

REÚSO AGRÍCOLA EM FRUTÍFERAS: AVALIAÇÃO DE COMPOSTO ORGÂNICO DE LODO DE ETA PARA UMA AGRICULTURA SUSTENTÁVEL

Rafael Santiago da Costa¹

Humberto Ícaro Pinto Fontinele²

RESUMO

O uso de compostos orgânicos tem ganhado destaque na agricultura, especialmente como uma prática sustentável para melhorar a qualidade do solo e promover o crescimento das plantas. Nesse sentido, este estudo teve como objetivo avaliar diferentes doses de composto orgânico proveniente de lodo da estação de tratamento de água de Jaburu e a irrigação com efluente tratado, como alternativa para adubação de frutíferas. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, avaliando cinco doses do composto orgânico (0, 1, 2, 3 e 4 kg por planta), com 4 repetições, totalizando 20 unidades experimentais. As espécies avaliadas no experimento foram de Citrus (laranja e tangerina). Foram realizadas análises químicas do composto para verificar os níveis de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg) e micronutrientes (Fe, Mn, Zn, Cu), bem como análise do solo e do crescimento das plantas (altura, diâmetro do caule e razão altura/diâmetro do caule). A altura das plantas apresentou incremento de 66,2% na dose de 4 kg de composto, enquanto o diâmetro do caule teve um incremento de 57,4% na dose de 2,5 kg de composto. A razão altura/diâmetro do caule apresentou incremento de 38,7% na dose de 4 kg de composto, em relação ao ponto mínimo. O composto orgânico favoreceu o crescimento das plantas, com melhores resultados entre 2 a 4 kg de composto por planta. O pH do solo evitou qualquer efeito tóxico do alumínio e os nutrientes presentes no composto favoreceram o desenvolvimento das espécies. O uso de compostos orgânicos juntamente com a irrigação com efluente tratado se mostram alternativas viáveis para a adubação de frutíferas. Palavras-chave: Composto orgânico. Desenvolvimento vegetal. Reúso. Sustentabilidade.

¹ Discente da Especialização em Gestão de Recursos Hídricos Ambientais e Energéticos, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), rafaelsantiagodacosta@yahoo.com.br

² Docente do Programa de Pós-graduação, PGEA da UNILAB, icarofontinele@unilab.edu.br

ABSTRACT

The use of organic compounds has gained prominence in agriculture, especially as a sustainable practice to improve soil quality and promote plant growth. In this context, this study aimed to evaluate different doses of organic compost derived from sludge from the Jaburu Water Treatment Plant and irrigation with treated effluent as an alternative for fertilizing fruit trees. The experimental design was completely randomized, assessing five doses of organic compost (0, 1, 2, 3, and 4 kg per plant) with four replicates, totaling 20 experimental units. The species evaluated in the experiment were Citrus (orange and tangerine). Chemical analyses of the compost were conducted to determine the levels of macronutrients (N, P, K, Ca, Mg) and micronutrients (Fe, Mn, Zn, Cu), as well as soil analysis and plant growth assessments (height, stem diameter, and height-to-stem diameter ratio). Plant height showed an increase of 66.2% at a dose of 4 kg of compost, while stem diameter increased by 57.4% at a dose of 2.5 kg of compost. The height-to-stem diameter ratio increased by 38.7% at a dose of 4 kg of compost compared to the minimum point. The organic compost promoted plant growth, with the best results observed between 2 and 4 kg of compost per plant. The soil pH prevented any toxic effects from aluminum, and the nutrients in the compost supported the development of the species. The use of organic compost together with irrigation with treated effluent proves to be a viable alternative for the fertilization of fruit trees.

Keywords: Organic compost. Plant Development. Reuse. Sustainability.

1 INTRODUÇÃO

O reúso de efluentes de esgoto tratado na agricultura tem ganhado destaque como uma estratégia sustentável para a gestão dos recursos hídricos, especialmente em regiões onde a disponibilidade de água é limitada, como, por exemplo, no Semiárido Brasileiro. Essa prática permite a conservação de água potável, a redução de lançamento de efluentes nos corpos hídricos e a valorização dos nutrientes presentes no mesmo, os quais podem beneficiar o crescimento das plantas (Cuba et al., 2015).

Outro ponto importante para a agricultura sustentável é a reutilização de materiais orgânicos, dentre esses, destacam-se os compostos orgânicos. Os compostos orgânicos podem ser obtidos através da compostagem, que consiste em um processo biológico onde microrganismos e mesofauna convertem materiais orgânicos em um material húmico a ser

utilizado como adubo, a fim de reciclar os resíduos sólidos (Lacerda et al., 2020). Dentre os materiais que podem ser utilizados como matéria-prima para compostagem, podemos citar o lodo como um exemplo de grande relevância, uma vez que a geração desse resíduo pelas ETAs é significativa, além de possuir matéria orgânica e nutrientes essenciais, o que pode melhorar a fertilidade do solo e auxiliar no desenvolvimento vegetal (Bitencourt et al., 2020).

Além disso, o reaproveitamento de efluentes na irrigação e o reaproveitamento de resíduos para atividades agrícolas podem também contribuir para a mitigação de impactos ambientais, promovendo um ciclo mais fechado e sustentável dos recursos. No contexto do Semiárido Brasileiro, onde as limitações hídricas são uma constante, essas práticas podem desempenhar um papel crucial na garantia da segurança alimentar e no desenvolvimento socioeconômico das comunidades rurais, sendo essencial compreender os efeitos dessas atividades no crescimento, na produção das espécies frutíferas ao longo do tempo e na garantia que o reúso agrícola seja uma alternativa viável para os agricultores (Moura et al., 2020a).

A adoção de efluentes tratados na agricultura enfrenta desafios que vão desde a aceitação dos agricultores até a compreensão dos efeitos a longo prazo sobre as culturas. Embora haja evidências sobre a viabilidade do reúso das águas e utilização de compostos oriundos de lodo, há uma lacuna no conhecimento sobre os impactos diretos no desenvolvimento das plantas, especialmente das espécies frutíferas, e como este reúso pode impactar a produtividade das espécies e promover uma segurança alimentar mais sustentável (Ferreira et al., 2019).

Além disso, o reúso na agricultura, embora promissor, exige um monitoramento contínuo da qualidade da água, para garantir a segurança das culturas e a saúde humana. A presença de contaminantes no efluente e no composto pode comprometer o solo e a qualidade dos alimentos, tornando essencial a realização de análises periódicas, conforme as legislações vigentes, para evitar riscos ambientais e assegurar que essa prática seja sustentável e benéfica para o desenvolvimento das espécies frutíferas (Torres et al., 2019).

O estudo relatado aqui aborda uma questão crítica: a necessidade de garantir o reúso seguro de efluentes e de resíduos na agricultura. Diante disso, este trabalho tem como objetivo avaliar o impacto do composto orgânico obtido com lodo de ETA no crescimento e desenvolvimento de espécies frutíferas, bem como fazer uma comparação sobre o desenvolvimento das plantas, antes e depois de sua aplicação no solo, visando contribuir com recomendações para o uso seguro e eficaz de compostos orgânicos obtidos com lodo, na agricultura.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Importância e os Benefícios do Reúso Agrícola

O reúso de água em sistemas agrícolas tem se destacado como uma solução sustentável frente à crescente escassez hídrica e ao aumento da demanda por alimentos. A prática envolve a utilização de efluentes tratados, provenientes de Estações de Tratamento de Esgoto (ETE), para irrigação, promovendo a economia de recursos hídricos, o reaproveitamento de nutrientes essenciais, assim como auxiliando no desenvolvimento das plantas e a circularidade na agricultura (Brancaleone, 2022).

