



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO E COMUNICAÇÕES – MCTIC
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA DA AMAZÔNIA – INPA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA NO TRÓPICO ÚMIDO – PPG-ATU

EFEITO RESIDUAL DA ADUBAÇÃO ORGÂNICA E MINERAL NO
ESTABELECIMENTO DE MUDAS DE PAU ROSA

THIAGO DO PRADO SOTERO

Manaus, Amazonas

2023

THIAGO DO PRADO SOTERO

**EFEITO RESIDUAL DA ADUBAÇÃO ORGÂNICA E MINERAL NO
ESTABELECIMENTO DE MUDAS DE PAU ROSA**

Orientador: Dr. Newton Paulo de Souza Falcão.

Coorientadora: Dra. Danielle Monteiro de Oliveira.

Dissertação apresentada ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia-INPA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias: Agronomia, com Área de concentração em Agricultura no Trópico Úmido.

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA NO TRÓPICO ÚMIDO

Folha de Aprovação

Banca Julgadora, abaixo assinada, **aprova** a Dissertação de Mestrado:

Título: Efeito residual da adubação orgânica e mineral no estabelecimento de mudas de Pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke)

Autor: Thiago do Prado Sotero

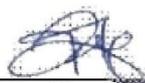
Banca Julgadora:



Dra. Sonia Sena Alfaia (INPA)
(Membro titular)



Dr. Luiz Kleber Carvalho de Souza (UFAM)
(Membro titular)



Dra. Raquel da Silva Medeiros (INPA)
(Membro titular)

Manaus (AM), 25 de outubro de 2022.

Catálogo na Publicação (CIP-Brasil)

S717e Sotero, Thiago do Prado

Efeito residual da adubação orgânica e mineral no estabelecimento de mudas de pau rosa. / Thiago do Prado Sotero; orientador Newton Paulo de Souza Falcão; coorientadora Danielle Monteiro de Oliveira. - Manaus : [s.l.], 2025.

792 kb

33 p. : il. color.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Agricultura em Trópico Úmido) - Coordenação do Programa de Pós-Graduação, INPA, 2022.

1. Aniba rosaeodora. 2. Produção de mudas. 3. Química do solo. I. Falcão, Newton Paulo de Souza. II. Oliveira, Danielle Monteiro de. III. Título.

CDD 583.23

Aos meus antepassados ribeirinhos e seringueiros que resistiram como guerreiros as dificuldades da vida e do ambiente, e hoje estou aqui, com muito orgulho, levando comigo dentro de minhas veias esse sangue de luta e resistência.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A minha família pelo amor incondicional, apoio emocional e financeiro durante o desenvolvimento do presente trabalho.

A Leiliane Alves, por ter concedido abrigo durante os duros anos de mestrado e da pandemia de COVID-19.

Aos docentes e servidores do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia pelos conhecimentos e ensinamentos, em especial ao professor Dr. Rogério Eiji Hanada e a Dra. Sonia Alfaia.

Ao meu orientador Dr. Newton Paulo de Souza Falcão pela orientação, amizade e contribuição com a minha formação profissional.

A equipe do Grupo Terra Preta Nova da Amazônia Central (GTPN), são Danielle Monteiro, Heitor Marcel e Luiz Dias.

Aos técnicos do Laboratório Temático de Solos e Plantas, Erison Gomes, Gabriela Carvalho, Jonas Moraes, José Edivaldo Chaves, Laura Oliveira, Mozanei Porfirio da Trindade e Roberta Silva.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia e ao Programa de Pós-graduação em Agricultura no Trópico Úmido pela oportunidade da realização do curso de Mestrado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudo.

Ao professor Paulo Tardo por ter cedido as mudas e a empresa Mil Madeireira Preciosas LTDA, pela disponibilização do resíduo da combustão.

Muito obrigado!

SUMÁRIO

1-INTRODUÇÃO GERAL	13
2- OBJETIVOS	15
2.1-OBJETIVO GERAL	15
2.2-OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
EFEITO RESIDUAL DA ADUBAÇÃO ORGÂNICA E MINERAL NO	16
ESTABELECIMENTO DE MUDAS DE PAU ROSA (<i>Aniba rosaeodora</i> Ducke)	16
Resumo	16
Abstract	16
INTRODUÇÃO	18
MATERIAL E MÉTODOS	19
Área de estudo	19
Coleta e caracterização das amostras de solo	19
Substratos utilizados	19
Análise das variáveis	21
Método laboratorial	21
Análise estatística	22
RESULTADOS	22
Acidez do solo, Al, Ca, Mg e K trocáveis, P disponível e N total	22
Micronutrientes	24
Biometria	24
DISCUSSÃO	27
Acidez do solo, Al, Ca, Mg e K trocáveis, P disponível e N total	27
Micronutrientes	28
Biometria	28
CONCLUSÕES	30
REFERÊNCIAS	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Parâmetros químicos do biocarvão e cama de frango utilizados como substratos nos tratamentos.	20
Tabela 2. Formulações das adubações minerais e orgânicas utilizadas na composição dos tratamentos, Manaus, AM.	20
Tabela 3. Valores médios do pH (H ₂ O) e teores de alumínio (Al), cálcio (Ca), magnésio (Mg), e potássio (K) trocáveis, fósforo (P) disponível e nitrogênio (N) total, antes (T0) e após cultivo (T1) de mudas de pau-rosa (<i>Aniba rosaeodora</i>) submetidas a diferentes tipos de substrato em Latossolo Amarelo distrófico, típico da região de Manaus, AM.	23
Tabela 4. Valores médios de zinco (Zn), manganês (Mn) e ferro (Fe) antes (T0) e após cultivo (T1) de mudas de pau-rosa (<i>Aniba rosaeodora</i>) submetidas a diferentes tipos de adubação em Latossolo Amarelo distrófico típico da região de Manaus, AM.	24
Tabela 5. Variáveis biométricas H da espécie <i>A. rosaeodora</i> , de 0 a 180 dias do transplântio sob diferentes substratos.	25
Tabela 6. Variáveis biométricas, CRP, MSPA e MSR, da espécie <i>A. rosaeodora</i> após 180 dias do transplântio sob diferentes substratos.	25
Tabela 7. Variável biométrica DC da espécie <i>A. rosaeodora</i> , de 0 a 180 dias do transplântio sob diferentes substratos.	26
Tabela 8. Variável biométrica NF da espécie <i>A. rosaeodora</i> , de 0 a 180 dias do transplântio sob diferentes substratos.	26

RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito residual de adubação em um segundo cultivo na formulação de substratos no desenvolvimento de mudas da espécie pau rosa (*A. rosaeodora*), bem como analisar as propriedades químicas dos componentes dos substratos. O estudo foi desenvolvido em casa de vegetação em um delineamento inteiramente casualizado com 8 tratamentos e 10 repetições. Foram avaliadas as variáveis biométricas a cada 30 dias durante 180 dias e os atributos químicos do solo no fim do experimento. Os resultados mostraram que, nas propriedades químicas, no tempo inicial e final, as combinações de cama de frango + biocarvão e cama de frango + biocarvão + NPK, foram as que apresentaram melhores resultados. Nos resultados, as combinações cama de frango + biocarvão, evidenciaram a maior reposição para N e K, enquanto a combinação cama de frango + biocarvão + NPK, evidenciaram maior reposição de Ca, Mg e P. Dentre as características biométricas avaliadas, as variáveis altura da planta e matéria seca da parte aérea apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos, onde as mudas do tratamento T8 (cama de frango + biocarvão e cama de frango + NPK) apresentaram maior crescimento em relação as mudas do tratamento T1 (sem adubação). Quanto a ausência de resposta para os demais parâmetros biométricos avaliados, pode estar associada com o fato de a espécie *Aniba rosaeodora* ser uma planta nativa da Amazônia adaptada as condições de solo pobre da região, além de não possuir característica definidas devido a grande variabilidade genética da espécie.

Palavras-chave: *Aniba rosaeodora*; produção de mudas; efeito de substratos; química do solo.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the residual effect of fertilization in a second crop in the formulation of substrates in the development of *A. rosaeodora* seedlings, as well as to analyze the chemical properties of the components of the substrates. The study was carried out in a greenhouse in a completely randomized design with 8 treatments and 10 replications. Biometric variables were evaluated every 30 days for 180 days and soil chemical attributes at the end of the experiment. The results showed that, in the chemical properties, in the initial and final time, the combinations of chicken litter + biochar and chicken litter + biochar + NPK, were the ones that presented the best results. In the results, the combinations of chicken litter + biochar, showed the highest replacement for N and K, while the combination of chicken litter + biochar + NPK, showed greater replacement of Ca, Mg and P. Among the biometric characteristics evaluated, the variables height of plant and shoot dry matter showed significant differences between treatments, where seedlings from T8 (poultry litter + biochar and chicken litter + NPK) showed greater growth compared to seedlings from T1 (without fertilization). As for the lack of response for the other biometric parameters evaluated, it may be associated with the fact that the species *Aniba rosaeodora* is a native plant from the Amazon, adapted to the poor soil conditions of the region, in addition to not having defined characteristics, due to the great genetic variability of the species.

