

USO DA VERMICOMPOSTAGEM COMO ALTERNATIVA DE TRATAMENTO DO LODO DE ETA.

Yann Lucas de Aguiar Arruda¹

ylaa@discente.ifpe.edu.br¹

Ronaldo Faustino da Silva²

ronaldofaustino@recife.ifpe.edu.br

RESUMO

O lodo gerado no tratamento de água pode ser eficientemente gerido por meio da vermicompostagem. Este trabalho teve como objetivo reaproveitar o lodo da Estação de Tratamento de Água para produzir vermicomposto a partir de resíduos orgânicos e aplicá-lo no cultivo de plantas. A metodologia consistiu na montagem de uma vermicomposteira aeróbia, utilizando 70% de folhagem seca, 20% de matéria orgânica, 5% de lodo e 5% de minhocas. Após o processo, o composto final foi testado em dois grupos de sementeiras, organizados em triplicata: o Grupo 1 recebeu o vermicomposto misturado a um composto inerte, enquanto o Grupo 2 utilizou apenas o composto inerte para o plantio de sementes de coentro. O experimento foi monitorado por 31 dias, avaliando-se a temperatura, a umidade do composto e características físicas das plantas (caule e folhas). Os resultados mostraram que 100% das sementes de coentro no Grupo 1 germinaram e se desenvolveram, enquanto no Grupo 2 apenas 33,3% germinaram, com as demais não apresentando desenvolvimento. Com isso, infere-se que as sementeiras com vermicomposto foram mais eficientes, demonstrando que sua presença melhorou as condições do solo, favorecendo tanto a germinação quanto o crescimento das plantas.

Palavras-chave: Coentro. Vermicompostagem. Lodo de ETA. Resíduos.

ABSTRACT

Sludge generated from water treatment can be efficiently managed through vermicomposting. This work aimed to reuse sludge from the Water Treatment Plant to produce vermicompost from organic waste and apply it to plant cultivation. The methodology consisted of assembling an aerobic vermicompost bin, using 70% dry foliage, 20% organic matter, 5% sludge and 5% earthworms. After the process, the final compost was tested in two sowing groups, organized in triplicate: Group 1 received the vermicompost mixed with an inert compost, while Group 2 used only the inert compost to plant coriander seeds. The experiment was monitored for 31 days, evaluating the temperature, humidity of the compost and physical characteristics of the plants (stem and leaves). The results showed that 100% of the coriander seeds in Group 1 germinated and developed, while in Group 2 only 33.3% germinated, with the rest not showing development. Therefore, it is inferred that sowings with vermicompost were more efficient, demonstrating that its presence improved soil conditions, favoring both germination and plant growth.

Keywords: Coriander. Vermicomposting. ETA sludge. Waste.

Instituto Federal de Pernambuco. Campus Recife. Curso de Bacharelado em Engenharia Civil. 21 de janeiro de 2025.

1 INTRODUÇÃO

A gestão adequada e a reutilização de resíduos gerados pelas atividades humanas são temas de relevância global. A conscientização crescente sobre os danos ambientais causados pelo manejo inadequado desses resíduos tem impulsionado iniciativas voltadas à sustentabilidade.

O aumento da população está intimamente relacionado à intensificação da poluição e à maior demanda por água potável, o que torna necessário ampliar os sistemas de tratamento para atender às necessidades. Nesse contexto, as estações de tratamento de água (ETAs) desempenham um papel essencial, aplicando processos de tratamento em águas superficiais ou subterrâneas para garantir que atendam aos padrões de qualidade antes de serem distribuídas à sociedade.

No tratamento de água, as etapas de filtração e decantação são cruciais para a remoção de partículas suspensas e impurezas, sendo responsáveis pela geração do resíduo conhecido como lodo de ETA. Durante o processo, coagulantes como o sulfato de alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) são adicionados para aglutinar partículas menores em flocos maiores, facilitando sua sedimentação na decantação e posterior retenção nos filtros. Como resultado, o lodo apresenta em sua composição partículas ricas em alumínio (Al). Além disso, suas características estão diretamente ligadas à qualidade da água bruta captada, uma vez que a composição e as propriedades do resíduo refletem os elementos e as impurezas presentes na fonte original. Dessa forma, o lodo possui características distintas. Segundo Hoppen et al. (2006), entre 60% e 95% do total de lodo gerado em uma ETA convencional é acumulado nos decantadores, enquanto entre 5% e 40% fica retido nos filtros.