As mudanças climáticas têm gerado preocupações quanto à sustentabilidade dos sistemas agrícolas. Nesse contexto, o reúso agrícola de efluentes tratados tem ganhado relevância, por diversos motivos. Segundo Santos et al. (2015), essa prática não apenas reduz a dependência de fontes hídricas convencionais, mas também aproveita os nutrientes presentes nos efluentes, como nitrogênio, fósforo e potássio, importantes para o desenvolvimento das culturas.

A utilização de água de reúso na agricultura tem demonstrado impactos positivos, como a melhoria da fertilidade do solo e a redução da necessidade de fertilizantes químicos (Barros et al., 2015). Além disso, Moura et al. (2020b) destacam que essa técnica contribui para a diminuição do lançamento de efluentes nos corpos hídricos, mitigando impactos ambientais e dando uma destinação mais sustentável para a água de reúso, além de permitir o incremento de renda dos agricultores.

Embora promissor, o reúso agrícola apresenta desafios que precisam ser enfrentados para garantir sua viabilidade, como por exemplo, a percepção negativa por parte da sociedade, o potencial de contaminação do solo e dos produtos agrícolas por patógenos ou contaminantes emergentes e a necessidade de regulamentações (Ferreira et al., 2019). A Resolução Conama nº 430/2011 estabelece parâmetros para o uso seguro de efluentes tratados, mas sua aplicação prática ainda encontra limitações, especialmente em pequenas propriedades rurais (Morais & Santos, 2019).

O monitoramento da qualidade dos efluentes tratados utilizados para fins de reúso agrícola apresenta-se como uma etapa crucial para garantir a segurança ambiental, a saúde humana e o desempenho das culturas agrícolas (Evangelista, 2023). No entanto, essa etapa apresenta desafios significativos que precisam ser superados para viabilizar a prática de forma ampla e sustentável, sendo que um dos principais entraves está relacionado à necessidade de análises laboratoriais regulares e abrangentes (Moruzzi, 2008).

Para assegurar que o efluente tratado atenda aos padrões de qualidade exigidos, é necessário monitorar parâmetros físico-químicos, biológicos e microbiológicos, o que requer infraestrutura laboratorial, equipamentos de alta precisão e profissionais qualificados. Esses recursos podem representar custos elevados, especialmente para pequenos agricultores (Silva et al., 2016). Em complemento, sabe-se que o acesso a laboratórios especializados pode ser limitado em áreas rurais e regiões menos desenvolvidas, o que dificulta o acompanhamento contínuo da qualidade dos efluentes, podendo levar a períodos de uso inadequado da água de reúso, comprometendo a segurança das culturas e da qualidade do solo.

Apesar dessas dificuldades, pesquisas recentes mostram o potencial do reúso agrícola em diferentes contextos. Por exemplo, Barros et al. (2020) avaliaram o uso de efluentes tratados na irrigação de pomar de lima ácida ‘Tahiti e observaram um aumento na produção dos frutos sem comprometimento a segurança alimentar e na saúde do solo, reforçando assim, a necessidade de integrar práticas de reúso agrícola em políticas públicas de gestão hídrica.

Em complemento, em um estudo realizado por Fernandes et al. (2013), os autores destacaram que a fertirrigação com águas residuárias pode reduzir a necessidade de fertilizantes químicos, ao mesmo tempo em que contribui para o aumento da produtividade agrícola. Por sua vez, a pesquisa de Sousa et al. (2005) confirma que o uso controlado de esgoto tratado não só melhora a eficiência no uso da água, mas também pode resultar em melhores colheitas, devido à presença de nutrientes como nitrogênio e fósforo no efluente.

Pesquisas sobre o uso de água de reúso na agricultura, especialmente em frutíferas, tem mostrado resultados positivos em termos de aumento de produtividade e sustentabilidade, destacando os benefícios econômicos, sociais e ambientais dessa prática (Jaramillo & Restrepo, 2017). O reúso da água na irrigação de culturas pode contribuir para a economia de água potável e a melhoria da qualidade do solo, uma vez que a água de esgoto tratada contém nutrientes como nitrogênio, fósforo e potássio, que podem ser úteis para o crescimento das plantas (Dotaniya et al., 2023).

2.2 Composto orgânico com lodo de estação de tratamento de água (LETA)

O lodo gerado em Estações de Tratamento de Água (ETA) é um subproduto rico em matéria orgânica e nutrientes, que pode ser aproveitado por meio da compostagem para a produção de fertilizantes orgânicos. Essa abordagem transforma um resíduo potencialmente poluente em um recurso valioso para a agricultura, uma vez que é rico em matéria orgânica e nutrientes, sendo portanto, uma alternativa promissora para adubação agrícola (Souza, 2021).

Devido ao seu potencial de contaminação ambiental, o descarte inadequado desse

resíduo é um problema crescente, de forma que técnicas que minimizem seus impactos estão cada vez mais sendo estudadas. Dentre essas técnicas, a compostagem surge como uma solução eficiente para estabilizar o lodo e transformá-lo em um insumo agrícola seguro (Paredes Filho, 2021). A compostagem é uma técnica biológica que envolve a decomposição controlada de resíduos orgânicos por microrganismos em condições aeróbicas, sendo necessário a combinação com materiais ricos em carbono, como restos vegetais, e ricos em matéria orgânica e nitrogênio, como o lodo, para otimizar o processo (Vasconcelos et al., 2021).

Segundo Caminada et al. (2023), o composto produzido a partir do lodo de ETA pode ser usado como fertilizante orgânico ou substrato para mudas, uma vez que a utilização desse material em solos agrícolas melhora a capacidade de retenção de água, a disponibilidade de nutrientes e a atividade biológica do solo. Além disso, o composto orgânico obtido com lodo contribui para a redução do uso de fertilizantes químicos, promovendo práticas agrícolas mais sustentáveis.

Apesar dos benefícios, o uso agrícola do composto de lodo de ETA exige cuidados quanto à presença de metais pesados e outros contaminantes (Villanova & Machado, 2022). A legislação brasileira, como a Resolução Conama nº 375/2006, estabelece limites para esses elementos, visando proteger a saúde humana e o meio ambiente. Além disso, é necessário também desenvolver estratégias de monitoramento e manejo deste resíduo, para garantir a segurança da aplicação a longo prazo (Paes et al., 2023).

Outro aspecto relevante na utilização do lodo de ETA como composto orgânico é seu impacto na redução de passivos ambientais. O descarte inadequado desse resíduo em corpos d'água ou em aterros pode resultar em contaminação do solo e das águas subterrâneas, além de potencialmente gerar emissões de gases de efeito estufa (Cruz et al., 2019). Nesse sentido, a compostagem, ao transformar um material residual em um recurso útil, oferece uma alternativa que reduz significativamente esses impactos ambientais, contribuindo para o cumprimento de políticas públicas relacionadas à gestão de resíduos sólidos e à preservação ambiental (Santos et al., 2022a).