Keywords: *Aniba rosaeodora*; seedling production; substrate effect; seedling growth; soil chemistry.

1-INTRODUÇÃO GERAL

Segundo a União Internacional de Conservação da Natureza (IUCN), a Amazônia brasileira abriga mais de 3 milhões de km² de áreas florestais (IUCN, 2021), sendo boa parte ocupada por matas de terra firme. Apesar de muitos estudos afirmarem que a rica cobertura vegetativa perene fosse decorrente do solo fértil amazônico, alguns pesquisadores destacam que, algumas espécies florestais só se desenvolveram nesses tipos de solos por conta dos nutrientes localizados na superfície dos mesmos, que por sua vez, acontece em um ciclo fechado, descrevendo a maioria dos solos amazônicos como “pobres”, no sentido químico (Sombroek 1966). Por isso, entender a composição química e biológica da matéria orgânica do solo, é fundamental para que se possa avaliar de forma mais eficiente suas propriedades físicas e químicas, os quais refletem no desenvolvimento das espécies vegetais adaptadas a este tipo de solo (Tadini *et. al.*, 2018).

Para algumas espécies florestais nativas da Amazônia, há dados robustos e consistentes para adubação quanto a resposta da fertilidade do solo na nutrição e crescimento das mudas, e muitas dessas espécies hoje, são consideradas cultivares agrícolas consolidadas, como é o caso do cacau (*Theobroma cacao*) que faz parte de um dos pacotes tecnológicos disponível na literatura, servindo de exemplo quando relacionado ao principal nutriente limitante para a produção de frutos nos Latossolos da região, que é o fósforo, que quando aplicado em forma de adubo, há um incremento na produção e no peso da planta de até 44,3% (Morais, 1998; Wessel, 1971). Outra espécie é a seringueira (*Hevea brasiliensis*), onde foi observado que com a adição de matéria orgânica na produção de mudas, a espécie apresentou resposta significativa quanto a altura, crescimento no diâmetro e crescimento do caule durante o estudo (Costa e Prudencio, 2016), no qual também teve destaque no crescimento e na massa seca nas mudas para a mesma espécie quando utilizado o substrato comercial e a matéria orgânica, sendo uma delas, o esterco bovino (Miranda *et al.*, 2018).

Diante dessas informações, a Amazônia possui algumas outras espécies nativas que apresentam alto potencial econômico, como a espécie *Aniba rosaeodora* Ducke, conhecida popularmente como pau-rosa, pertencente à família Lauraceae, e intensamente explorada principalmente entre as décadas de 1960 e 1980. Essa espécie possui alta demanda e alcança preços elevados no mercado nacional e internacional, devido ao seu óleo essencial muito utilizado como componente de perfumes finos na indústria de cosméticos, além de interesse na indústria farmacêutica por suas atividades terapêuticas, (KRAINOVIC *et al.*, 2017). Devido ao

intenso processo extrativista, as populações naturais de pau-rosa foram praticamente dizimadas na floresta amazônica, resistindo apenas um pequeno número de indivíduos remanescentes, principalmente em reservas florestais (COTIM; COTIM, 2018). Nesse contexto, a implantação de uma produção eficiente de mudas que promova o pau-rosa como alternativa viável para programas de reflorestamento, se torna necessário. O sucesso dos plantios florestais, está diretamente relacionado com a qualidade das mudas produzidas, o qual depende por exemplo, do substrato utilizado, pois tem a função de dar sustentação para a planta, além de fornecer água, nutrientes e oxigênio durante o período de produção das mudas (WENDLING; GATTO, 2012). A busca por alternativas sustentáveis, a reutilização de resíduos na formulação de substratos tem sido alvo de estudos que visam o reaproveitamento dos nutrientes contidos nesses materiais e na redução nos custos de produção (ARAÚJO *et al.*, 2017). Pois tendo em vista a existência de diversos tipos de resíduos, esse assunto se torna ainda mais complexo devido às diversas possibilidades de combinações (Toledo *et al.* 2015). Dentre as alternativas de condicionadores e adubos, uma das opções é o uso do biocarvão, que nada mais é que o resultado do processo de carbonização da biomassa vegetal e animal com baixos teores de nutrientes (Smebye, 2016). Tendo como outra opção, a cama de frango, material composto pela mistura de substrato utilizado na forração de pisos de galpões para a proteção de animais, que ao passar dos lotes de frangos, são acumulados fezes, penas e restos de ração no local (BLUM *et al.*, 2003).

O solo a ser utilizado no substrato pode ser o Latossolo e o Argissolo, pois apresentam volume significativo e uma maior distribuição dentre as demais classes de solos da Amazônia (Santos *et al.*, 2011). Principalmente o Latossolo, utilizado no presente experimento, apresentando um pH entre 4,0 e 5,5, com baixa saturação de bases e baixo teor de fósforo disponível, assim como a elevada saturação de alumínio, apresentando 95% do considerado distrófico (EMBRAPA, 2013).

Admitindo-se a importância do substrato na produção de mudas de espécies florestais, levanta-se a hipótese de que o biocarvão quando associado a outros substratos, pode promover maior crescimento e melhor desenvolvimento da espécie *A. rosaeodora* em ensaios em vasos. Portanto, o presente estudo teve como objetivo, avaliar o efeito residual de adubação em um segundo cultivo na formulação de substratos no desenvolvimento de mudas da espécie pau-rosa (*A. rosaeodora*), bem como analisar as propriedades químicas e físicas dos componentes dos substratos.

2- OBJETIVOS

2.1-OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito residual da adubação orgânica e mineral sobre as propriedades químicas do solo enriquecido com biocarvão em um segundo cultivo, e o seu efeito no desenvolvimento de mudas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora*).

2.2-OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Avaliar o efeito residual dos tratamentos na fertilidade do solo;
2. Analisar a disponibilidade de micro e macronutrientes no solo;
3. Comparar o desempenho das mudas da espécie *A. rosaeodora* quanto ao crescimento e relacionando com a fertilidade do solo.

EFEITO RESIDUAL DA ADUBAÇÃO ORGÂNICA E MINERAL NO ESTABELECIMENTO DE MUDAS DE PAU ROSA (*Aniba rosaeodora* Ducke)

Thiago do Prado Sotero¹, Newton Paulo de Souza Falcão², Daniella Oliveira Damasceno³

¹Engenheiro Agrônomo, Me., Pesquisador Autônomo. Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia Manaus (AM), Brasil. thiagodoprado@gmail.com

²Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor do Programa de Pós-Graduação em Agricultura no Trópico Úmido, Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia Manaus (AM), Brasil. nfalcao@inpa.gov.br

³Bióloga, Dra., Professor do Programa de Pós-Graduação em Agricultura no Trópico Úmido, Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia Manaus (AM), Brasil. dmoliveira.am@gmail.com

Resumo

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito residual de adubação em um segundo cultivo na formulação de substratos no desenvolvimento de mudas de *A. rosaeodora*, bem como analisar as propriedades químicas dos componentes dos substratos. O estudo foi desenvolvido em casa de vegetação em um delineamento inteiramente casualizado com 8 tratamentos e 10 repetições. Foram avaliadas as variáveis biométricas a cada 30 dias durante 180 dias e os atributos químicos do solo no fim do experimento. Os resultados mostraram que, nas propriedades químicas, no tempo inicial e final, as combinações de cama de frango + biocarvão e cama de frango + biocarvão + NPK, foram os que apresentaram melhores resultados. Nos resultados, as combinações cama de frango + biocarvão, evidenciaram a maior reposição para N e K, enquanto a combinação cama de frango + biocarvão + NPK, evidenciaram maior reposição de Ca, Mg e P. Dentre as características biométricas avaliadas as variáveis altura de planta e matéria seca da parte aérea apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos, onde as mudas do T8 (cama de frango + biocarvão e cama de frango + NPK) apresentaram um maior crescimento em relação as mudas do T1 (sem adubação). Quanto a ausência de resposta para os demais parâmetros biométricos avaliados, pode estar associada com o fato de a espécie *Aniba rosaeodora* ser uma planta nativa da Amazônia, adaptada as condições de solo pobre da região, além de não possuir característica definidas, devido a grande variabilidade genética da espécie.