Conforme a NBR 10.004 (ABNT, 2004), o lodo proveniente das ETAs é categorizado como resíduo sólido de Classe II - A, caracterizado como não inerte e não perigoso, sendo apto para descarte em aterros sanitários. Contudo, o descarte em aterros sanitários é economicamente impraticável, já que o lodo possui um elevado teor de água em sua composição, logo seria necessário desidratá-lo para reduzir seu volume antes do descarte (Franco, 2019). Segundo Silva (2007), os lodos que têm como destinação final o processo de compostagem, devem passar por um processo de desidratação, para eliminar o excesso de água.

No Brasil, é uma prática recorrente entre a maioria das ETAs em funcionamento descartar seus resíduos diretamente em corpos d'água ou no solo das proximidades, sem que sejam submetidos a qualquer tratamento prévio (Molina, 2010). Essa prática gera diversos impactos negativos nos recursos hídricos e no solo. De acordo com o IBGE (2010), cerca de 62% de todo o lodo produzido nas ETAs no Brasil é descartado diretamente nos corpos d'água.

O lodo, com elevada concentração de alumínio, quando descartado diretamente nos leitos dos rios, provoca a redução do oxigênio dissolvido e diminui o volume útil do corpo d'água, resultando no aumento da mortalidade de peixes e invertebrados

Instituto Federal de Pernambuco. Campus Recife. Curso de Bacharelado em Engenharia Civil. 21 de janeiro de 2025.

aquáticos, comprometendo o equilíbrio ecológico local (Achon et al. 2005). Além disso, os peixes acumulam metais, como o alumínio, ao ingerir alimentos contaminados, com esses elementos ficando retidos em suas vísceras e tecidos musculares, sendo posteriormente transferidos aos seres humanos através da cadeia alimentar (Mert et al. 2014). Porém, segundo Achon et al. (2013), o descarte desses resíduos em corpos d'água viola o artigo 54 da Lei 9.605/98, devido aos impactos diretos no ecossistema aquático, configurando-se como um crime ambiental.

Ao analisar os impactos no solo, o descarte direto do lodo é motivo de preocupação devido à toxicidade do alumínio (Al), que se destaca como um dos principais fatores limitantes para a produtividade agrícola em solos ácidos (Taylor, 1988). As raízes das plantas apresentam maior sensibilidade à toxicidade do alumínio devido à acumulação predominante nessa região por ser a parte que permanece em contato direto com o solo contaminado e, conseqüentemente, mais exposta aos efeitos nocivos desse elemento (Batista et al. 2013).

Nesse contexto, diversas pesquisas ao redor do mundo têm sido conduzidas com o objetivo de promover a reutilização desse resíduo, buscando evitar seu descarte inadequado em rios e no solo sem tratamento prévio. Para minimizar esse problema, diversas alternativas de tratamento e destinação final dos resíduos têm sido desenvolvidas, incluindo compostagem, descarte controlado em aterros, envio para estações de tratamento de esgoto, incineração, utilização em práticas agrícolas, entre outras soluções (Tsutiya, 2001).

Entre as diversas alternativas, o lodo de ETA pode ser utilizado de forma viável como insumo para aplicação no solo, desde que passe por um tratamento adequado, como o processo de vermicompostagem (Tavares, 2016). Estudos realizados com esse procedimento, que combina lodo de estação de tratamento de água (ETA) e resíduos de poda urbana, indicam a possibilidade de mitigar as desvantagens, como o baixo conteúdo de carbono e o pH ácido presentes nesse tipo de resíduo.

A vermicompostagem, ao ser utilizada como uma técnica para o tratamento do lodo de estação de tratamento de água (ETA), promove a conversão de diversos tipos de resíduos em um adubo rico que, ao ser incorporado ao solo, resulta em melhorias nas suas propriedades físicas, químicas e biológicas, contribuindo ainda para a redução do volume de resíduos e para a minimização de impactos ambientais, criando um ciclo mais sustentável e eficiente no manejo de resíduos e de tratamentos de água.