Ainda que os benefícios sejam evidentes, tanto na agricultura quanto na área civil, o uso de lodo de ETA exige monitoramento constante para assegurar que os produtos estejam livres de contaminantes perigosos, como metais pesados, que podem estar presentes em concentrações que representam riscos ao meio ambiente e à saúde humana (Oliveira et al., 2023). Por isso, a análise periódica do composto, associada a práticas de manejo integrado, é indispensável para garantir sua qualidade e segurança para a aplicação na agricultura (Morselli et al., 2022).

Pesquisas realizadas no Pomar Experimental da ETE São Gonçalo, em Tianguá-CE, por exemplo, apontaram resultados promissores com o uso de composto orgânico derivado de lodo de ETA, na fertilização de culturas frutíferas, em Citrus. Os resultados mostraram um aumento no desenvolvimento das plantas e melhorias na qualidade do solo, destacando o potencial desse material como insumo agrícola (Costa et al., 2022).

2.3 Aplicações de composto de LETA na agricultura

O composto orgânico produzido a partir do lodo de estações de tratamento de água (LETA) apresenta grande potencial para aplicações agrícolas, sendo uma alternativa sustentável para o reaproveitamento de resíduos gerados no tratamento de água. Este material, rico em matéria orgânica, minerais e nutrientes essenciais, como nitrogênio e fósforo, tem sido amplamente estudado por suas propriedades benéficas ao solo e ao crescimento das plantas (Lins et al., 2024). Além de reduzir os impactos ambientais associados ao descarte inadequado do LETA, seu uso na agricultura contribui para o desenvolvimento de práticas agrícolas mais sustentáveis, alinhadas aos princípios da economia circular (Gouveia, 2012).

Na agricultura, o composto de LETA pode atuar como fertilizante orgânico e condicionador de solos, melhorando a estrutura física, química e biológica do solo, e aumentando a capacidade de retenção de água, a disponibilidade de nutrientes e a atividade microbiana no solo, fatores que influenciam diretamente o crescimento das plantas e a produtividade agrícola (Araújo et al., 2017). Outro benefício importante do composto de LETA é a redução do uso de fertilizantes químicos, promovendo uma fertilização orgânica que reduz custos para os produtores e diminui os impactos ambientais relacionados à produção e aplicação de insumos químicos (Santos et al., 2022b).

Além disso, o composto pode ser utilizado como substrato para a produção de mudas, especialmente na recuperação de áreas degradadas, e para reflorestamento, ampliando seu escopo de aplicação (Silva, 2022). Nesse sentido, Cunha et al. (2020), avaliando o efeito do lodo de ETA na germinação de mudas florestais, verificaram que o lodo mostrou-se rico em nutrientes e matéria orgânica, o que pode contribuir com a aeração e com a retenção de água no substrato, favorecendo a germinação das sementes. Em todos os tratamentos com *Handroanthus impetiginosu*, Ipê Roxo, houve germinação das sementes, em uma taxa que variou de 12,5% a 90,18%, onde as melhores porcentagens de germinação ocorreram nos tratamentos de maiores concentrações de lodo de ETA.

Apesar dos avanços, desafios ainda existem quanto à aceitação desse insumo pelos agricultores, devido a preconceitos associados à origem do material e à falta de disseminação

dos benefícios, comprovados por pesquisas. Para superar essas barreiras, é crucial o investimento em programas de educação, capacitação técnica e incentivos governamentais que promovam o uso seguro e eficiente do composto de LETA na agricultura (López-Serrano et al., 2020). Esse trabalho traz resultados que reforçam as pesquisas recentes e que mostram que uso do LETA é uma alternativa promissora para a gestão de resíduos, contribuindo para a conservação dos recursos naturais e para a sustentabilidade das práticas agrícolas.

Um ponto relevante para a ampliação do uso agrícola do composto de LETA é a necessidade de estudos de longo prazo que avaliem seus efeitos cumulativos no solo e nas culturas (Ribeiro, 2020). Pesquisas recentes sugerem que, quando aplicado de forma contínua, o composto pode contribuir para o aumento da matéria orgânica no solo, promovendo maior resiliência frente a condições climáticas adversas, como períodos de seca (Costa et al., 2020). Além disso, há indícios de que a aplicação regular de biofertilizante melhora o sequestro de carbono no solo, reduzindo as emissões de gases de efeito estufa e contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas (Puga et al., 2023). Assim, esses resultados reforçam o papel do composto de LETA não apenas na fertilização, mas também na promoção de serviços ecossistêmicos essenciais.

Outro aspecto que merece atenção é o potencial do composto de LETA em sistemas de agricultura orgânica e regenerativa, pois por ser uma fonte natural de nutrientes e por não conter resíduos sintéticos, ele se alinha às exigências desses modelos de produção, que priorizam a saúde do solo e a sustentabilidade a longo prazo (Moura et al., 2020b). A aplicação de compostos melhora a eficiência no uso de recursos naturais, como a água e os nutrientes, além de aumentar a biodiversidade do solo, sendo particularmente importantes em regiões com solos degradados ou com baixa fertilidade, onde o composto pode atuar como uma solução estratégica para a recuperação da produtividade agrícola (Montemurro et al., 2010; Cardoso et al., 2011).

Esses resultados sugerem que, quando utilizado com doses controladas e em solos adequados, o LETA pode ser uma alternativa eficiente e sustentável para melhorar a fertilidade do solo, aumentar a produtividade das culturas e reduzir a necessidade de fertilizantes químicos. No entanto, o monitoramento da presença de metais pesados e outros contaminantes é essencial para garantir a segurança ambiental e alimentar, conforme exigido pela legislação brasileira, CONAMA nº 498/2020 (Paes et al., 2023).

3 METODOLOGIA

A presente pesquisa foi conduzida com o objetivo de avaliar o efeito da adubação com composto orgânico, obtido a partir do lodo de Estação de Tratamento de Água (ETA), combinado com biomassa vegetal, no desenvolvimento de espécies frutíferas. O estudo foi realizado em áreas experimentais previamente preparadas, onde diferentes doses do composto foram aplicadas de forma controlada. Foram utilizadas técnicas padronizadas de preparo, aplicação e monitoramento, para garantir a reprodutibilidade dos resultados. O desenvolvimento das plantas foi acompanhado ao longo de um período determinado, com coleta de dados sobre parâmetros como crescimento, produtividade e qualidade do solo, visando verificar a eficácia do composto como alternativa sustentável para adubação.

3.1 Local do experimento

A condução do experimento com as espécies frutíferas foi realizada em um pomar experimental, que fica localizado em uma área da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), chamada de São Gonçalo, em Tianguá-CE. Na Figura 1 é possível observar uma vista aérea desta ETE. O Pomar Experimental é uma área demonstrativa da prática de reúso, que conta com 84 plantas frutíferas de diferentes espécies, distribuídas em 7 linhas de plantio, cada linha com 12 plantas, que são adubadas com composto orgânico produzido com lodo da Estação de Tratamento de Água (ETA) de Jaburu, Tianguá-CE, sendo irrigadas com efluente tratado da estação.

Figura 1. Área do Pomar Experimental, localizado na ETE São Gonçalo, Tianguá-CE.



Fonte: autor.

3.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), avaliando cinco doses do composto orgânico obtido com lodo de ETA (0, 1, 2, 3 e 4 kg por planta), com 4 repetições, totalizando 20 unidades experimentais. As espécies avaliadas no experimento foram de Citrus (laranja e tangerina), como pode ser visto na Figura 2. Cada dose foi aplicada visando determinar o efeito do composto sobre o desenvolvimento das plantas.