Palavras-chave: *Aniba rosaeodora*; produção de mudas; efeito de substratos; química do solo.

Abstract

The objective of this work was to evaluate the residual effect of fertilization in a second crop in the formulation of substrates in the development of *A. rosaeodora* seedlings, as well as to analyze the chemical properties of the components of the substrates. The study was carried out in a greenhouse in a completely randomized design with 8 treatments and 10 replications. Biometric variables were evaluated every 30 days for 180 days and soil chemical attributes at the end of the experiment. The results showed that, in the chemical properties, in the initial and final time, the combinations of chicken litter + biochar and chicken litter + biochar + NPK, were the ones that presented the best results. In the results, the combinations of chicken litter + biochar, showed the highest replacement for N and K, while the combination of chicken litter + biochar + NPK, showed greater replacement of Ca, Mg and P. Among the biometric characteristics evaluated, the variables height of plant and shoot dry matter showed significant differences between treatments, where seedlings from T8 (poultry litter +

biochar and chicken litter + NPK) showed greater growth compared to seedlings from T1 (without fertilization). As for the lack of response for the other biometric parameters evaluated, it may be associated with the fact that the species *Aniba rosaeodora* is a native plant from the Amazon, adapted to the poor soil conditions of the region, in addition to not having defined characteristics, due to the great genetic variability of the species.

Keywords: *Aniba rosaeodora*; seedling production; substrate effect; seedling growth; soil chemistry.

INTRODUÇÃO

A espécie *Aniba rosaeodora* Ducke, conhecida popularmente como pau-rosa, pertence à família Lauraceae, onde foi intensamente explorada principalmente entre as décadas de 1960 e 1980. Possui alta demanda e alcança preços elevados no mercado nacional e internacional devido ao seu óleo essencial que é utilizado como componente de perfumes finos na indústria de cosméticos, além de interesse na indústria farmacêutica por suas atividades terapêuticas, (Krainovic *et al.*, 2017). Devido ao intenso processo extrativista, as populações naturais dessa espécie, foram praticamente dizimadas na floresta amazônica, resistindo apenas um pequeno número de indivíduos remanescentes, principalmente em reservas florestais (Cotim; Cotim, 2018).

Para tanto, se torna necessário a implantação de uma produção eficiente de mudas, que promova o pau-rosa como alternativa viável para programas de reflorestamento. Pois o sucesso dos plantios florestais, está diretamente relacionado com a qualidade das mudas produzidas, o qual depende por exemplo, do substrato utilizado, pois este tem a função de dar sustentação à planta, além de fornecer água, nutrientes e oxigênio durante o período de produção das mudas (Wendling; Gatto, 2012).

Na busca por alternativas sustentáveis, a reutilização de resíduos na formação de substratos, tem sido alvo de estudos que visam o reaproveitamento dos nutrientes contidos nesses materiais, e conseqüentemente a redução nos custos de produção (Araújo *et al.*, 2017). Pois, tendo em vista a existência de diversos tipos de resíduos, este assunto se torna ainda mais complexo, devido às diversas possibilidades de combinações (Toledo *et al.* 2015). Dentre as alternativas de condicionadores e adubos, uma das opções é o uso do biocarvão, que nada mais é que o resultado do processo de carbonização da biomassa vegetal e animal. Tendo como outra opção, a cama de frango, que é um material composto pela mistura de substrato utilizado na forração de pisos de galpões para a proteção de animais, que ao passar dos lotes de frangos, ficam constituídos por fezes, penas e restos de ração (Blum *et al.*, 2003).

Admitindo-se a importância do substrato na produção de mudas de espécies florestais, levanta-se a hipótese de que o biocarvão associado a outros substratos, promove maior crescimento e melhor desenvolvimento da espécie *A. rosaeodora* em ensaios em vaso. Nesse sentido, o presente estudo teve como objetivo, avaliar o efeito residual de adubação na produção de mudas de *A. rosaeodora*, a partir de um segundo cultivo, assim como analisar as propriedades químicas dos substratos utilizados.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O experimento foi conduzido em casa de vegetação nas dependências do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), no município de Manaus – AM, localizado nas coordenadas geográficas 3° 5' 29" S e 59° 59' 37" W. De acordo com a classificação de Köppen-Geiger, o clima do município é “Af”, quente e úmido, com temperatura média anual variando de 24 a 26 °C e precipitação média anual de 2.000 a 3.000 mm (Alvares *et al.*, 2013). A região também é caracterizada por apresentar altos valores de umidade relativa do ar (próxima a 80 %), devido à extensa e densa vegetação, e altos índices pluviométricos durante todo o ano (Santos *et al.*, 2015).

Coleta e caracterização das amostras de solo

O substrato residual utilizado no experimento, foi oriundo do trabalho de Sprey (2020), que inicialmente utilizou esse mesmo substrato para fins de adubação de mudas de café. O solo foi coletado em área de floresta, nas dependências da Estação Experimental de Fruticultura Tropical – EEFT/INPA, sendo classificado como Latossolo Amarelo distrófico (Santos *et al.*, 2013). O solo foi coletado com uma profundidade de 20-40 cm, onde não apresenta influência do perfil orgânico.

Para processamento da análise química, o solo coletado foi desidratado em área coberta ao ar livre, passado em peneira de 2 mm para processamento das análises químicas no Laboratório Temático de Solos e Plantas (LTSP) do INPA. Para a utilização do substrato, o solo coletado e seco, foi passado em peneira de 4 mm e enriquecido com fontes de minerais e orgânicas, ou não, conforme combinações dos tratamentos, onde 20 kg desse substrato, foi adicionado em vasos de 25 L em cada unidade experimental.

Substratos utilizados

O biocarvão utilizado foi obtido na termoelétrica BK Energia, localizada no município de Itacoatiara (3°3'22"S e 58°43'46"O) no estado do Amazonas. O biocarvão foi gerado a partir da combustão da biomassa residual do processo de beneficiamento das toras de madeira da empresa Mil Madeireira Itacoatiara Ltda, como combustível nas caldeiras para conversão do calor da queima em vapor de água para a geração de energia elétrica com temperaturas que podem alcançar até 750 °C. A cama de frango utilizada nesse experimento, foi obtida na Granja Ovos São Pedro, situada no município de Manaus, no estado do Amazonas. A empresa tem como prioridade a produção de ovos, de frango e de carne, sendo a cama de frango um subproduto da cadeia produtiva.

A Tabela 1, apresenta as propriedades químicas do biocarvão e da cama de frango utilizadas no presente estudo, de acordo com a metodologia padronizada para análise de material orgânico (EMBRAPA, 1999).

Tabela 1. Parâmetros químicos do biocarvão e cama de frango utilizados como substratos nos tratamentos.

Table 1. Chemical parameters of biochar and poultry litter used as substrate in treatments.

Materiais	pH	N	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	Fe ²⁺	Zn ²⁺	Mn ²⁺	Cinzas
	(H ₂ O)	-----			g kg ⁻¹	-----			-----	mg kg ⁻¹	-----
Biocarvão	8,6	2,2	1,0	0,1	27	7,1	0	853	13	250	32
Cama de frango	10,1	19,6	15,0	44,0	202	9,6	0	396	689	671	48

Legenda: pH (H₂O) = potencial de hidrogênio, N= nitrogênio total, Al = alumínio, Ca = cálcio, Mg = magnésio, K = potássio trocável, P = fósforo disponível, N = nitrogênio total, Zn = zinco, Mn = manganês e Fe = ferro.

A adubação mineral utilizada no experimento, foram: ureia, superfosfato triplo, cloreto de potássio e micronutrientes FTE-BR 12. Esses produtos foram adquiridos no comercio local e são comumente utilizados na produção agrícola regional para correção da fertilidade de solos. Os parâmetros químicos dos macronutrientes da adubação mineral foram: ureia 45% de N, superfosfato triplo 45% de P₂O₅, cloreto de potássio 60% de K₂O e; para os micronutrientes: 9% de Zn, 1,8% de B, 0,8% de Cu, 2,1% de Mn e 0,1% de Mo.

Tabela 2. Formulações das adubações minerais e orgânicas utilizadas na composição dos tratamentos, Manaus, AM.

Table 2. Formulations of mineral and organic fertilizers used in the composition of treatments, Manaus, AM.

Tratamentos	Composição	Biocarvão	Cama de frango	N	P	K	Micronutrientes
		----- g/vaso -----					
T1	AS	-	-	-	-	-	0,2
T2	C	-	75	-	-	-	0,2
T3	B	150	-	-	-	-	0,2
T4	NPK	-	-	9	4,25	2,21	0,2
T5	C+B	150	75	-	-	-	0,2
T6	C+NPK	-	75	9	4,25	2,21	0,2
T7	B+NPK	150	-	9	4,25	2,21	0,2
T8	C+B+NPK	150	75	9	4,25	2,21	0,2

Legenda: AS, sem adubação; C, cama de frango; B, biocarvão; N, NPK.