Durante o processo de vermicompostagem, foram avaliados parâmetros físicos, como umidade e temperatura, e químicos, como o pH. No entanto, é igualmente importante realizar outras análises desse composto, como a detecção de metais, devido à presença de lodo de ETA em sua composição. Além disso, fazer análises químicas: macronutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio cálcio, magnésio e enxofre) e micronutrientes (cobalto, zinco, manganês, boro, molibdênio e cloro) que têm atuação direta no desenvolvimento e rendimento dos vegetais (Andreoli et al. 1999).

Nesse contexto, o composto gerado ao final do processo da vermicompostagem pode ser utilizado no cultivo vegetal, oferecendo uma alternativa viável para o aproveitamento do lodo proveniente da Estação de Tratamento de Água (ETA).

Assim, o objetivo deste trabalho foi utilizar o lodo da ETA, submetendo-o a um processo de vermicompostagem com materiais orgânicos, a fim de produzir húmus para posterior aplicação no cultivo vegetal, permitindo a análise do desenvolvimento das plantas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Estação de Tratamento de água.

A finalidade de uma ETA é remover cor, turbidez e microrganismos presentes na água, por meio de unidades que contemplam as operações e processos unitários (Tavares, 2016). Para alcançar esse propósito, é essencial que essas estações atendam aos parâmetros de qualidade da água estabelecidos pela Resolução Conama 357/2005 e outros regulamentos.

De acordo com a resolução CONAMA 357/2005, os corpos de água são classificados em três categorias: doce, salgada e salobra. Diante disso, o tratamento de água pode ser realizado de diversas formas conforme a necessidade de purificação. No tratamento básico a água recebe a adição de cloro antes de ser distribuída à população, o que é conhecido como cloração, no tratamento simplificado, além do cloro, também é adicionado flúor à água, um processo chamado fluoretação, enquanto no tratamento convencional, a água bruta passa por um processo mais completo nas (ETAs), que envolve etapas como floculação, decantação, filtração, correção de pH, desinfecção com cloro e fluoretação antes de ser distribuída, já no tratamento avançado, são utilizadas técnicas como clarificador de contato, pré-oxidação, flotação, centrifugação e membranas filtrantes para garantir um nível ainda mais elevado de purificação.

A ETA Alto do Céu está localizada no Bairro do Fundão, no Município do Recife. É classificada como água doce de classe 2, pois seu tratamento é realizado de forma convencional, por meio das seguintes etapas: Gradeamento - Caixa de Mistura – 2 câmaras de floculação – 4 decantadores retangulares – 8 filtros – Desinfecção com cloro.

2.2 Lodos de estações de Tratamento de água.

O lodo gerado em uma ETA possui composição química semelhante à dos sedimentos transportados pelas águas dos mananciais de captação, com a adição de cátions provenientes do processo de floculação, como o sulfato de alumínio (Moreira et al. 2009). Essa concentração de alumínio no lodo depende da quantidade de coagulante aplicada, que, por sua vez, é ajustada de acordo com a vazão e a turbidez da água bruta.

Segundo Katayama (2012) o lodo que contém alumínio na sua composição, possui algumas características, como elevada umidade, aspecto gelatinoso, não tem a

viscosidade definida, a fração sólida é constituída de Hidróxido de alumínio ($\text{Al}(\text{OH})_3$), coloides, resíduos orgânicos e inorgânicos, além de microrganismos removidos no processo de coagulação, floculação e sedimentação.

Em solos agrícolas, o alumínio pode prejudicar o desenvolvimento das raízes, reduzindo sua capacidade de absorver água e nutrientes, o que pode resultar na queda da produtividade das culturas e, em casos mais graves, na morte das plantas (Miguel et al. 2010). A depender da quantidade de alumínio que for lançado no solo, pode causar a redução do pH, levando à sua acidificação. Esse processo dificulta a absorção de macronutrientes e micronutrientes pelas plantas, comprometendo sua nutrição e desenvolvimento. Para corrigir esse problema, é necessário realizar a calagem, um método que consiste na aplicação de calcário, para neutralizar a acidez e melhorar as condições químicas do solo.