Figura 2. Área experimental com frutíferas, Tianguá-CE.



Fonte: autor.

3.3 Composto e adubação

O composto orgânico é oriundo do processo de compostagem aeróbica, através da mistura do lodo produzido na ETA Jaburu, restos de podas e materiais orgânicos obtidos através da coleta seletiva desta mesma ETA (Figura 3). As leiras são montadas, irrigadas manualmente e reviradas semanalmente. Após o período de 6 meses o composto é peneirado, em peneira com granulometria de 5 mm, e utilizado para adubação. Uma amostra do composto finalizado e do solo foi coletada e enviada para análise no laboratório de Solos e Água da Universidade Federal do Ceará (UFC).

Figura 3. Área de compostagem da ETA Jaburu.



Fonte: autor.

Para a adubação, são utilizadas as doses do composto orgânico avaliadas no experimento (0, 1, 2, 3 e 4 kg de composto por planta), sendo o mesmo disponibilizado de forma manual, através de um recipiente em forma circular, seguindo a projeção da copa, como pode ser visto na Figura 4, sendo o composto aplicado trimestralmente ao longo de um ano.

Figura 4. Adubação com composto oriundo do lodo de ETA.



Fonte: autor.

3.4 Manejo da Cultura

Além da adubação, durante a condução das espécies é realizada a poda, retirando-se os ramos ladrões e galhos quebrados, que contenham pragas, com o intuito de melhorar a

incidência de luz e potencializar a eficiência fotossintética das plantas (Figura 5A). Para controle fitossanitário, é aplicado o inseticida Azamax, seguindo as recomendações do fabricante, sendo aplicado utilizando um pulverizador costal, no final da tarde (Figura 5B).

Figura 5. Poda de condução (A) e aplicação de inseticidade (B) em plantas frutíferas.



Fonte: autor.

3.5 Irrigação

A irrigação é realizada utilizando o efluente tratado da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) São Gonçalo, através do método de irrigação do tipo “xique-xique”, que consiste em um método de irrigação localizada, em que o volume de água necessário para a planta é disponibilizado por meio de um furo, para cada planta, na tubulação de irrigação (Figura 6).

Figura 6. Irrigação das plantas com efluente tratado através do sistema “xique-xique”.



Fonte: autor.

Para acompanhamento dos parâmetros de qualidade do efluente de reúso, foi realizada uma coleta e uma análise para quantificação da presença ou ausência de ovos de geohelminhos, além dos parâmetros de condutividade elétrica (CE) e relação de adsorção de sódio (RAS), conforme recomendado pela COEMA 02/2017, onde verificou-se $<1,00$ n° ovos/mL, CE = 1.139,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e RAS = 12,27 mmolc/L, estando os valores dentro dos limites recomendados.

3.6 Variáveis analisadas

3.6.1 Análise Química do Composto e do Solo

Para a análise do composto orgânico, permitindo a determinação dos macros e micronutrientes, foi utilizada a extração nitroperclórica e a determinação por espectrometria de absorção atômica (MAPA, 2017); Alumínio (Al^{+3}) – extração nitroperclórica e determinação por espectrometria de emissão atômica por plasma (MAPA, 2017); Carbono (C) – extração por oxidação por via úmida, com dicromato de potássio e ácido sulfúrico, e determinação por titulometria. (Mendonça & Matos, 2017); N – extração por ácido sulfúrico e determinação por destilação a vapor e titulometria (Tedesco et al., 1995).

Para a análise do solo, a determinação seguiu as seguintes metodologias: pH – H_2O (Silva, 2009); P – Extração por melich 1 e determinação por colorimetria (Silva, 2009); Ca e Mg – extração por acetato de amônio e determinação por espectrometria de absorção atômica (Silva, 2009); Na e K – Extração por melich 1 e determinação por fotometria de chama (Silva, 2009); Al – Extração por cloreto de potássio e determinação por titulometria (Silva, 2009); H+Al – Extração por acetato por cálcio e determinação por titulometria (Silva, 2009).

Micronutrientes – Extração por melich 1 e determinação por espectrometria de absorção atômica (Silva, 2009); C – Extração por oxidação por via úmida com dicromato de potássio e ácido sulfúrico e determinação por titulometria (Mendonça & Matos, 2017); N – Extração por ácido sulfúrico e determinação por destilação a vapor e titulometria (Raij et al., 2001).

3.6.2 Desenvolvimento das plantas

Para acompanhamento do desenvolvimento das espécies cultivadas no Pomar Experimental, foi realizado a mensuração da altura (ALT), conforme pode ser observado na Figura 7A, e do diâmetro do caule (DC), base caulinar, de todas as plantas, conforme pode ser verificado na Figura 7B. Foram selecionados esses parâmetros por serem comumente avaliados em trabalhos de desenvolvimento de espécies e por também serem avaliações de baixo custo.

Em seguida, foi feita a amostragem das repetições de cada espécie, que receberam a mesma adubação, de forma aleatória. Para essas avaliações, são utilizados uma trena graduada em cm (altura) e um paquímetro digital graduado em mm (diâmetro do caule), sendo as medições realizadas 12 meses após o início da aplicação do composto orgânico. Em complemento, também foi calculada a razão ALT/DC das plantas.

Figura 7. Mensuração da altura (A) e diâmetro do caule (B) das plantas frutíferas.



Fonte: autor.

3.7 Análise estatística

Para os dados de natureza quantitativa, foi realizada a análise de regressão, que é uma técnica estatística usada para modelar a relação entre uma variável dependente e uma ou mais variáveis independentes. A equação da regressão foi ajustada aos dados com base na significância dos coeficientes de regressão a 1% e 5% de probabilidade, utilizando o teste F, que avalia a adequação global do modelo. Em complemento, foram calculados os pontos máximos e as doses ótimas, através da derivação da equação de cada variável, igualando o valor da derivada a zero.

Além disso, a comparação entre médias foi realizada por meio do teste de médias de Tukey, considerando a probabilidade $P < 0,05$. O teste de Tukey é utilizado para identificar quais grupos apresentam diferenças significativas entre suas médias após uma análise de variância (ANOVA). Para as análises estatísticas, utilizou-se o programa computacional gratuito “ASSISTAT 7.6 BETA” e para a confecção dos gráficos utilizou-se o Sigmaplot (versão 11.0, SYSTAT Software, Inc.).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados nesse tópico referem-se à coleta de dados e avaliação da altura e do diâmetro do caule das espécies avaliadas, que foram adubadas com diferentes doses do composto orgânico, bem como a caracterização química do composto utilizado no experimento e do solo. O crescimento das plantas foi utilizado como métrica comparativa para analisar o efeito do uso do composto orgânico, aplicado como adubo, no desenvolvimento das espécies. Além disso, o tópico também aborda a caracterização química do composto orgânico produzido a partir do lodo de ETA e de biomassa vegetal, bem como a análise das condições químicas e físicas do solo, onde foi realizado o experimento, sendo fundamental para entender as propriedades do composto, a sua interação com o solo e os resultados obtidos no desenvolvimento das plantas avaliadas.