Produção de mudas e delineamento experimental

As sementes de *Aniba rosaeodora*, foram adquiridas pelo Laboratório de Silvicultura do INPA, oriundas de matrizes da Reserva Florestal Adolpho Ducke, localizada no município de Manaus. Para a produção de mudas, as sementes da espécie foram colocadas para germinar em bandejas contendo areia autoclavada no viveiro florestal do campus V8 do INPA. Após quatro meses, as mudas foram transportadas para o local do experimento para aclimação durante 15 dias, mantendo-se os cuidados com a irrigação e luminosidade do local.

Após o período de aclimação da espécie no viveiro, foram selecionadas 80 mudas das mais desenvolvidas, padronizadas pela altura e número de folhas. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado

(DIC), sendo a espécie estudada *A. rosaeodora* com oito tratamentos e 10 repetições (uma planta/vaso) (Tabela 2), totalizando 80 unidades experimentais, no experimento foi utilizada a adubação orgânica e mineral Sprey (2020), combinados ou não com biocarvão. Cada unidade experimental consistiu em um vaso plástico com capacidade para 20 kg.

Análise das variáveis

Após transplântio das mudas para os diferentes substratos de acordo com os respectivos tratamentos, o início das avaliações biométricas ocorreu após 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias. As plantas foram avaliadas quanto a sua altura (AP), diâmetro do caule (DP) e número de folhas (NF). A altura das plantas foi medida com o auxílio de uma régua graduada em centímetros (cm), onde as plantas foram mensuradas desde a superfície do substrato até a gema apical da planta. O diâmetro do colo foi medido a partir de 3 cm do nível do substrato, utilizando paquímetro digital com precisão de 0,01 mm. Para a determinação do número de folhas, foram contadas todas as folhas formadas desde a base até o ápice da planta.

Após os 180 dias, os vasos contendo as mudas, foram destorroados com bastante zelo, com o intuito de preservar ao máximo a raiz, posteriormente foi feita a lavagem das mudas em água corrente e secadas à sombra para em seguida, serem medidas o comprimento da raiz principal (CRP) com o auxílio de régua graduada em cm. O material vegetal foi submetido à secagem em estufa a 65 °C com circulação de ar forçada até atingir peso constante e depois pesado em balança digital de precisão. O peso em gramas da matéria seca foliar (MSF) e matéria seca caulinar (MSC) foram utilizados para determinação do peso da matéria seca da parte aérea (MSPA = MSF + MSC).

Método laboratorial

Para as análises químicas do solo, foram coletadas 5 amostras simples em cada unidade experimental para formar uma amostra composta em função dos tratamentos. As coletas de solos nas profundidades de 0-20 cm, foram realizadas com o auxílio de uma pá de jardinagem, onde posteriormente o material coletado foi ensacado, identificado e postos sobre uma bancada em meio a sombra para secar em ar livre, estes foram macerados com o auxílio de um cadinho e morteiro de porcelana, e finalizados em peneira com malha de 2 mm até a obtenção do material fino e seco (TFSA). Para a extração, as amostras foram levadas para análise de caracterização química no Laboratório Temático de Solos e Plantas (LTSP) do INPA.

O pH do solo foi determinado com 1:2,5 de H₂O, extraído com 10 g de material, onde foi agitado em 25 mL de H₂O durante 1 hora com o auxílio de um agitador circular. O pH_{KCl} foi determinado por meio de eletrodo imerso em suspensão da solução solo:KCl1M. A acidez potencial (H+Al) foi extraída por acetato de cálcio Ca(C₂H₃O₂)₂ 0,5 mol L⁻¹ e determinado por titulometria com hidróxido de sódio NaOH 0,025 mol L⁻¹. O alumínio trocável (Al⁺³), o cálcio (Ca⁺²) e o magnésio (Mg⁺²) foram extraídos por meio de solução de cloreto de potássio (KCl) 1 mol L⁻¹, sendo o Al⁺³ determinado por titulometria com NaOH, e o Ca e Mg determinados por espectrofotometria de absorção atômica. O fósforo (P), o potássio (K) e os micronutrientes Fe, Zn e Mn foram extraídos com solução Mehlich 1 (HCl 0,05 M + H₂SO₄ 0,0125 M), e o P por espectrofotometria (λ=660 nm), assim como o K, Fe, Zn, Mn e Cu por espectrofotometria de absorção atômica, já o nitrogênio (N) total foi determinado pelo método de Kjeldahl (EMBRAPA, 1999).

As análises químicas do material vegetal foram comprometidas por conta da falta de reagentes (ácido perclórico e nítrico especificamente) que para adquiri-los, passa por etapas burocráticas, uma vez que o Exército brasileiro é o principal responsável para analisar e liberar para compra determinados reagentes como os citados. E quando foi iniciada as atividades de laboratório, ainda não havia sido concluído o processo de registro da instituição junto ao órgão regulador.

Análise estatística

Os dados foram tabulados em planilhas e submetidos a análise de variância (ANOVA) a 5% de probabilidade de erro pelo software R 3.6.3. A hipótese da normalidade foi testada pelo teste de Shapiro-Wilk, pela ANOVA sendo aplicado por meio do teste Tukey para comparação das médias.

RESULTADOS

Acidez do solo, Al, Ca, Mg e K trocáveis, P disponível e N total

A caracterização inicial do solo evidenciou a acidez em todos os tratamentos, antes e após o cultivo das mudas da espécie *A. rosaeodora*, com exceção do tratamento T5 (cama de frango e biocarvão), que atingiu um pH de 6,4 e se diferenciando significativamente dos demais tratamentos no tempo T0 (Tabela 4). De forma geral, observa-se, que no final do experimento, os maiores valores de pH (H₂O) foram encontrados nos tratamentos com a adição de cama de frango T2, T5 e T8.

Apesar dos teores de Al observado no presente estudo situarem-se abaixo dos valores normalmente observados para os solos do Amazonas (Moreira e Frageria, 2009), os resultados mostraram que a cama de frango e o biocarvão quando aplicados individualmente, ou em associação com outros tratamentos, reduziram o teor de Al trocável do solo em relação ao tratamento sem adubação (T1), que apresentou maior teor de Al para os dois tempos estudados com 0,9 e 0,1 cmolc kg⁻¹, seguido da adubação com NPK, com 0,4 e 0,1 cmolc kg⁻¹ respectivamente (Tabela 5).

No final do experimento, ocorreu uma redução acentuada nos teores de Ca, Mg e K trocável, os maiores valores desses nutrientes foram obtidos nos tratamentos com adição de cama de frango e biocarvão, e de maneira geral, a adição de biocarvão pareceu potencializar o efeito dos tratamentos com cama de frango (Tabela 4). Com relação ao fósforo, observou-se acentuado decréscimo no final do experimento. O tratamento T5, apresentou os maiores valores no tempo T0 (antes do cultivo) com 470 mg kg⁻¹, no entanto, para o tempo T1, o maior valor foi encontrado no tratamento T8 (cama de frango, biocarvão e NPK), com 115,9 mg kg⁻¹.

Com relação ao N, observou-se que houve diferença significativa somente nos tratamentos T5 e T1, no entanto a maioria destes, mostraram-se com valores aproximados, além disso não houve mudança de valores entre os dois tempos estudados (T0 e T1), obtendo entre 0,6 e 0,8 g kg⁻¹ (Tabela 4).

Tabela 3. Valores médios do pH (H₂O) e teores de alumínio (Al), cálcio (Ca), magnésio (Mg), e potássio (K) trocáveis, fósforo (P) disponível e nitrogênio (N) total, antes (T0) e após cultivo (T1) de mudas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora*) submetidas a diferentes tipos de substrato em Latossolo Amarelo distrófico, típico da região de Manaus, AM.

Table 3. Mean value of pH (H₂O) and contents aluminium (Al), calcium (Ca), magnesium (Mg) and potassium (K) exchangeable, phosphorus (P) available and total nitrogenium (N), before (T0) and after (T1) growing pau-rosa (*Aniba rosaeodora*) seedlings submitted to different types of substrates in dystrophic Yellow Latosol, typical of the region of Manaus, AM.

