INFLUÊNCIA DE CORRETIVOS ALTERNATIVOS DERIVADOS DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS NO CRESCIMENTO INICIAL DE MUDAS DE CUPUAÇUZEIRO

PANTOJA, Matheus Vinícius da Costa[1]; DA SILVA JUNIOR, Luís Eduardo Freitas[2]; DE CASTRO, Paola France Santos[3]; FARIAS, Thaysa Helena Alves[4]; DA SILVA, Pedro Henrique Costa[5]; DOS SANTOS, Luan Gabriel Belém[6].

[1] Universidade Estadual Paulista – matheus.pantoja@unesp.br; [2] Universidade Federal Rural da Amazônia – luizeduardofreitas28@hotmail.com; [3] Universidade Federal Rural da Amazônia – paolacastro775@gmail.com; [4] Universidade Federal Rural da Amazônia – thaysafariasagro@gmail.com; [5] Universidade Federal Rural da Amazônia - pedro.henriquecosta1010@gmail.com; [6] Universidade Federal Rural da Amazônia – luan.santos5210@gmail.com.

RESUMO

O reaproveitamento de resíduos agroindustriais é uma alternativa sustentável para reduzir impactos ambientais e substituir insumos agrícolas convencionais. Entre esses resíduos, as cascas de ovos e de ostras apresentam elevado teor de carbonato de cálcio, podendo atuar como corretivos da acidez do solo. Este estudo avaliou o efeito desses materiais, comparados ao calcário dolomítico, no crescimento inicial de mudas de cupuaçuzeiro (*Theobroma* grandiflorum). O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 3 × 4, envolvendo três fontes corretivas (calcário, casca de ovo e casca de ostra) e quatro doses (2, 4, 6 e 8 t ha^{-1}). As mudas foram avaliadas por 150 dias quanto à altura, diâmetro do coleto e número de folhas. Todas as variáveis apresentaram respostas significativas às doses, com ajustes a modelos polinomiais quadráticos. As melhores respostas ocorreram nas doses próximas de 3 a 4 t ha^{-1}. A farinha de casca de ovo demonstrou desempenho semelhante ou superior ao calcário, principalmente no incremento do diâmetro do coleto, enquanto a casca de ostra apresentou comportamento linear decrescente. Os resultados indicam que corretivos alternativos derivados de resíduos agroindustriais podem ser utilizados na produção de mudas de cupuaçuzeiro, contribuindo para o vigor das plantas e para o aproveitamento sustentável de resíduos regionais.

Palavras-Chave: Correção do solo; *Theobroma grandiflorum;* Sustentabilidade agrícola; acidez do solo.

INTRODUÇÃO

A geração contínua de resíduos sólidos nas indústrias e agroindústrias representa um desafio ambiental relevante, intensificado pelo crescimento populacional, uso excessivo de recursos naturais e obsolescência programada (Agostinho et al., 2020; Silva et al., 2017). Desde a década de 1970, essa temática ganhou destaque nas discussões internacionais sobre meio ambiente, especialmente com a Rio-92, que consolidou o conceito de desenvolvimento sustentável (Deus et al., 2015). O descarte inadequado de resíduos compromete diferentes compartimentos ambientais, favorecendo eutrofização, emissão de gases, contaminação do solo e problemas urbanos como alagamentos e proliferação de vetores (Trombetta et al., 2020).

A reutilização de resíduos orgânicos surge como alternativa ambientalmente e economicamente viável, especialmente diante do aumento dos custos de insumos agrícolas (Costa et al., 2013). No contexto regional amazônico, destacam-se os resíduos da ostreicultura e avicultura, como cascas de ostras e de ovos, gerados em grande volume (IBGE, 2020; 2021). Esses materiais têm potencial para uso agrícola por apresentarem carbonato de cálcio em sua composição, podendo atuar como corretivos da acidez do solo (Simeão e Lobo, 2024).