4.1 Análise do composto orgânico e do solo

No que diz respeito à análise do composto orgânico, uma amostra do composto finalizado foi coletada e enviada para análise no laboratório de Solos, da Universidade Federal do Ceará (UFC). Os resultados estão apresentados na Tabela 1 e 2, para macronutrientes e micronutrientes, respectivamente.

Tabela 1 – Caracterização química do composto orgânico obtido com lodo de ETA.

Ca	Mg	Na	K	P	Al ³⁺	C	N	C/N
-----g/kg-----								-
2,84	0,1	0,1	0,47	0,2	77,04	137,11	6,75	20,31

Fonte: autor.

Tabela 2 – Caracterização química do composto – micronutrientes.

Fe	Mn	Zn	Cu
-----mg/kg-----			
18.646,0	195,45	49,55	12,98

Fonte: autor.

Através dos resultados obtidos com a análise química do composto (Tabela 1 e 2), verificou-se que o composto orgânico produzido na ETA Jaburu fornece quantidades satisfatórias de macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e de micronutrientes Fe, Cu, Zn e Mn, podendo,

portanto, ser considerado uma fonte alternativa e sustentável para o fornecimento desses nutrientes, que são essenciais para o desenvolvimento das plantas.

A recomendação nutricional de Citrus, conforme Magalhães e Souza (2009) e Borges et al. (2021), considerando os três macronutrientes principais e baseando-se nas características do solo avaliado é: N = 60 kg/ha⁻¹; P = 40 kg/ha⁻¹; K = 40 kg/ha⁻¹. Como utilizamos o espaçamento de 3m x 5m e área total de 200 m² no plantio, converteu-se o valor kg/ha⁻¹ em g/planta⁻¹, sendo recomendado: N = 90 g/planta⁻¹; P = 60 g/planta⁻¹; K = 60 g/planta⁻¹. Nesse sentido, através da análise química do composto, Tabela 1, calculou-se as doses do composto orgânico a fim atender a recomendação de 100% de N na maior dose (4 kg de composto por planta), uma vez que o excesso de nutrientes pode causar toxidez nas plantas. Assim, a porcentagem fornecida de nutrientes pelo composto, atende as seguintes porcentagens da recomendação, como pode ser observado na Tabela 3. A dose 0 foi o tratamento testemunha.

Tabela 3 – Porcentagem de N, P e K através do fornecimento do composto orgânico.

Dose do composto (kg)	N (%)	P (%)	K (%)
1	30	1,33	3,13
2	60	2,67	6,27
3	90	4	9,4
4	120	5,33	12,53

Fonte: autor.

Vale ressaltar que o composto apresenta uma concentração de 137,11 g/kg de C e 77,04 g/kg de Al³⁺ e uma relação C/N de 20,31, sendo este valor compatível com o recomendado por Morello et al. (2011). Para que o composto atenda demandas específicas de determinadas culturas e apresente uma relação C/N adequada (em torno de 30/1), é necessário a adição de uma quantidade superior de C (Morello et al., 2011), podendo ser utilizados materiais de podas, sendo recomendável a adição de esterco no processo de compostagem.

O enriquecimento do composto orgânico, com a adição de matérias-primas que possuam alguma característica de interesse, como os esterco, pode ser realizado durante o processo de compostagem, a fim de melhorar as características químicas do composto final, aumentando as quantidades de macro e micronutrientes, e assim, auxiliar no desenvolvimento das culturas (Moraes & Borges, 2017).

Nessa perspectiva, optou-se pela adição do esterco bovino ou de aves no processo de compostagem, de forma a complementar, especialmente, os macronutrientes do composto orgânico produzido na ETA Jaburu, de forma a potencializar a quantidade dos nutrientes

liberados para as plantas. O esterco de galinha pode incrementar a quantidade de nutrientes, especialmente de nitrogênio e fósforo, enquanto o esterco de gado auxilia, especialmente nos incrementos de fósforo e potássio (Souza & Resende, 2003).

Ressalta-se que a quantidade significativa de alumínio verificada no composto final deve-se a utilização do lodo de ETA, que utiliza em seu processo de tratamento de água o produto químico Policloreto de Alumínio 32% (PAC-32). No entanto, ao verificar a análise de solo da área do Pomar Experimental, conforme valores apresentados nas Tabelas 4, 5 e 6, constata-se a não presença do alumínio no solo. Isso deve-se, possivelmente, devido às características químicas do solo da região, que apresenta pH de 7,8 (neutro tendendo para básico). Em solos que apresentam pH acima de 5,5, o Al precipita como hidróxido de alumínio, Al (OH)₃, e, assim, a sua ação tóxica, cuja a principal fonte é o H⁺, são eliminadas (Kinraide, 1991), e, por isso, os valores de Al e seu possível efeito tóxico não foram identificados. Solos que apresentam pH abaixo de 5,5 são considerados ácidos e apresentam problemas de fertilidade e toxicidade.

Tabela 4 – Caracterização química do solo.

pH	P	Ca	Mg	K	Al⁺³	H+Al	SB	CTC	V
H ₂ O	mg/kg	-----cmol _c /kg-----						%	
7,8	6,5	5,49	0,57	0,12	-	3,68	6,27	9,95	63,01

Fonte: autor.

Tabela 5 – Caracterização química do solo – micronutrientes, C/N e MO.

Fe	Mn	Zn	Cu	C/N	MO
-----mg/kg-----				-	dag/kg
77,74	40,66	5,20	0,36	20,25	4,12

Fonte: autor.

Tabela 6 – Caracterização química do solo – atributos de salinidade.

Na	PST	CE
cmol _c /kg	%	ds/m
0,09	0,90	0,16

Fonte: autor.

É importante destacar que cada composto orgânico apresenta variação na quantidade de nutrientes, então, essa adição de esterco para enriquecimento, especialmente dos macronutrientes primários (N, P e K), baseia-se na necessidade nutricional de cada cultura. A quantidade de cada material utilizado no experimento foi baseada no peso (kg) de cada componente da compostagem, o que resultou numa proporção de volume (m³) distinto para a biomassa, o lodo e o esterco. Para a proporção da referida compostagem, foi utilizada para cálculo a planilha CompostCalc, disponibilizada pela Embrapa (2018), que permite calcular os percentuais de matérias-primas que serão utilizadas na compostagem para estabelecer uma relação C/N próxima a 30:1. Como utilizamos o composto para adubação de Citrus, a utilização de esterco pode ser baseada na quantidade de lodo e de poda utilizada. Após os cálculos verificou-se que para cada 20 kg de lodo e 20 kg de poda, deve ser incrementado ao adubo 1 kg de esterco para enriquecer a quantidade de macronutrientes, e assim, buscar atender à necessidade nutricional da planta que o recebe.

Por fim, ressalta-se que, atrelado ao enriquecimento de C e de adubos orgânicos no processo de compostagem, é crucial atentar-se para 3 pontos fundamentais: a temperatura, a umidade e a aeração. Deve-se haver o controle da temperatura, garantindo que esta fique dentro da faixa de 60 a 75°C, durante a primeira etapa do processo de compostagem, que é geralmente de 30 dias, e após esse período a temperatura tende a diminuir e a estabilizar, conforme observado por Morello et al. (2011).

4.2 Desenvolvimento das plantas

No que diz respeito a análise de variância, observou-se que as variáveis altura de plantas (ALT), diâmetro do caule (DC) e razão ALT/DC foram influenciadas significativamente pelas doses do composto orgânico, aos níveis de 1% e 5% de probabilidade (Tabela 7).

