoria fairchildiana* Howard e *Peltophorum dubium* (Spreng) Taub em diferentes condições de sombreamento. *Ciência Florestal*, Santa Maria. 2001; 11(2): 163-170.
5. Caldeira MVW et al. Lodo de esgoto e vermiculita na produção de mudas de eucalipto. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia. 2013; 43(2): 155-163.
6. Cabreira GV et al. Biossólido como componente de substrato para produção de mudas florestais. *Floresta*. 2017; 47(2): 165-176.
7. Souza MM et al. Uso do lodo de esgoto na produção de agregados leves: uma revisão sistemática de literatura. *Revista Matéria*. 2020; 25(1): 12596.
8. Abreu AHM et al. Caracterização e potencial de substratos formulados com biossólido na produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* e *Handroanthus heptaphyllus*. *Ciência Florestal*, Santa Maria. 2017; 1179-1190.
9. Silva, JE, Resk DVS, Sharma, RD. Alternativa agrônômica para o biossólido: a experiência de Brasília. In: Bettioli, W.; Camargo, O. A. (ed.). *Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto*. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. 2000, 6(1): 312.
10. Dutra JG et al. Fruit production and quality of mini-watermelon with different number of stems, in troughs cultivation system and substrate reuse. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*. 2021; 42(2): 471-486.
11. Zorzeto TQ et al. Substratos de fibra de coco granulada e casca de arroz para a produção do morangueiro 'Oso Grande'. *Bragantia*. 2016; 75: 222-229.
12. Alvares C, Stape JL et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, Stuttgart. 2013; 22(6), 711-728.
13. Brasil - Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. Regulamentos. Brasília, DF: MAPA, 2016. Disponível em <<https://www.gov.br/pt-br/orgaos/ministerio-da-agricultura-pecuaria-e-abastecimento>>. Acesso em: 05/02/2023.
14. Raj BV et al. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas. 2001; 212.
15. Shapiro SS, Wilk MB. Analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, Oxford. 1996; 52: 591-611.



16. Ferreira DF. SISVAR: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. *Revista Brasileira de Biometria*, Lavras. 2019; 37(4), 529-535.
17. Ciavatta SF, Silva MR, Simões D. Fertirrigação na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* nos períodos de inverno e verão. 2014; 20: 217-222.
18. Nóbrega RSA et al. Utilização de biossólido no crescimento inicial de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi). *Revista Árvore*. 2007; 31(2): 239-246.
19. Gomes JM et al. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. *Revista Árvore*. 2002; 26(6): 655-664.
20. José AC, Davide AC, Oliveira SL. Produção de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) para recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita. *Cerne*. 2005; 11(2): 187-196.
21. Mauad M et al. Enraizamento de estacas de azaléia tratadas com concentrações de ANA em diferentes substratos. *Ciência e Agrotecnologia*. 2004; 28(4): 771-777.
22. Silva RBG, Simões D, Silva MR. Qualidade de mudas clonais de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* em função do substrato. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 2012; 16(3): 297-302.
23. Smet I et al. Lateral root initiation or the birth of a new meristema. *Plant Molecular Biology*, Yokohama. 2006; 60(6): 871-887.
24. Bonnet BRP et al. Effects of substracts composed of biosolids on the production of *Eucalyptus viminalis*, *Schinus terebinthifolius* and *Mimosa scabrella* seedlings and on the nutritional status of *Schinus terebinthifolius* seedlings. *Water Science and Technology*. 2002; 46(10): 239-246.



10.31072/rcf.v14i1.1275

Este é um trabalho de acesso aberto e distribuído sob os Termos da *Creative Commons Attribution License*. A licença permite o uso, a distribuição e a reprodução irrestrita, em qualquer meio, desde que creditado as fontes originais.



Open Access