A acidez é um dos principais fatores limitantes dos solos brasileiros, especialmente na Amazônia, onde a calagem é essencial para o bom desenvolvimento das culturas (Souza et al., 2021). Contudo, ainda são escassos estudos que avaliem o efeito de corretivos alternativos em frutíferas amazônicas (Nunes Ferreira et al., 2020). Entre as espécies de destaque, o cupuaçuzeiro (*Theobroma* grandiflorum) possui grande importância econômica e ambiental, sendo amplamente utilizado em

sistemas agroflorestais (Matias et al., 2021).

Diante disso, o aproveitamento de resíduos da ostreicultura e avicultura pode representar uma alternativa sustentável ao calcário agrícola, contribuindo para a correção da acidez, redução de impactos ambientais e diminuição dos custos produtivos. Assim, este estudo tem como objetivo analisar a influência do uso de materiais alternativos como corretivos da acidez do solo, comparados ao calcário agrícola, no desenvolvimento de mudas de *Theobroma grandiflorum*.

MATERIAL E MÉTODOS

Inicie O experimento foi conduzido entre janeiro e maio de 2024 em casa de vegetação do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal Rural da Amazônia, em Belém-PA. O clima local é do tipo Af (Köppen), caracterizado como tropical úmido, com temperaturas de 24–32 °C e elevada pluviosidade anual.

O solo utilizado foi coletado em floresta secundária (0–20 cm de profundidade), seco ao ar e peneirado para obtenção da fração TFSA. Uma amostra foi analisada quimicamente conforme Teixeira et al. (2017), sendo o solo classificado como Latossolo Amarelo distrófico de textura média (EMBRAPA, 2013).

Os materiais corretivos — casca de ovo e casca de ostra (Crassostrea gasar) — foram coletados em feiras, supermercados e no município de Salinópolis, respectivamente. Após lavagem, desinfecção em solução clorada por 24 h e secagem a 230 °C por 40 min, foram triturados e peneirados (2 mm). O calcário dolomítico comercial (PRNT 92%) foi utilizado como referência.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 3 × 4, composto por três fontes corretivas (calcário dolomítico, farinha de casca de ovo e farinha de casca de ostra) e quatro doses (2, 4, 6 e 8 t ha^{-1}), totalizando 12 tratamentos com quatro repetições (48 unidades). As doses aplicadas corresponderam a 3, 6, 9 e 12 g $vaso^{-1}$. Os corretivos foram incubados por 30 dias com umidade mantida a 60% da capacidade de campo, seguindo Klar et al. (1996).

As mudas de cupuaçuzeiro (variedade BRS Carimbó) foram germinadas em bandejas e transplantadas aos 20 dias. Todas receberam adubação recomendada por Viégas et al. (2020), com fósforo no transplantio e nitrogênio e potássio cinco dias depois.

O experimento teve duração de 150 dias. As variáveis altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC) e número de folhas (NF) foram avaliadas mensalmente, utilizando régua milimetrada e paquímetro digital. Ao final, realizou-se a separação das partes da planta e análises destrutivas.

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro–Wilk e ANOVA. As médias significativas foram comparadas pelo teste de Tukey (5%), além de ajustes de regressão para as doses dos corretivos. As análises foram realizadas no software SISVAR (Ferreira, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicie A variável altura de planta (AP) apresentou efeito significativo em função das doses de corretivos, ajustando-se ao modelo de regressão polinomial quadrático, com dose estimada de máxima eficiência em 2,67 t ha^{-1} e altura máxima de 31,60 cm (Figura 1).