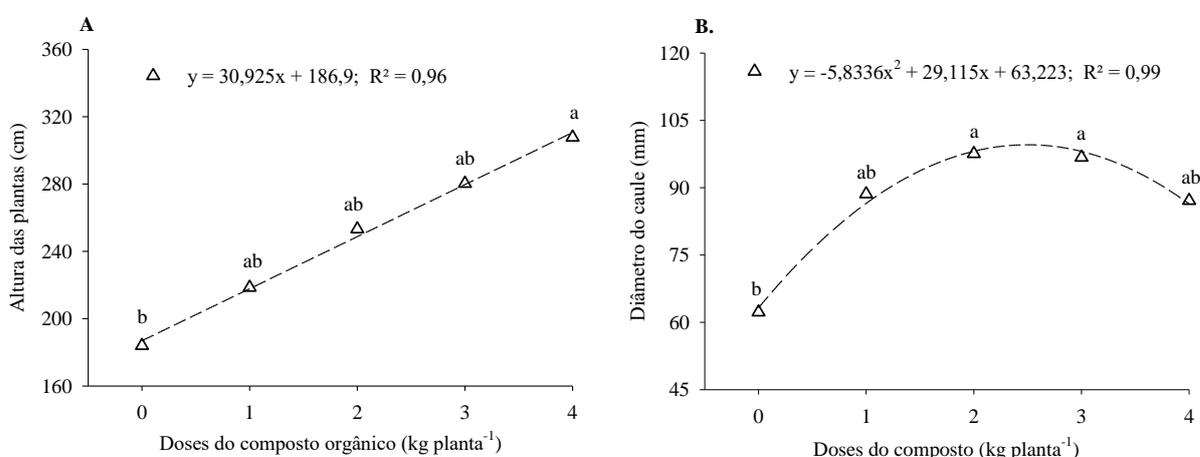
Tabela 7 - Análise de variância para altura de plantas (ALT), diâmetro do caule (DC) e razão ALT/DC em plantas de Citrus adubadas com diferentes doses de composto orgânico.

FV	GL	Quadrado Médio		
		ALT	DC	ALT/DC
Tratamentos	4	9601,12*	818,67**	0,61*
Resíduo	15	2447,68	157,36	0,15
Total	19	-	-	-
Média Geral		248,75	86,45	2,88
CV (%)		19,89	14,51	13,26

*, ** = Significativo a 5% e a 1 % pelo teste F, respectivamente e ns = não significativo.

Para a altura de plantas (ALT), observou-se uma resposta linear em função do aumento das doses de composto orgânico, em que a dose máxima (4 kg de composto por planta) alcançou um ponto máximo de 310,6 cm, apresentando um incremento de 66,2% (Gráfico 1A), em relação a dose zero. No que diz respeito ao diâmetro do caule (DC), foi verificado uma resposta quadrática com ponto máximo de 99,5 mm na dose de 2,5 kg de composto por planta. Ao fazer uma comparação entre a dose 0 e a dose de 2,5 kg de composto por planta que obteve o ponto máximo), observou-se incremento de 57,4% (Gráfico 1B).

Gráfico 1. Altura (A) e diâmetro do caule (B) das plantas de Citrus adubadas com diferentes doses de composto orgânico



Fonte: autor.

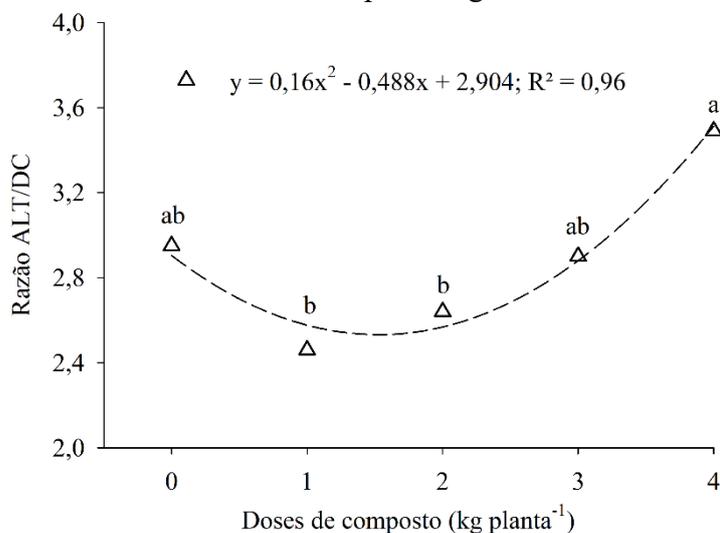
A resposta linear observada para a altura das plantas indica que o incremento na dose do composto orgânico proporciona maior disponibilidade de nutrientes essenciais para o crescimento vegetal. O composto orgânico mostrou-se efetivo para o aumento da altura das espécies avaliadas, permitindo concluir que esse composto potencializa o crescimento dessas plantas. Os resultados positivos para a altura das plantas estão associados à liberação de nutrientes fornecidos pelo composto orgânico. Além do fornecimento de nutrientes, a utilização de adubos oriundos do processo de compostagem, favorece a reciclagem de materiais que seriam subutilizados, tornando-se uma alternativa ambientalmente sustentável. Vale ressaltar que o ponto máximo da altura não pode ser determinado por causa do efeito linear causado pelas doses crescente do composto orgânico.

O incremento de 57,4% no diâmetro do caule na dose ótima destaca a importância de identificar o ponto de máxima eficiência para evitar perdas ou impactos negativos no desenvolvimento das plantas. Esse resultado evidencia a relevância de ajustes precisos na aplicação de insumos orgânicos, garantindo não apenas o máximo aproveitamento dos

nutrientes disponíveis, mas também a sustentabilidade do manejo agrícola. Além disso, compreender a resposta das plantas a diferentes doses contribui para a otimização dos recursos utilizados, promovendo um crescimento saudável e produtivo das culturas.

Para a variável razão ALT/DC, nota-se uma tendência quadrática, em que a dose de 1,5 kg de composto por planta apresentou um ponto mínimo no valor de 2,53, enquanto a dose de 4 kg composto por planta apresentou um valor de 3,51 (Gráfico 2). Ao comparar os valores obtidos na dose de 1,5 e 4 kg de composto planta⁻¹, nota-se uma superioridade de 38,7%.

Gráfico 2. Razão altura/diâmetro do caule das plantas de Citrus adubadas com diferentes doses de composto orgânico.



Fonte: autor.

A adubação com composto orgânico oriundo do lodo de ETA favoreceu o desenvolvimento das espécies avaliadas, sugerindo que o fornecimento de nutrientes, especialmente os macronutrientes primários (N, P e K), auxiliaram no melhor desenvolvimento das espécies. Portanto, pode-se concluir que a aplicação de materiais orgânicos no solo melhora as características físicas, químicas e biológicas deste, de forma a potencializar o desenvolvimento das frutíferas avaliadas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos mostram que o composto orgânico proveniente do lodo de ETA Jaburu possui bons níveis de nutrientes, que se mostraram eficientes no auxílio ao desenvolvimento das frutíferas avaliadas, sendo necessário trabalhos futuros para verificar a potencialidade deste composto para a produção de frutas.