Estudos recentes indicam que o lodo de ETA pode ser reaproveitado por meio de diversas alternativas, entre as quais se destaca a vermicompostagem. Esse processo permite tratar o lodo e, ao final, utilizar o produto resultante como uma oportunidade para o cultivo vegetal.

2.3 Vermicompostagem.

De acordo com Kiehl (1985), a compostagem é um processo que envolve a decomposição de resíduos orgânicos de origem vegetal ou animal, realizado por comunidades de micro-organismos, incluindo bactérias e fungos, em um ambiente aeróbico adequado, que depende de fatores como disponibilidade de oxigênio, controle da temperatura e equilíbrio da umidade. A compostagem é realizada em duas fases distintas, sendo a primeira conhecida como bioestabilização ou semi-maturação, caracterizada por reações bioquímicas intensas conduzidas principalmente por micro-organismos termofílicos, responsáveis pela eliminação de bactérias patogênicas, embora micro-organismos mesofílicos também estejam presentes, mas em menor proporção; já a segunda etapa, chamada de maturação, corresponde ao estágio de humificação, no qual os resíduos orgânicos são transformados em húmus, predominando a ação de micro-organismos mesofílicos (Gouveia, 2012).

Apesar da compostagem ser uma prática tradicional baseada principalmente na atividade dos micro-organismos, estudos têm evidenciado que a adição de minhocas, organismos mais avançados, contribui de maneira significativa para melhorias nos aspectos físicos e bioquímicos do processo. O tratamento de resíduos com o uso de minhocas é conhecido como vermicompostagem, uma técnica eficiente que, em um período relativamente curto, promove a decomposição e transformação de resíduos e substâncias orgânicas complexas, ricas em energia, em um material estável e de alto valor, denominado vermicomposto (Sinha et al. 2010). Esse composto orgânico contribui para o aprimoramento da qualidade do solo e diminui os níveis de contaminação e poluição ambiental, além de aumentar a eficiência dos fertilizantes minerais, otimizar o uso de espaços em aterros sanitários, promover a reciclagem de nutrientes e eliminar agentes patogênicos presentes nos resíduos domésticos.

O processo de vermicompostagem é realizado com a participação fundamental das minhocas, sendo a moela um dos órgãos responsáveis por grande parte desse mecanismo, onde a retenção dos resíduos ocorre em um período muito curto devido à ação enzimática e à atividade de micro-organismos como bactérias, fungos, actinomicetos, algas e protozoários presentes no tubo digestivo das minhocas, que possuem preferência alimentar por materiais como esterco animal, resíduos orgânicos provenientes da agricultura, compostos de lixo urbano e industrial, além de lodo de esgoto e lodo gerado no tratamento de água (Tavares, 2016).

Para realizar a vermicompostagem de forma eficiente é necessário analisar e controlar alguns parâmetros durante o processo, como umidade, pH, temperatura, relação carbono/nitrogênio. É essencial monitorar regularmente e manter a temperatura em níveis adequados para as minhocas, preferencialmente entre 20 °C e 25 °C, sendo tolerável de 15 °C a 30 °C, pois temperaturas acima de 35 °C podem ser letais para elas. Já a umidade tem a sua faixa ideal em torno de 70-90% (Fornes et al. 2012). Segundo Kiehl (2004), a relação C/N recomendada para o processo de decomposição varia entre 25/1 e 30/1, sendo que a estabilização da matéria orgânica é alcançada quando a relação C/N do vermicomposto está abaixo de 18/1 e a humificação completa é garantida quando essa relação se aproxima de 10/1.

É essencial selecionar cuidadosamente os resíduos que serão utilizados no processo, evitando materiais como vidros, metais, plásticos, couro, tecidos, papel higiênico, fezes de animais, tocos de cigarro, fraldas descartáveis, gorduras, queijos, carvão, tintas, produtos químicos, frutas cítricas, bagaço ou casca de laranja e limão, flores e produtos de limpeza (Carvalho, 2020). Esses itens podem interferir negativamente no desenvolvimento do processo e comprometer a formação adequada do húmus.

2.4 Potencial agronômico do composto final do processo de vermicompostagem.

Os elementos presentes no lodo podem gerar impactos positivos ou negativos ao meio ambiente, dependendo da forma como são aplicados, por isso é recomendado que a utilização de lodo de esgoto na agricultura esteja acompanhada de uma recomendação agronômica ao produtor, sendo que o uso agrícola do lodo geralmente é restrito pela quantidade de contaminantes presentes em sua composição.