Tratamento s	Início do cultivo (T0)							Final do cultivo (T1)						
	pH (H ₂ O)	Al	Ca	Mg	K	P	N	pH (H ₂ O)	Al	Ca	Mg	K	P	N
T1	3,9 e	0,94 a	0,32 c	0,2 b	0,09 f	6,3 c	0,59 b	4,4 c	0,10 a	0,12 e	0,1 d	0,09 e	4,7 e	0,64 b
T2	5,5 bc	0,06 c	3,23 b	1,3 ab	1,15 bc	210,1 abc	0,75 ab	5,4 a	0,01 cd	1,33 a	0,2 cd	0,22 bc	82,5 c	0,69 ab
T3	5,7 b	0,14 c	2,94 b	1,6 ab	0,32 ef	10,9 c	0,61 ab	5,0 b	0,04 b	0,59 c	0,2 bc	0,14 de	6,4 e	0,69 ab
T4	4,1 e	0,43 b	0,80 c	0,3 b	0,53 de	51,0 bc	0,74 ab	4,3 c	0,09 a	0,12 e	0,01 d	0,10 e	19,5 de	0,64 b
T5	6,4 a	0,03 c	3,89 ab	1,5 ab	1,40 ab	469,6 a	0,81 ab	5,3 ab	0,01 d	1,26 a	0,4 b	0,30 a	85,1 bc	0,77 a
T6	4,9 d	0,15 c	3,92 ab	0,8 b	1,55 a	304,0 ab	0,77 ab	5,0 b	0,04 bc	0,78 b	0,1 cd	0,19 bcd	101,2 ab	0,68 ab
T7	4,1 e	0,19 c	2,85 b	1,1 ab	0,90 cd	63,7 bc	0,79 ab	4,6 c	0,08 a	0,37 d	0,2 cd	0,15 cde	29,9 d	0,73 ab
T8	5,1 cd	0,05 c	4,16 a	3,0 a	1,46 ab	232,6 abc	0,82 a	5,1 ab	0,01 bcd	1,35 a	0,6 a	0,25 ab	115,9 a	0,73 ab
CV%	7,36	58,2	30,7	111,5	30,60	122,30	21,90	5,80	42,8	17,7	55,9	32,20	23,50	11,70

Legenda: T1 (AS), T2 (C), T3 (B), T4 (NPK), T5 (C+B), T6 (C+NPK), T7 (B+NPK), T8 (C+B+NPK)

Valores seguidos pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Micronutrientes

Com relação aos teores de micronutriente do solo, todos apresentaram diferenças significativas para as fontes de adubação, com exceção do ferro no tempo T0 (antes do cultivo), que não mostrou efeito significativo para nenhum dos tratamentos analisados (Tabela 4). De modo geral, o cálcio e magnésio apresentaram os maiores valores nos tratamentos T2, T3, T5, T6 e T8, todos contendo em sua composição a presença individual ou combinada da cama de frango e biocarvão. Ressalta-se que no tempo T1 (após o cultivo), o tratamento T8 contendo todos os substratos, diferiu -se significativamente dos demais tratamentos para o elemento Mg, com $0,6 \text{ cmolc.kg}^{-1}$.

Antes do cultivo das mudas, o zinco não se diferiu entre os tratamentos estudados para o tempo T0, no entanto, após o cultivo, os maiores valores para este elemento foram observados nos tratamentos T5 e T8, com $10,6$ e $11,9 \text{ mg.kg}^{-1}$ respectivamente. Foi observado para o Mn, no qual os mesmos tratamentos apresentaram maiores valores para esse elemento, com $5,6$ e $6,6 \text{ mg kg}^{-1}$ no tempo T1.

Tabela 4. Valores médios de zinco (Zn), manganês (Mn) e ferro (Fe) antes (T0) e após cultivo (T1) de mudas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora*) submetidas a diferentes tipos de adubação em Latossolo Amarelo distrófico típico da região de Manaus, AM.

Table 4. Mean values of zinc (Zn), manganese (Mn) and iron (Fe) before (T0) and after (T1) growing pau-rosa (*Aniba rosaeodora*) seedlings submitted to different types of substrates in dystrophic Yellow Latosol, typical of the region of Manaus, AM.

Tratamentos	Início do cultivo (T0)			Final do cultivo (T1)		
	Zn	Mn	Fe	Zn	Mn	Fe
	----- mg kg ⁻¹ -----					
T1	8,0 b	4,8 b	252 a	4,8 c	1,3 e	326 ab
T2	12,1 ab	11,9 b	366 a	9,0 b	3,8 b	309 abc
T3	10,2 ab	11,8 b	311 a	4,3 c	3,2 bc	280 abc
T4	12,9 ab	8,0 b	260 a	3,2 c	1,1 e	329 a
T5	11,8 ab	22,5 a	287 a	10,6 ab	5,6 a	273 abc
T6	14,6 a	12,2 b	422 a	9,0 b	2,5 cd	267 bc
T7	9,9 ab	12,8 b	325 a	5,3 c	1,9 de	281 abc
T8	10,6 ab	13,1 b	310 a	11,9 a	6,6 a	252 c
CV%	35,6	50,7	41,7	20,8	22,4	14,6

Legenda: T1 (AS), T2 (C), T3 B, T4 (NPK), T5 (C+B), T6 (C+NPK), T7 (B+NPK), T8 (C+B+NPK)

Valores seguidos pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Biometria

Conforme os dados da Tabela 5, nota-se que as medidas iniciais da altura das plantas, no período de 0 a 90 dias obteve-se um maior crescimento nos tratamentos T5 e T6, com valores de $17,65$ e $17,71 \text{ cm}$ nesse período. No entanto, nas medidas finais (120 a 180 dias) esse crescimento foi mais evidenciado no tratamento T8, contendo cama de frango, biocarvão e NPK, com valores de $20,0 \text{ cm}$, $22,80 \text{ cm}$ e $25,00 \text{ cm}$ nos dias 120, 150 e 180 respectivamente.

Tabela 5. Variáveis biométricas H da espécie *A. rosaeodora*, de 0 a 180 dias do transplântio sob diferentes substratos.

Table 5. Biometric variables H of the species *A. rosaeodora*, from 0 to 180 days of transplanting under different substrates.

Tratamentos	Dias						
	0	30	60	90	120	150	180
	H (cm)						
T1	10,9 abc	11,75 bcd	13 b	13,85 b	14,76 c	16,94 b	18,11 b
T2	10,7 bc	11,4 cd	12,62 b	13,83 b	15,72 bc	18,44 ab	20,37 ab
T3	13,4 ab	14,85 ab	15,9 ab	16,91 ab	17,95 abc	19,23 ab	20,24 ab
T4	12,9 abc	14,25 abc	15,95 ab	16,8 ab	18,25 abc	19,11 ab	20,12 ab
T5	13,6 a	15,1 a	16,65 a	17,65 a	19,27 ab	21,27 ab	22,55 ab
T6	13,4 abc	15,05 a	16,75 a	17,71 a	19,5 ab	21,5 ab	23,2 ab
T7	10,05 c	10,75 d	12,77 b	13,92 b	16,27 abc	18,48 ab	20,06 ab
T8	12,25 abc	13,8 abcd	15,55 ab	17,25 ab	20 a	22,8 a	25,00 a
CV (%)	17,06	16,78	16,36	16,27	16,21	17,01	17,24

Legenda: H, altura da planta. Valores seguidos pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Observou-se ainda que ocorreu um incremento para a matéria seca da parte área no T8 (5,8g), mas não se diferenciou estatisticamente dos demais tratamentos, exceto do T1 (4,2g), que apresentou menor valor para esta variável. Para a massa seca das raízes, não se encontrou diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 6).

Tabela 6. Variáveis biométricas, CRP, MSPA e MSR, da espécie *A. rosaeodora* após 180 dias do transplântio sob diferentes substratos.

Table 6. Biometric variables, CRP, MSPA e MSR, of the species *A. rosaeodora* after 180 days of transplanting under different substrates.

Tratamentos	CRP	MSPA	MSR
	(cm)	(g)	(g)
T1	14,2 b	4,2 b	1,1 a
T2	17,1 ab	5,2 ab	1,2 a
T3	16,7 ab	4,9 ab	1,0 a
T4	16,1 ab	4,6 ab	1,0 a
T5	18,3 ab	5,4 ab	1,2 a
T6	17,5 ab	5,3 ab	1,2 a
T7	16,2 ab	4,5 ab	1,0 a
T8	21,3 ab	5,8 a	1,3 a
CV (%)	22,88	19,98	27,14

Legenda: CRP, comprimento radicular das plantas; MSPA, Matéria Seca da Parte Area; MSR, Matéria Seca Radicular. Valores seguidos pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Quanto ao diâmetro do coleto, apesar de não apresentar diferenças estatísticas entre os tratamentos no final do experimento (Tabela 7), os maiores valores foram verificados no tratamento T5 (cama de frango mais biocarvão) em todas as avaliações (dias) realizadas, com crescimento inicial de 3,13 cm e aos 180 dias com 5,39 cm.