A aplicação das doses do composto orgânico promoveu incrementos significativos na altura, no diâmetro do caule e na razão ALT/DC, sendo indicadas doses entre 2 a 4 kg de composto por planta, pois estas auxiliaram no melhor desenvolvimento de Citrus.

A aplicação de compostos orgânicos e irrigação com efluente tratado mostram-se como alternativas viáveis e sustentáveis para a adubação de frutíferas. A análise do solo indicou pH em níveis seguros, prevenindo toxicidade por alumínio e favorecendo o desenvolvimento das plantas, destacando o potencial dessas práticas para a gestão de resíduos e a sustentabilidade agrícola.

Para estudos futuros, recomenda-se investigar doses superiores às testadas neste experimento, para verificar se a altura das plantas mantém a tendência linear e se o diâmetro do caule e a razão ALT/DC seguem a resposta polinomial quadrática observada. Essa abordagem permitirá uma compreensão mais ampla do comportamento das plantas sob diferentes concentrações de macronutrientes, contribuindo para a definição de doses ainda mais precisas e eficientes no manejo agrícola.

6 AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente à Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB) pelo apoio e realização da especialização. À Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE) pela disponibilização da área de pesquisa para coleta de dados, a Gerência de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (GEPED) e a Unidade de Negócio da Bacia da Serra da Ibiapaba (UNBSI) pelo apoio e parceria.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, E. F.; AGUIAR, A. S.; ARAUCO, M. A. S.; GONÇALVES, E. O.; ALMEIDA, K. N. S. Crescimento e qualidade de mudas de paricá produzidas em substratos à base de resíduos orgânicos. **Revista Nativa**, Mato Grosso, v. 5, n. 1, p. 16-23, 2017.
- BARROS, H. M. M.; VERIANATO, M. K. L.; SOUZA, L. P.; CHICÓ, L. R.; BAROSI, K. X. L. Reúso de água na agricultura. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 5, p. 3, 2015.
- BARROS, J. C. S. M.; RÊGO FILHO, L. M.; CELESTINO, R. C. A.; PROHMANN, L. L. Águas de reúso para irrigação de pomar de lima ácida ‘Tahiti’ (*citrus latifolia* Tanaka). **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 3, p. 1224-1239, 2020.
- BORGES, A. L.; GIRARDI, E. A.; SOUZA, L. da S. Calagem e adubação para os citros (laranjeiras, limeiras-ácidas e tangerineiras). In: BORGES, A. L. (Org.). **Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, citros, mamão, mandioca, manga e maracujá**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. p. 165-186. Capítulo 9.
- BITENCOURT, G. A.; APOLARI, J. P.; SOUZA, G.; MONTEIRO, R. T. R. Lodo gerado em Estação de Tratamento de Água: Avaliação preliminar da toxicidade em plantas de milho. **Scientia Plena**, v. 16, n. 12, p. 1-11, 2020.
- BRANCALIONE, L. **A economia circular no contexto do agronegócio**. 2022. 26f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização de Gestão Pública Municipal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS, Brasil, 2022.
- CAMINADA, S. M. L.; BOCCHIGLIERI, M. M.; PAGANINI, W. S.; VELINI, E. D. Avaliação do processo de compostagem de lodo proveniente de estação de tratamento de esgoto: legislação, parâmetros biológicos, comportamento dos nutrientes, e condições físico-químicas. **Cadernos Técnicos Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 3, n. 2, p. 13-22, 2023.

CARDOSO, A. I. I.; FERREIRA, K. P.; VIEIRA JÚNIOR, R. M.; ALCARDE, C. Alterações em propriedades do solo adubado com composto orgânico e efeito na qualidade das sementes de alface. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, p. 594-599, 2011.

COSTA, R. S.; CAVALCANTE, J. S.; ARAÚJO, F. N.; BEZERRA, C. Q. P. Reúso do lodo de estação de tratamento de água como composto orgânico para o desenvolvimento de espécies frutíferas. **Anais...** Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Belo Horizonte – MG, 2022.

CRUZ, C. L. B. M.; SANTOS, A. S. P.; RITTE, E. Avaliação de diferentes combinações entre lodo de ETA e lodo de ETE para produção de mudas florestais. **Revista DAE**, v. 70, n. 238, p. 211-227, 2019.

CUBA, R. DA S.; CARMO, J. R. DO; SOUZA, C. F.; BASTOS, R. G. Potencial de efluente de esgoto doméstico tratado como fonte de água e nutrientes no cultivo hidropônico de alface. **Revista Ambiente & Água**, v.10, n.3, p.574-586, 2015.

CUNHA, G. D.; STACIHW, R.; QUADROS, K. M. Lodo de estação de tratamento de água como componente para germinação de mudas florestais. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 1, p. 40-53, 2020.

DOTANIYA, M. L.; MEENA, V. D.; SAHA, J. K.; DOTANIYA, C. K.; MAHMOUD, A. E. D.; MEENA, B. L.; DOUTANIYA, R. K.; SOLANKI, P.; LATA, M.; RAI, P. K. Reuse of poor-quality water for sustainable crop production in the changing scenario of climate. **Environment, Development and Sustainability**, v. 25, n. 8, p. 7345-7376, 2023.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **CompostCalc**. Disponível em <https://ciorganicos.com.br/planilha-de-calculo-de-compostagem-embrapa-agrobiologia-22snaorganicsnetci-organicos-22/>. Acesso em: 10/10/2024.

EVANGELISTA, D. L. **Análise bibliométrica dos impactos do reúso de efluentes na qualidade do solo**. 2023. 45f Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal/RN, Brasil, 2023.

FERNANDES, D. A.; GOBBO, S. D. Â. A.; SUHET, M. I.; AMARAL, A. A. Uso da água e sustentabilidade da agricultura. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 5, p. 14, 2013.

FERREIRA, D. DE M.; NAVONI, J. A.; ARAÚJO, A. L. C.; TINOCO, J. D.; AMARAL, V. S. DO. Reuso agrícola de águas no brasil: limites analíticos do efluente para controle de impactos. **Revista Caatinga**, v.32, n.4, p.1048-1059, 2019.

GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. **Ciência Saúde Coletiva**, n. 17, v. 6, p. 1503-1510, 2012.

JARAMILLO, M. F.; RESTREPO, I. Wastewater reuse in agriculture: A review about its limitations and benefits. **Sustainability**, v. 9, n. 10, p. 1734, 2017.

KINRAID, T. B. Identity of the rhizotoxic aluminum species. **Plant Soil**, v.134, p.167-178, 1991.

LACERDA, K. A. P.; MORAES, J. V. Q.; SILVA, Y. G.; OLIVEIRA, S. L. Compostagem: alternativa de aproveitamento dos resíduos sólidos utilizando diferentes modelos de composteiras. I **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 40753-40763, 2020.

LINS, E. A. M.; ARRUDA, Y. L. A.; CAVALCANTI, F. M.; LEÃO, N. S. R.; TELES, P. V. M.; SILVA, C. B. L.; MARINHO, M. E.; BARBOSA, M. S. Uso do composto orgânico e lodo de tratamento de água para o desenvolvimento vegetal - estudo piloto. **Contribuciones a Las Ciencias Sociales**, v.17, n. 8, p. 1-25, 2024.

LÓPEZ-SERRANO, M. J.; VELASCO-MUÑOZ, J. F.; AZNAR-SÁNCHEZ, J. A.; ROMÁN-SÁNCHEZ, I. M. Sustainable use of wastewater in agriculture: A bibliometric analysis of worldwide research. **Sustainability**, v. 12, n. 21, p. 8948, 2020.