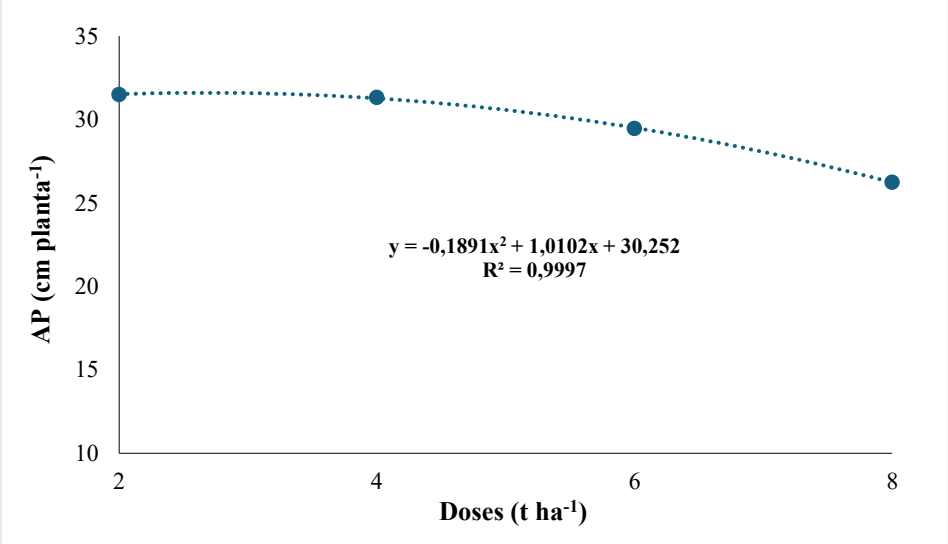


Figura 1: Altura da planta em função das doses de corretivos. **Fonte:** Do autor.

O comportamento observado corrobora os resultados de Viana et al. (2022), que também relataram efeitos positivos da calagem no crescimento inicial do cupuaçuzeiro, atribuídos à melhoria das condições químicas do solo. Contudo, Santos (1997) não verificou influência da calagem na altura de mudas da espécie, evidenciando que a resposta pode variar conforme o tipo de solo, intensidade da acidez e condições de cultivo.

A altura de planta é um dos principais indicadores da qualidade de mudas destinadas ao plantio, pois reflete diretamente o potencial de estabelecimento no campo (Alves et al., 2016). A correção da acidez contribui para maior disponibilidade de nutrientes, aumento da saturação por bases e melhor ambiente radicular, favorecendo o crescimento da parte aérea (Caione et al., 2012; Silva, 2021). Assim, os resultados obtidos reforçam a importância da adequação química do substrato para a produção de mudas vigorosas.

O diâmetro do coleto (DC) apresentou interação significativa entre doses e tipos de corretivo. Para o calcário dolomítico e a farinha de casca de ovo, o comportamento ajustou-se ao modelo polinomial quadrático, com doses ótimas de 4,05 e 3,98 t ha^{-1}, resultando em diâmetros máximos de 0,64 e 0,65 cm, respectivamente. Já a casca de ostra apresentou ajuste linear decrescente, impossibilitando a determinação de dose ótima (Figura 2).

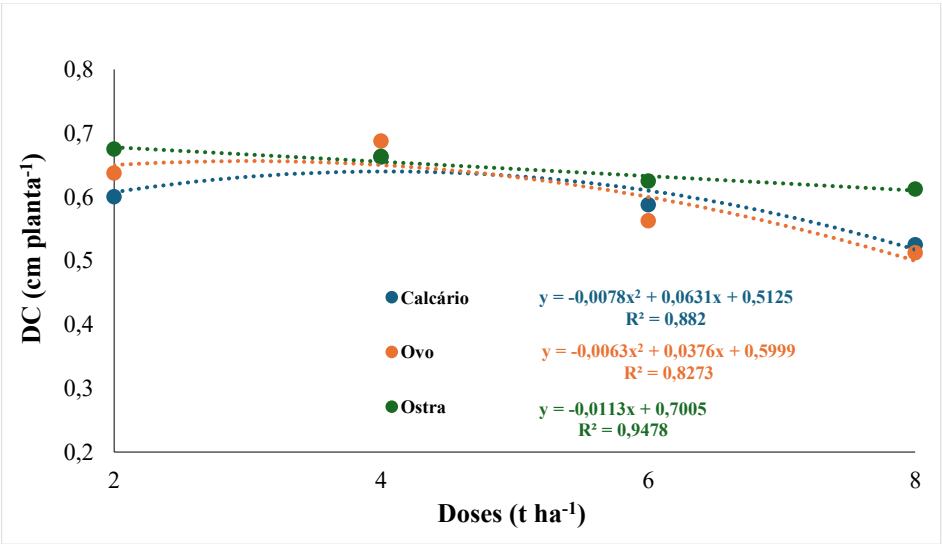


Figura 1: Interação entre os corretivos e as doses em função do diâmetro do coleto. **Fonte:** Do autor.