Tabela 7. Variável biométrica DC da espécie *A. rosaeodora*, de 0 a 180 dias do transplantio sob diferentes substratos.

Table 7. Biometric variables DC of the species *A. rosaeodora*, from 0 to 180 days of transplanting under different substrates.

Tratamentos	Dias						
	0	30	60	90	120	150	180
	DC (mm)						
T1	2,54 ab	2,7 abc	3,12 ab	3,65 abc	3,95 b	4,53 ab	4,62 b
T2	2,33 b	2,45 c	2,96 b	3,29 c	3,79 b	4,11 bc	4,97 b
T3	2,89 ab	3,07 abc	3,56 ab	3,85 abc	4,22 ab	4,54 ab	4,77 ab
T4	2,85 ab	3,08 abc	3,3 ab	3,57 abc	3,9 b	4,21 b	4,80 b
T5	3,13 a	3,34 a	3,86 a	4,33 a	4,7 ab	5,12 a	5,39 ab
T6	3 ab	3,19 ab	3,49 ab	3,72 ab	4 ab	4,33 ab	4,86 ab
T7	2,39 b	2,53 bc	3,1 b	3,3 bc	3,82 b	4,1 b	4,47 b
T8	2,78 ab	3,03 abc	3,49 ab	3,91 abc	4,3 ab	4,81 ab	5,12 ab
CV (%)	17,79	16,81	16,26	15,27	13,75	12,98	12,47

Legenda: DC, diâmetro do coleto. Valores seguidos pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Quanto ao número de folhas, também não apresentou diferença significativa para nenhum dos tratamentos no final das avaliações, com média de 7 na primeira avaliação e 14 aos 180 dias no tratamento T8 (Tabela 8).

Tabela 8. Variável biométrica NF da espécie *A. rosaeodora*, de 0 a 180 dias do transplantio sob diferentes substratos.

Table 8. Biometric variables NF of the species *A. rosaeodora*, from 0 to 180 days of transplanting under different substrates.

Tratamentos	Dias						
	0	30	60	90	120	150	180
	NF (unidades)						
T1	6,3 a	6,4 a	8,2 ab	9,1 a	10,33 a	11,88 a	13,00 a
T2	5,7 a	5,9 a	7 b	8,11 a	9,88 a	11,00 a	13,12 a
T3	8,1 a	8,2 a	9,9 a	10,5 a	12,1 a	12,50 a	13,00 a
T4	7,0 a	7,0 a	8,5 ab	9,1 a	0,46	12,00 a	13,77 a
T5	7,2 a	7,2 a	8,8 ab	9,3 a	10,3 a	12,40 a	12,44 a

T6	7,00 a	7,0 a	8,5 ab	9,3 a	0,46	12,30 a	13,2 a
T7	6,4 a	6,4 a	7,7 ab	7,9 a	9,6 a	11,40 a	13,25 a
T8	7,00 a	7,0 a	9,5 a	10,1 a	11,2 a	13,30 a	14,00 a
CV (%)	26,09	27,10	20,82	21,46	19,99	18,29	17,25

Legenda: NF, número de folhas. Valores seguidos pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

DISCUSSÃO

Acidez do solo, Al, Ca, Mg e K trocáveis, P disponível e N total

Segundo os valores obtidos para pH (Tabela 3), apenas os tratamentos T2, T3 e T5 para o tempo inicial (T0) se apresentaram na faixa ideal recomendada para os substratos com base orgânica. Guarçoni (2017) recomenda que a faixa ideal de pH seja de 5,5 a 6,5. No entanto, para o setor florestal, o pH de um substrato pode situar-se acima de 4,5, para não tornar os nutrientes indisponíveis, sem ultrapassar valores acima de 6,5 (Carneiro 1995). Nesse sentido, no final do presente experimento, apenas o tratamento T1 se encontrou abaixo do recomendado para essas condições.

De forma geral, observa-se que os tratamentos que receberam cama de frango mais o biocarvão, apresentaram pH superior aos demais. Isso ocorreu por conta da alcalinidade da cama de frango que é de 10,1 enquanto a do biocarvão apresenta 8,6, além do teor de cinzas nas amostras (cama de frango = 48% e biocarvão = 32%), sendo importantes fontes de Ca e Mg que promovem a neutralização da acidez do solo (Tabela 1) (Sprey, 2020). Ribeiro *et al.* (2019) também encontram um incremento para o valor de pH com a adição de biocarvão e cama de frango no substrato.

Foi observado que a cama de frango e o biocarvão, reduziram o teor de alumínio do solo comparados ao tratamento sem adubação (T1), que mostrou o maior teor para este elemento. Os maiores índices de acidez do solo observados nos tratamentos sem adubação e com adubação NPK foram esperados, considerando que o tratamento que não recebeu adubo (T1) apresentou características originais de solo, ácido e álico, enquanto o tratamento NPK composto por fertilizantes, tem comportamento de acidificar o solo, além de não conter em sua composição bases neutralizantes (Sprey, 2020). De acordo com Schmidt e Heckenberger (2010), pH em torno de 5,5, os teores de Al trocável no solo são geralmente baixos, formando assim íons de hidróxido de Al que são fixados com colóides de argila ou matéria orgânica.

Os teores de cálcio e magnésio foram influenciados pela adição de cama de frango e biocarvão. Sendo os maiores valores encontrados nos tratamentos T2, T5 e T8, os quais podem ser explicados pela cama de frango, rico em Ca e Mg (Tabela 1). Desse modo, infere-se que o bom suprimento de Ca e Mg na cama de frango, contribuem para no crescimento do diâmetro das mudas, já que além de ter elevado os teores no solo, pode ter influenciado na correção da acidez do solo e contribuído para um melhor equilíbrio da relação Ca:Mg (Sena, *et al.*, 2008; Vieira *et al.*, 2017).

Não houve variação significativa entre os valores para nitrogênio. No entanto, para o fósforo e potássio, ocorreu um decréscimo após o cultivo das mudas, o que poderia ser explicado pela maior absorção desses nutrientes pela espécie *A. rosaeodora*, apesar de Valência *et al.*, (2010) mencionarem um baixo requerimento nutricional para P e K em plântulas de *A. rosaeodora*, os referidos autores usaram como substrato um Argissolo com o teor de 8.44 mg/kg de P, valor esse, considerado elevado para as condições amazônicas (Cochrane *et al.*,

1985), o que pode ter mascarado o efeito desse nutriente nas plântulas. Recomenda-se, portanto, que para qualquer substrato, seja adicionado ao solo esse elemento para que não haja deficiência no plantio dessas mudas. No entanto, mesmo com a acentuada redução de K no final do ensaio, esse nutriente ainda se manteve em quantidades consideradas como elevadas ($\geq 0,3 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) no tratamento com cama de frango e biocarvão (T5). Em relação ao tratamento só com aplicação de biocarvão (T3), o incremento desse nutriente no solo com aplicação de cama de frango junto com biocarvão, foi mais de 100%. Enquanto para o P, o incremento no T5 foi de treze vezes maior do que no T3, e 18 vezes maior no T8. Esses resultados mostram a importância da associação desses dois produtos orgânicos no fornecimento desses nutrientes.

Os resultados deste estudo, indicam também que a aplicação de qualquer tratamento quando relacionado ao tratamento sem adubação (T1), promoveu melhoria no pH do solo, assim como para os outros elementos apresentados (Tabelas 3 e 4). Desse modo, Ribeiro *et al.* (2016) também verificaram os benefícios da utilização de adubação orgânica.

Micronutrientes

Com relação ao Fe, apesar de não haver diferença significativa no tempo T0, observou-se maiores valores desse elemento nos tratamentos com menor pH. A relação do pH com as quantidades de Fe pode ser um fator a ser considerado, visto que, quanto menor o pH de um solo, como é observado nos tratamentos T1, T4 e T7 (pH < 4,7), maiores as quantidades de Fe disponíveis para a planta, isso ocorre devido a formação de óxidos de ferro e manganês pouco solúveis. Rebelo *et al.* (2020) estudando um Latossolo Amarelo no estado do Amazonas, também encontrou maiores valores de Fe em solos com menor pH.

Para os elementos Zn e Mn, observou-se que após o cultivo das mudas, os tratamentos T5 e T8 apresentaram os maiores valores, se diferindo significativamente dos demais. O maior incremento desses elementos justifica-se pela afinidade por grupos funcionais da matéria orgânica e da grande concentração desse elemento contido na cama de frango e no biocarvão (Tabela 4). Araújo *et al.* (2007) também observaram altos teores de Mn no solo no cultivo de café com adubação mineral e orgânica contendo esterco de galinha e casca de café.