MAGALHÃES, A. F. de J.; SOUZA, L. da S. Calagem e adubação para laranjeiras, tangerineiras e híbridos. In: BORGES, A. L.; SOUZA, L. da S. **Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, laranja, tangerina, lima ácida, mamão, mandioca, manga e maracujá**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura

Tropical, 2009. p. 74-91.

MAPA - **Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes e corretivos**. Brasília: MAPA, 2017. 240p.

MENDONÇA, E de. S.; MATOS, E da. S. **Matéria Orgânica do Solo: Métodos de Análises**. 2 ed. Viçosa, MG: UFV-Gefert, 2017.

MONTEMURRO, F.; FERRI, D.; TITTARELLI, F.; CANALI, S.; VITTI, C. Anaerobic digestate and on-farm compost application: Effects on lettuce (*Lactuca sativa* L.) crop production and soil properties. **Compost Science & Utilization**, v. 18, p. 184- 193, 2010.

MORAES, A. da S.; BORGES, W. L. **Enriquecimento de composto orgânico com efluente de aquaponia**. EMBRAPA (III Jornada Científica), 2017.

MORAIS, N. W. S.; SANTOS, A. B. Análise dos padrões de lançamento de efluentes em corpos hídricos e de reúso de águas residuárias de diversos estados do Brasil. **Revista DAE**, v. 67, n. 215, p. 40-55, 2019.

MORELLO, C. G.; CANSIAN, D. C. V.; SILVA, T. L.; LAUTENSCHLAGER, S. R. **Compostagem orgânica utilizando como substrato resíduos da poda urbana com lodo de eta**. VII EPCC–Encontro Internacional de Produção Científica Cesumar, Maringá, out, 2011.

MORSELLI, L. B. G. A.; CARMO, L. A. G.; QUADRO, M. S.; ANDREAZZA, R. Lodo de estação de tratamento de água: possibilidade de aplicação no solo. **Scientia Plena**, v. 18, n. 5, p. 1-11, 2022.

MORUZZI, R. B. Reúso de água no contexto da gestão de recursos hídricos: impacto, tecnologias e desafios. **OLAM-Ciência & Tecnologia**, v. 8, n. 3, p. 271-294, 2008.

MOURA, A. Q.; CORRÊA, E. B.; FERNANDES, J. D.; MONTEIRO FILHO, A. F.; LEÃO, A. C.; BOAVA, L. P. Eficiência agronômica da alface submetida a diferentes compostos orgânicos. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 10, n. 1, p. 155-163, 2020a.

MOURA, P. G.; ARANHA, F. N.; HANDAM, N. B.; MARTIN, L. E.; SALLES, M. J.; CARVAJAL, E.; JARDIM, R.; SOTERO-MARTINS, A. Água de reúso: uma alternativa sustentável para o Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.25, n.6, p.791-808, 2020b.

OLIVEIRA, S. F. M.; TENÓRIO, T. M.; MARQUES, S. K. J. Caracterização do lodo de Estação de Tratamento de Água (ETA) da cidade de Palmeira dos Índios-Alagoas para potencial aplicação em massas cerâmicas. **Matéria**, v. 28, n. 4, p. 1-15, 2023.

PAES, L. J. S.; FERREIRA-SANTOS, J.; DIAS, E. H. O. Utilização agrícola de biossólidos: análise crítica da resolução CONAMA N° 498/2020. **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales. Investigación, desarrollo y práctica**, v. 16, n. 2, p. 439-455, 2023.

PAREDES FILHO, M. V. Compostagem de lodo de esgoto para uso agrícola. **Revista Agrogeoambiental**, v. 3, n. 3, p. 73-80, 2021.

PUGA, A. P.; RIBEIRO, P. L.; Pires, A. M. M.; Bettiol, W.; Andrade, C. A.; PUGA, A. P.; ANDRADE, C. A. Uso de lodo de esgoto na agricultura. In: **Entendendo a matéria orgânica do solo em ambientes tropical e subtropical** Wagner Bettiol, p. 507-530, 2023.

RAIJ, B. V.; ANDRADE, J. C. de. CANTARELLA, H. J.; QUAGGIO, A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 285 p.

RIBEIRO, P. L. **Incorporação de lodos de estações de tratamento de água: efeitos sobre atributos do solo e desempenho agrônomico de cultivos anuais**. 2020. 78f. Dissertação (Mestrado em Manejo e Conservação do Solo e da Água) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas/RS, Brasil, 2020.

SANTOS, K. L.; PANIZZON, J.; RODRIGUES, T. F.; MATTILA, H.; JAHNO, V. D. O ensino da compostagem doméstica como instrumento para promoção da economia circular em sistemas de gestão e gerenciamento de resíduos sólidos urbanos. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v. 17, n. 6, p. 296-319, 2022a.

SANTOS, L. K. J.; PINTO, C. O.; CAVALCANTI, L. A. P. Aplicações da lama de ETA

visando à mitigação de impactos ambientais: uma revisão integrativa. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 9, n. 21, p. 469-482, 2022b.

SANTOS, R. F.; MATSURA, E. E.; SANTOS, R. K. Implicações do reuso de efluente de esgoto doméstico tratado na irrigação agrícola. **Acta Iguazu**, v. 4, n. 2, p. 70-86, 2015.

SILVA, E. C. G.; PAZ, T. L. D. C.; ARAUJO, D. M. F. **Monitoramento de parâmetros físico-químicos para avaliação do efluente tratado proveniente de uma ETE**. EMBRAPA Amapá, p. 1-3, 2016.

SILVA, F. C. da. (Ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 627p.

SILVA, J. L.T. **Viabilidade técnica do uso do lodo de estação de tratamento de água na produção de alface**. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado Profissional em Tecnologias Ambientais) – Instituto Federal de Alagoas, Marechal Deodoro/AL, Brasil, 2022.

SOUSA, J. T.; VAN HAANDEL, A. C.; CAVALCANTI, P. F. F.; FIGUEIREDO, A. M. F. D. Tratamento de esgoto para uso na agricultura do semi-árido nordestino. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 10, p. 260-265, 2005.

SOUZA, A. C. Z. **Uso sustentável do lodo de tratamento de água e esgoto: efeitos fitotóxicos, genotóxicos e possibilidade de uso antes e depois da biorremediação**. 2021. 167f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro/SP, Brasil, 2021.

SOUZA, J. L. de; RESENDE, P. **Manual de horticultura orgânica**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2003. 564p: II. ISBN: 85-88216-38-8.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre, Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1995. 174p.

TORRES, D. M.; NASCIMENTO, S. S.; SOUZA, J. F.; FREIRE, J. O. Tratamento de

efluentes e produção de água de reúso para fins agrícolas. **Holos**, v.8, p.1-15, 2019.

VASCONCELOS, I. F. M.; ARANTES FILHO, W.; SILVA, J. D. S. Análise da compostagem dos resíduos sólidos orgânicos no município de Itapagipe/MG. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 7, n. 8, p. 402-414, 2021.

VILLANOVA, D. L.; MACHADO, V. F. Lodo de estação de tratamento de água: destinação e reciclagem. **Revista Liberato**, v. 23, n. 40, p. 139-148, 2022.