Segundo Silva (2007), o alumínio presente no lodo de ETA é considerado um metal pesado, sendo a presença desse elemento na composição do lodo o principal fator limitante para sua utilização em áreas agrícolas. A presença do alumínio inibe o crescimento radicular das plantas, bloqueando a aquisição e transporte de água e nutrientes (Miguel, 2010). Isso impacta a produtividade agrícola, que depende de substratos capazes de promover o crescimento saudável das raízes, livres de barreiras químicas ou físicas.

Com intuito de utilizar o lodo de ETA na agricultura, é realizado um tratamento de vermicompostagem, que gera um produto final, conhecido como vermicomposto ou húmus, apresenta características de alto valor agronômico. Segundo Silva (2007), Instituto Federal de Pernambuco. Campus Recife. Curso de Bacharelado em Engenharia Civil. 21 de janeiro de 2025.

alguns parâmetros (Tabela 1) são cruciais para determinar as características agronômicas, como: Potencial hidrogeniônico (pH), Matéria orgânica (MO), Potássio (K), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg).

Tabela 1 – Parâmetros sobre vermicomposto, após o desenvolvimento da vermicompostagem.

Parâmetros do vermicomposto	
Parâmetro	Composição
pH	6,90
Matéria orgânica (%)	3,77
P(ug/cm ³)	175,06
K (meq/100cm ³)	0,24
Ca (meq/100cm ³)	34,45
Mg(meq/100cm ³)	0,76

Fonte: Coutinho (1996).

Portanto, o húmus traz diversos benefícios para os solos agrícolas, como: melhoria na estrutura do solo, ajuste do pH, fornecimento de pequenos traços minerais, incremento na capacidade de retenção de água, além de contribuir para melhores condições de aeração do solo (Tsutiya, 2001). Esse material é um fertilizante com elevada concentração de matéria orgânica mineralizada e estabilizada, facilmente assimilável pelas plantas, destacando-se por conter altos níveis de nitrogênio total, fósforo total e potássio (Tavares, 2016).

2.5 Coentro (*Coriandrum sativum* L.)

O coentro (*Coriandrum sativum* L.) pertence à família Apiaceae e tem sua origem em uma região que engloba o Sul da Europa, Norte da África e Oriente Médio, sendo amplamente cultivado em diversos países, onde suas folhas são utilizadas tanto na gastronomia quanto na decoração de pratos, além de ser bastante empregado como condimento e planta medicinal nas regiões Norte e Nordeste do Brasil (Almeida, 2017). Enquanto o óleo extraído das sementes é empregado em tratamentos reumáticos e na indústria de cosméticos (Oliveira et al., 2010).

O coentro é uma planta completa seu ciclo de vida em uma única estação de cultivo (Santos, 2016). O ciclo desde o plantio até a colheita, geralmente leva de 50 a 60 dias, dependendo das condições de cultivo, como temperatura, luminosidade (Clemente, 2015). De acordo com Lopes (2014), seus caules apresentam forma cilíndrica e crescimento ereto, sendo ramificados superiormente e normalmente, atingem uma altura que varia entre 30 e 60 centímetros.

Após o plantio da semente de coentro, é fundamental monitorar e ajustar certos parâmetros essenciais, como a temperatura e a umidade, que são aspectos físicos, além do pH, que é um fator químico. De acordo com Gonçalves (2020), a temperatura ideal para o crescimento do coentro varia entre 20 e 30°C, enquanto a umidade deve ser mantida entre 50% e 80%. O pH mais adequado situa-se na faixa de 6,5 a 7,0 (Mayer, 2024).

3 METODOLOGIA

3.1 Área de estudo.

A Estação de Tratamento de Água (ETA) selecionada para a coleta do lodo e realização das análises e experimentos está situada no bairro do Alto do Céu, em Recife-PE. Essa unidade é responsável por cerca de 10% do volume de água distribuído na Região Metropolitana do Recife, atendendo principalmente a Zona Norte da cidade, incluindo os morros dessa área. Os mananciais que abastecem a ETA incluem os rios Utinga, Pitanga, Paratibe e Beberibe.