Por fim, apesar de haver estudos sobre o efeito do uso da adubação química, orgânica e com condicionador do solo, seja com a utilização individual ou combinada dos insumos (biocarvão, cama de frango e NPK), não acontece o mesmo sobre estudos da dinâmica química em Latossolos amarelo distrófico na Amazônia Central, que ainda se apresentam limitados com dados insipientes sobre o efeito residual do uso individual ou combinado destes insumos. Logo é possível elucidar que com os resultados obtidos da análise deste estudo, possa contribuir com as lacunas de informação sobre o manejo da fertilidade dos solos amazônicos de forma eficiente.

Biometria

Dentre as características biométricas avaliadas, os resultados mostraram diferenças significativas em relação à adubação, apenas para as variáveis altura da planta e matéria seca da parte aérea. As diferenças observadas foram somente em relação as plantas dos tratamentos T8 (cama de frango + biocarvão + NPK) e T1 (sem adubação). A altura da parte aérea é uma característica de fácil medição e utilizada com eficiência para estimar o padrão de qualidade de mudas de espécies florestais em viveiros. Os resultados positivos apresentados no tratamento T8, podem estar relacionados com os teores de matéria orgânica encontrados no biocarvão, associados a um adequado nível de porosidade oferecido pela casca de arroz contida na cama de frango,

considerado material leve e poroso. Além disso, a adição de NPK poderia também ter influenciado no maior crescimento em altura das plantas.

Para a variável número de folhas, não foram observadas diferenças entre os tratamentos no presente estudo, apresentando resultado médio de 13,2 para número de folhas por planta aos 180 dias, seguindo as mesmas tendências dos resultados de Ferreira (2022), que também não observou diferenças para essa característica em plantas de *A. rosaeodora*, em condições de campo, adubadas com as mesmas fontes orgânicas, de biocarvão e esterco de frango. O maior número de folhas no T8 pode ter sido influenciado pelos teores de nutrientes N, P, K, Ca, Mg e S presentes no solo, enriquecido pela combinação de cama de frango + biocarvão + NPK, que resultou em um solo de maior qualidade na fertilidade, e conseqüentemente numa maior produção de folhas, muito similar ao encontrado por Ferreira (2022), que também observou maior número de folhas, quando combinou cama de frango + biocarvão, sem no entanto, apresentar diferença significativa entre os tratamentos.

A variável diâmetro do coleto, é considerada uma das mais importantes características para se estimar a sobrevivência de mudas de espécies florestais no campo, tanto tomada isoladamente quanto combinada com a altura. Apesar de não haver diferenças significativas entre os tratamentos, o T5 (adição de cama de frango + biocarvão), apresentou valores mais elevados para o parâmetro diâmetro do coleto seguido do T8. Trazzi *et al* (2013) avaliando a influência de diferentes substratos em mudas de *T. grandis*, também observaram maiores valores no diâmetro em substratos contendo cama de frango. Adicionalmente, verificou-se que os valores encontrados no presente trabalho estão de acordo com os valores observados por Araújo e Paiva Sobrinho (2011), com variação entre 2,93 e 5,90 mm para mudas de *E. contortisiliquum*, e maiores aos encontrados por Gonçalves *et al.* (2014), em que essa característica morfológica variou de 2,81 a 3,63 mm para mudas de *A. glazioviana*. Essas diferenças de diâmetro podem acontecer em virtude do fato de as mudas terem idades diferentes e serem comparadas com espécies diferentes, que, portanto, têm distintos crescimentos, bem como com diferenças nas características do próprio substrato.

Os maiores valores de diâmetro do coleto encontrados no tratamento T5 (cama de frango mais biocarvão), podem indicar que alguns macros e micronutrientes podem ter contribuído para esses resultados. Na Tabela 5, é possível observar que estes resíduos, principalmente a cama de frango, apresentaram altos teores de nutrientes, principalmente N e K, além de P em quantidades consideradas elevadas, e de acordo com Graciano *et al.* (2006), o N e o P, são os nutrientes que mais comumente limitam o crescimento de mudas na fase inicial de produção, devido os solos da região apresentarem baixas concentrações de P. Por outro lado, estudos realizados na região de Manaus mostram que o K é o nutriente mais exportado por meio de produtos agroflorestais de espécies nativas da Amazônia (Wandelli *et al.*, 2002).

Os menores valores de crescimento do sistema radicular e da massa seca da parte aérea no tratamento T1 (sem adubação), pode estar relacionado ao menor potencial nutritivo do solo utilizado em relação aos teores de nutrientes dos demais substratos. Isso ocorre porque a MO influencia diretamente nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo e, conseqüentemente, em sua fertilidade, porque condiciona a estrutura do solo e as cadeias de carbono, agregando partículas minerais. Os efeitos da MO na produção de mudas também foram verificados por Gonçalves *et al.* (2014).

Já os maiores valores encontrados no tratamento T8 para as mesmas variáveis, indicaram que a combinação de três substratos, como a cama de frango, o biocarvão e o NPK, proporcionaram o incremento em matéria orgânica necessária ao solo, de baixa fertilidade natural, para acelerar o crescimento das mudas de *A.*

rosaeodora. Isso porque, desde que utilizada em quantidades adequadas à cultura, esses substratos podem ser uma fonte de nutrientes para serem utilizados tanto na produção de mudas quanto na adubação (Torres *et al.*, 2011).

Considerando todas as características quantitativas de avaliação das mudas no momento de disponibilizá-las para o plantio em campo, percebe-se que os melhores substratos continham a cama de frango em sua composição. Indicando que o uso deste, permite a obtenção de bons resultados em crescimento da planta, tanto em altura das mudas e maior massa seca da parte aérea. Por outro lado, a ausência de resposta a adubação observada para as demais características avaliadas, pode estar associada com o fato de o pau-rosa ser uma planta nativa da Amazônia, adaptada as condições de solo pobre da região, conforme tem sido observada em outros trabalhos (Tucci *et al.*, 2011; Ferreira, 2022), além de não possuir característica definidas, devido a grande variabilidade genética da espécie.

CONCLUSÕES

- De modo geral, para todas as propriedades químicas do solo avaliadas, os tratamentos com a combinação de cama de frango + biocarvão, assim como cama de frango + biocarvão + NPK, apresentaram resultados mais satisfatórios para ambos os tempos estudados.
- No final do experimento, as combinações de cama de frango + biocarvão + NPK foram importantes para uma maior reposição de Ca, Mg e P no substrato, enquanto as concentrações de N e K foram maiores nos tratamentos com a aplicação de cama de frango + biocarvão.
- Dentre as características biométricas avaliadas, as variáveis altura de planta e matéria seca da parte aérea apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos, onde as mudas do T8 (cama de frango + biocarvão e cama de frango + NPK) apresentaram maior crescimento em relação as mudas do T1 (sem adubação)
- A ausência de resposta para os demais parâmetros biométricos avaliados, pode estar associada com o fato da espécie *Aniba rosaeodora* ser uma planta nativa da Amazônia, adaptada as condições de solo pobre da região, além de não possuir característica definidas, devido a grande variabilidade genética da espécie.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728.
- ARAÚJO, A.; PAIVA SOBRINHO, S. 2011. Germinação e produção de mudas de tamboril (*E. contortisiliquum* (Vell.) Morong) em diferentes substratos. **Revista Árvore**, v. 35, n. 3, p. 581-588.
- ARAÚJO, E. F.; AGUIAR, A. S.; ARAUCO, A. M. S.; GONÇALVES, E. O.; ALMEIDA, K. N. S. 2017. Crescimento e qualidade de mudas de paricá produzidas em substratos à base de resíduos orgânicos. **Nativa**, Sinop, v. 5, n. 1, p. 16-23.
- ARAÚJO, J. B. S.; CARVALHO, G. J.; GUIMARÃES, R. J.; CARVALHO, J. G. 2007. Composto orgânico e biofertilizante na nutrição do cafeeiro em formação no sistema orgânico: teores foliares. **Coffe Science**, v. 2, n. 1, p. 20-28.
- BLUM, L. E. B.; AMARANTE, C. V. T. do; GÜTTLER, G.; MACEDO, A. F. de; KOTHE, D. M.; SIMMLER, A. O.; PRADO, G. Do; GUIMARÃES, L. S. 2003.. Produção de moranga e pepino em solo com incorporação de cama aviária e casca de pinus. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 4, p. 627-631.
- CARNEIRO, J. G. de A. **Produção e controle de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF, 1 ed. 1995, 451 p.
- COCHRANE, T. T., SANZHEZ, L., AZEVEDO, L. D., PORRAS, J. A., & GARVER, C. L. 1985. *Land in Tropical America la Tierra en America Tropical*. CIAT/Planaltina: EMBRAPA-CPAC.
- COSTA, A. N.; PRUDÊNCIO, D. L. 2016. Utilização do lodo de estação de tratamento de esgoto para adubação de seringueira (*Hevea brasiliensis*).
- COTIM, L. A. S.; COTIM, L. S. R. A tecnologia produtiva do pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) como aliada ao desenvolvimento sustentável da região amazônica. **Inc.Soc.**, v. 12, n. 1, p. 199-207, 2018.
- DELARMELENA, W. M.; CALDEIRA, M. V. W.; FARIA, J. C. T.; LACERDA, L. C. Uso de resíduo orgânico em substrato para produção de *Chamaecrista desvauxii* (Collad.) Killip var. latistipula (Benth.). **Cerne**, v. 21, n. 3, p. 429-437, 2015.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos: 2013.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 1999.
- FERREIRA, J. C. C. 2022. Biochar, adubação orgânica e mineral no crescimento inicial de pau-rosa (*Aniba rosaeodora ducke*) em Latossolo Amarelo Distrófico da Amazônia Central.
- GONÇALVES, E. O.; PETRI, G. M.; CALDEIRA, M. V. W.; DALMASO, T. T.; SILVA, A. G. Crescimento de mudas de *Ateleia glazioviana* em substratos contendo diferentes materiais orgânicos. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 3, p. 339-348, 2014.
- GRACIANO, J. D.; ZÁRATE, N. A. H.; VIEIRA, M. C.; ROSA, Y. B. C. J.; SEDIYAMA, M. A. N.; RODRIGUES, E. T. Efeito da cobertura do solo com cama-de-frango semidecomposta sobre dois clones de mandiocinha-salsa. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 28, n. 3, p. 367-376, 2006.
- GUARÇONI, A. Saturação por bases para cafeeiro baseada no pH do solo e no suprimento de Ca e Mg. **Coffe Science**, v. 12, n. 3, p. 327-336, 2017.
- KRAINOVIC, P. M.; ALMEIDA, D. R. A.; DESCONCI, D.; VEIGA-JUNIOR, V. F.; SAMPAIO, P. T. B.