A ligeira superioridade da casca de ovo em relação ao calcário e à casca de ostra indica maior eficiência na promoção do espessamento caulinar, possivelmente devido à sua elevada reatividade ou solubilidade.

Os valores obtidos foram superiores aos relatados por Da Silva et al. (2020), que encontraram diâmetros máximos de 0,59 cm em mudas de T. grandiflorum produzidas em substratos com resíduos orgânicos. Yakuwa et al. (2020) também observaram incremento no diâmetro de Schizolobium amazonicum em função das doses de calcário, confirmando a sensibilidade das espécies florestais tropicais à correção da acidez. O diâmetro do coleto é uma característica fortemente associada ao vigor das mudas, pois plantas com coleto mais espesso apresentam maior capacidade de transporte de água e nutrientes e maior resistência a estresses ambientais após o transplantio (Diniz et al., 2018; Taiz et al., 2017). Segundo Figueiredo et al. (2010) e Scalon et al. (2002), o desempenho em campo é favorecido quando altura e diâmetro apresentam incrementos simultâneos, o que foi observado neste estudo.

O número de folhas (NF) também apresentou resposta significativa às doses dos corretivos, ajustando-se ao modelo polinomial quadrático, com dose máxima estimada de 4,05 t ha^{-1} e produção máxima de 10 folhas por planta (Figura 3).

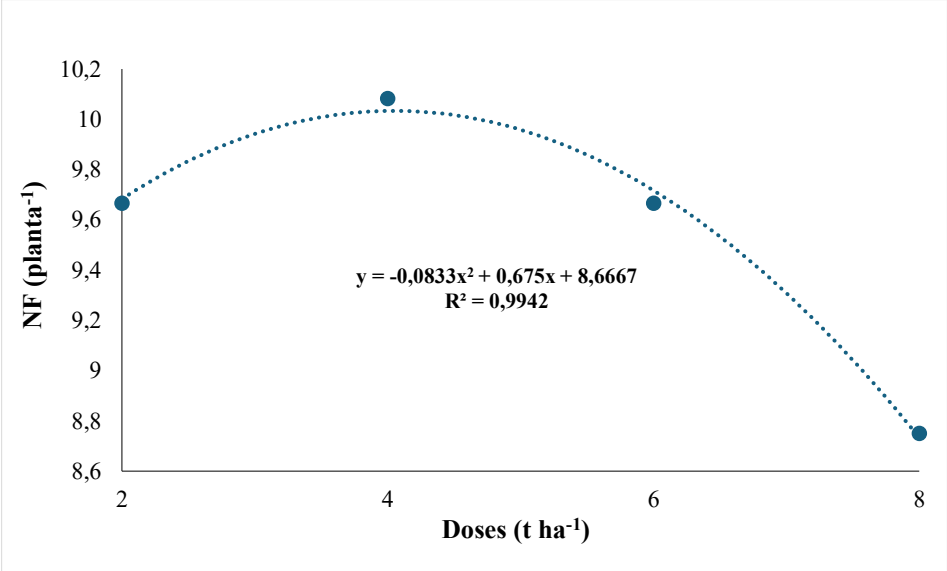


Figura 1: Número de folhas em função das doses de corretivos. **Fonte:** Do autor.

Resultados semelhantes foram obtidos por Galvão et al. (2024) ao avaliarem mudas de T. grandiflorum sob diferentes resíduos agroindustriais, observando incrementos no NF em tratamentos com correção do solo via calcário agrícola.