Sequential management of commercial rosewood (*Aniba rosaeodora* Ducke) plantations in Central Amazonia: Seeking sustainable models for essential oil production. **Forests**, v. 8, n. 12, p. 438, 2017.

MIRANDA, Jociela Gomes Neres; DE SOUZA, Manoel Euzébio; MAIA, Ana Heloisa. 2018. Crescimento de mudas de seringueira (*Hevea brasiliensis*) em diferentes tipos de substratos e recipientes. **Revista Cultura Agronômica**, v. 27, n. 4, p. 482.

MORAIS, F. I. O. 1998. Respostas do cacauzeiro à aplicação de N, P e K em dois solos da Amazônia Brasileira. *Revista brasileira de ciência do solo*, 22, 63-69.

REBELO, A. G. M.; MONTEIRO, M. T. F.; FERREIRA, S. J.; RIOS-VILLAMIZAR, E. A.; QUESADA, C. A. N.; JUNIOR, S. D. Valores de referência da concentração de metais pesados em solos na Amazônia central. **Química Nova**, v. 43, n. 5, p. 534, 2020.

RIBEIRO, D. O.; CARBALLAL, M. R.; SILVA, A. J.; SANTOS, T. E. B.; FERREIRA, L.; CUNHA, F. F. Produtividade de cana-de-açúcar e atributos de solo em função da aplicação de cama de peru. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 59, n. 3, p. 259-264, 2016.

RIBEIRO, D. O.; CASTOLDI, G.; RODRIGUES, C. R.; SILVA, A. J.; PEREIRA, R. M.; KUSS, G. M. Atributos físicos e químicos de um latossolo submetido a aplicações sucessivas de cama de peru em pastejo rotacionado. **Colloquium Agrariae**, v. 15, n. 5, p. 11-23, 2019.

SANTOS, E. B.; LUCIO, P. S.; SILVA, C. M. S. Precipitation regionalization of the Brazilian Amazon. *Atmospheric Science Letters*, v. 16, n. 3, p. 185–192, 2015.

SENA, J. D. S., TUCCI, C. A. F., LIMA, H. N., & HARA, F. A. D. S. 2010. Efeito da calagem e da correção dos teores de Ca e Mg do solo sobre o crescimento de mudas de angelim-pedra (*Dinizia excelsa* Ducke). *Acta Amazonica*, 40, 309-317.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. D.; SANTOS, H. D.; KER, J.; ANJOS, L. D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. Viçosa: SBCS/EMBRAPA/CNPS. 2013, 102 p.

SCHIMIDT, M. J.; HECKENBERGER, M. J. Formação de terra preta na região do Alto Xingu: Resultados preliminares. In: TEXEIRA, W. G.; KEN, D. C.; MADARI, B. E.; LIMA, H. N.; WOODS, W. **As terras pretas de índio na Amazônia**: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas. Embrapa Amazonia Ocidental. 2010, 422 p.

SMEBYE, A., ALLING, V., VOGT, R. D., GADMAR, T. C., MULDER, J., CORNELISSEN, G., & HALE, S. E. 2016. Biochar amendment to soil changes dissolved organic matter content and composition. *Chemosphere*, 142, 100-105.

SPREY, M. M. **Adubação orgânica e mineral no estabelecimento de mudas clonais de café conilon BRS Ouro Preto na Amazonia Central**. Dissertação (Mestrado em Agricultura do Trópico Úmido). Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 2020, p. 61.

TADINI, A. M., NICOLODELLI, G., SENESI, G. S., ISHIDA, D. A., MONTES, C. R., LUCAS, Y., & MILORI, D. M. 2018. Soil organic matter in podzol horizons of the Amazon region: Humification, recalcitrance, and dating. *Science of the Total Environment*, 613, 160-167.

TUCCI, C. A. F., LIMA, H. N., GAMA, A. D. S., COSTA, H. S., & SOUZA, P. A. D. 2010. Efeitos de doses crescentes de calcário em solo Latossolo Amarelo na produção de mudas de pau-de-balsa (*Ochroma lagopus* sw., bombacaceae). *Acta Amazonica*, 40, 543-548.

TOLEDO, F. H.; VENTURIN, N.; CARLOS, L.; DIAS, B. A.; VENTURIN, R. P.; MACEDO, R. L. Compost of

- residues of pulp and paper in the production of eucalyptus seedlings. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 7, p. 711-716, 2015.
- TORRES, G. N.; VENDRUSCOLO, M. C.; SANTI, A.; SOARES, V. M.; PEREIRA, P. S. X. Desenvolvimento de mudas de pinhão manso sob diferentes doses de cama de frango no substrato. **Revista Verde**, v. 6, n. 4, p. 244-250, 2011.
- TRAZZI, A. P.; CALDEIRA, M. V. W.; PASSOS, R. R.; GONÇALVES, E. O. Substratos de origem orgânica para produção de mudas de teca (*Tectona grandis* Linn. F.). **Ciência Florestal**, v. 23, n. 3, p. 401-409, jul.-set., 2013.
- VALENCIA, W. H., SAMPAIO, P. D. T. B., & SOUZA, L. A. G. D. 2010. Crecimiento inicial de Palo de Rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) en distintos ambientes de fertilidad. *Acta Amazonica*, 40, 693-698.
- VIEIRA, C. R., DOS SANTOS WEBER, O. L., & SCARAMUZZA, J. F. 2017. Relação cálcio: magnésio no crescimento e na qualidade de mudas de angico vermelho. *Nativa*, 5, 634-641.
- WANDELLI, E. V., FERREIRA, F., Sousa, G. F., de SOUSA, S. G. A., & FERNANDES, E. K. 2002. Exportação de nutrientes de sistemas agroflorestais através das colheitas-o valor dos resíduos dos frutos amazônicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 4., 2002, Ilhéus. Sistemas agroflorestais, tendência da agricultura ecológica nos trópicos: sustento da vida e sustento de vida. Anais. Ilhéus: CEPLAC: UESC, 2002. 1 CD-ROM
- WENDLING, I.; GATTO, A. **Substratos, adubação e irrigação na produção de mudas**. Viçosa: Aprenda Fácil Editora, 2 ed. 2012, 147 p.
- WESSEL, M. 1971. Fertilizer requirements of cacao (*Theobroma cacao* L.) in South Western Nigeria. Koninklijk, Institut Voor de Tropen, 104p.