O aumento no número de folhas está relacionado à expansão da área fotossintética, favorecendo a maior captação de energia luminosa e, consequentemente, maior produção de fotoassimilados (Bonfim-Silva et al., 2020; Barbosa et al., 2022). Conforme Silva et al. (2007), a quantidade de folhas influencia diretamente a formação de massa seca, o alongamento do coleto e o ganho em altura, reforçando o papel central dessa variável no crescimento inicial das mudas. Assim, os resultados evidenciam que a correção da acidez via diferentes fontes contribui para o desenvolvimento de estruturas essenciais ao vigor da planta.

CONCLUSÕES

A correção da acidez do solo influenciou positivamente o crescimento das mudas de cupuaçuzeiro, com melhores resultados nas doses próximas de 3 a 4 t ha^{-1}. A casca de ovo apresentou desempenho semelhante ou superior ao calcário, especialmente no diâmetro do coleto, mostrando-se uma alternativa eficiente de corretivo. De modo geral, os corretivos utilizados promoveram maior vigor das mudas, evidenciando seu potencial para uso na produção de cupuaçuzeiro.

REFERÊNCIAS

AGOSTINHO, Gelbis Martins; DIAS, Aline Peixoto Vilaça. Resíduos sólidos orgânicos e suas possibilidades: Uma análise bibliográfica. Anais do V CONAPESC. Campina Grande: Realize Editora, 2020.

ALVES, M. S.; SMIDERLE, O. J.; SOUZA, A. G.; CHAGAS, E. A.; FAGUNDES, P. R. O.; SOUZA, O. M. Crescimento e marcha de absorção de nutrientes em mudas de Khaya ivorensis. Acta Iguazu, v.5, n.4, p.95-110, 2016.

BARBOSA, E. D.; MELO, R. E.; PIMENTA, R. M. B.; OLIVEIRA, L. J.; SILVA, A. E. B. Produção de mudas de meloeiro sob influência de substâncias húmicas derivadas de compostagens no semiárido baiano. Diversitas Journal, v. 7, n. 4, p. 2356-2370, 2022.

BONFIM-SILVA, E. M.; FERNANDES, G. B.; ALVES, R. D. S.; CASTAÑON, T. H. F. M.; SILVA, T. J. A. Adubação mineral, orgânica e organomineral na cultura do rabanete. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 5, p. 23300-23318, 2020.

CAIONE, G.; LANGE, A.; SCHONINGER, E. L. Crescimento de mudas de Schizolobium amazonicum (Huber ex Ducke) em substrato fertilizado com nitrogênio, fósforo e potássio. Scientia Forestalis, Piracicaba, v. 40, n. 94, p. 213-221, 2012.

COSTA, A. S. V.; HORN, A. H.; DONAGEMMA, G. K.; SILVA, M. B. Uso do resíduo de granito oriundo da serraria e polimento como corretivo e fertilizante de solos agrícolas. Revista Geonomos, v.18, n.1, p.23-27, 2013.
DA SILVA, Lenize Santos; [outros autores]. Qualidade de mudas de cupuaçuzeiro (Theobroma grandiflorum) produzidas em substratos compostos por resíduos do agroextrativismo amazônico. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 11, p. 84526-84538, 2020.

DEUS, R. M.; [outros autores]. Resíduos sólidos no Brasil: contexto, lacunas e tendências. Engenharia Sanitaria e Ambiental, v. 20, n. 4, p. 685–698, dez. 2015.

DINIZ, G. L.; SALES, G. N.; SOUSA, V. F. O.; ANDRADE, F. H. A.; SILVA, S. S.; NOBRE, R. G. Produção de mudas de mamoeiro sob salinidade da água irrigação e adubação fosfatada. Revista de Ciências Agrárias, v. 41, n. 1, p. 218-228, 2018.

EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3. ed. revista e ampliada. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

FIGUEIREDO, R. T.; GUISCEM, J. M.; CHAVES, A. M. S.; AGUIAR JUNIOR, R. A.; SILVA, A. G. P.; PAIVA, J. B. P.; SANTOS, F. N. Relação entre a área foliar, número de folhas e biomassa seca e fresca da planta de rúcula. Horticultura brasileira, v. 28, n. 2, p. 913-918, 2010.

GALVÃO, Jessivaldo Rodrigues; [outros autores]. Use of Agro-Industrial Waste for The Development of Theobroma Grandiflorum Seedlings. Revista de Gestão Social e Ambiental, São Paulo (SP), v. 18, n. 1, 2024.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Pecuária Municipal. Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/. Acesso em: 18 ago. 2021.

MATIAS, Maria Iraildes de Almeida Silva; [outros autores]. Biocarvão de bucha de dendê (palma de óleo) na produção de mudas de cupuaçu. Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, v. 13, n. 4, p. 62-72, 2022.

NUNES FERREIRA, Marcos Vinícius; [outros autores]. Resíduo de café e casca de ovo na produção de mudas de quiabo (Abelmoschus Esculentus (L.) Moench). Global Science & Technology, v. 13, n. 2, 2020.

SANTOS, M. C. B. dos. Crescimento de mudas de cupuaçuzeiro, em função da calagem e da adubação orgânica e mineral. Belém: Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, 1997. Monografia (Especialização em Horticultura) – FCAP.

SCALON, S. P. Q.; [outros autores]. Crescimento inicial de mudas de espécies florestais nativas sob diferentes níveis de sombreamento. Revista Árvore, Viçosa, v.26, n.1, p.1-5, 2002.

SILVA, Eduardo Matheus Ferreira da; CORRÊA, Vanessa Raquel Cardins. Theobroma grandiflorum: os efeitos do cobre, gessagem e correção do solo em fase inicial de desenvolvimento. 34 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Belém, 2021.

SILVA, L. R. M.; MATOS, E. T. A. R.; FISCILETTI, R. M. S. Resíduo sólido ontem e hoje: Evolução histórica dos resíduos sólidos na legislação ambiental brasileira. AREL FAAR, v. 5, n. 2, p. 126-142, Ariquemes, 2017.

SILVA, R. R.; FREITAS, G. A.; SIEBENEICHLER, S. C.; MATA, J. F.; CHAGAS, J. R. Desenvolvimento inicial de plântulas de Theobroma grandiflorum (Willd. ex Spreng.) Schum. sob influência de sombreamento. Acta Amazonica, v. 37, n. 3, p. 365-370, 2007.

SIMEÃO, Mateus Lemos; LOBO, Sergio de Sousa. Utilização de resíduos sólidos na correção da acidez do solo, 2024.

SOUSA, F. J. L.; GALVÃO, J. R.; VIANA, T. C.; PACHECO, M. J. B.; DE ALMEIDA OLIVEIRA, L.; DE ALMEIDA, G. V.; LIMA, L. M. Fontes fosfatadas e acidez do solo na produção de mudas de Theobroma grandiflorum. Nature and Conservation, v. 14, n. 1, p. 141-148, 2021.

TAIZ, Lincoln; ZEIGER, Eduardo; MØLLER, Ian Max; MURPHY, Anthony. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TROMBETTA, Lucas José; [outros autores]. Resíduos orgânicos e suas implicações com o carbono orgânico e microbiota do solo e seus potenciais poderes poluentes. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 7, p. 43996-44005, 2020.

VIANA, T. C.; Theobroma grandiflorum: os efeitos do cobre, gessagem e correção do solo na fase inicial de desenvolvimento. Ciências Agrárias: o avanço da ciência no Brasil, Editora Científica Digital, vol. 4, 2022.

YAKUWA, Joberta Cardoso Pastana; [outros autores]. Acidez do solo e fitometria de plantas de Schizolobium parahyba var. Amazonicum (Huber ex. Ducke. Barneby) sob a aplicação da calagem e fosfato natural. South American Journal of Basic Education, Technical and Technological, v. 7, n. 2, p. 419-435, 2020.