Após a coleta, o estudo foi conduzido ao Laboratório de Físico-Química da Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP), localizado em Recife, onde foram monitorados os parâmetros relacionados às composteiras. O cultivo e as análises das mudas de coentro foram realizados na residência do pesquisador.

3.2 Coleta e caracterização da matéria orgânica.

As figuras 1, 2, 3 e 4 apresentam os elementos utilizados na montagem da vermicomposteira, abrangendo, respectivamente, folhas secas, resíduos orgânicos, minhocas e lodo.

Figura 1 – Folhas secas.



Figura 2 – Resíduos Orgânicos.



Fonte: Autor (2024).

Figura 3 – Minhocas.



Figura 4 – Lodo de ETA.



Fonte: Autor (2024).

Para a montagem da vermicomposteira, foram utilizados resíduos orgânicos (Casca de mamão, banana, manga), folhas secas de plantas típicas da vegetação da Mata Atlântica, lodo da ETA e minhocas da espécie *Eisenia fétida*. As folhas secas foram coletadas nas proximidades da Universidade Católica de Pernambuco, enquanto os restos de frutas foram transportados de casa para o local de estudo. As minhocas utilizadas no processo foram adquiridas por compra.

3.3 Preparo da vermicomposteira.

Conforme ilustrado na figura 5, foi montada uma vermicomposteira aeróbia em uma bacia plástica com capacidade para 25 litros. Para garantir a drenagem adequada da água, foram feitos furos na parte inferior do recipiente. Inicialmente, uma camada de folhas foi disposta no fundo da bacia. Em seguida, adicionaram-se a matéria orgânica, o lodo e as minhocas sobre essa base. Para finalizar, outra camada de folhas foi posicionada na parte superior. As proporções dos materiais utilizados na montagem da vermicomposteira estão descritas a seguir.

Figura 5 – Vermicomposteira aeróbia.



Fonte: Autor (2024).

- 70% de folhas secas (1400 gramas),
- 20% de matéria orgânica - Casca de mamão, banana, manga (400 gramas)
- 5% lodo (100 gramas).
- 5% de minhoca (100 gramas).

Os resíduos selecionados para melhorar o desenvolvimento das vermicomposteiras precisavam apresentar teores de nitrogênio e carbono em sua composição, garantindo o fornecimento adequado de nutrientes essenciais para a eficiência do processo de vermicompostagem. Pois, segundo Kiehl (2001) a relação C/N (carbono/nitrogênio) determina a cinética de decomposição da matéria orgânica. Para isso, foram utilizadas folhas secas, restos de poda, como fonte de resíduos ricos em carbono. Por outro lado, foram utilizados legumes frescos, restos de frutas, verduras, como fontes ricas em nitrogênio.

Segundo Silva (2007), para a realização da compostagem aeróbia por meio da ação bacteriana, é fundamental manter uma relação carbono/nitrogênio (C/N) próxima de 5:1. No entanto, no presente estudo, a relação utilizada foi de 3,5:1, um valor ligeiramente abaixo do ideal, considerando a massa do composto.

Segundo Tavares (2016), no experimento de vermicompostagem, foram testadas diferentes proporções de lodo de ETA, sendo a menor delas 25% no composto final. No entanto, no presente estudo, optou-se por utilizar apenas 10% de lodo, uma vez que não foi realizada a análise de alumínio no composto. Dessa forma, a redução da porcentagem teve como objetivo minimizar possíveis impactos na atividade das minhocas e garantir condições mais adequadas para a decomposição e estabilização do material.

Durante 97 dias, a vermicomposteira foi monitorada e ajustada para promover a integração equilibrada de seus componentes, recriando um ambiente semelhante ao natural. Nesse cenário, os resíduos alimentares tendem a se misturar gradualmente com as folhas secas, as minhocas e o lodo de ETA, resultando na produção de um recurso agrícola valioso que será utilizado para impulsionar o cultivo do coentro.

3.4 Monitoramento das Vermicomposteiras.

Ao longo do processo de compostagem, foram monitorados parâmetros físicos, como umidade e temperatura, utilizando um termo-higrômetro ou termômetro digital (Figura 6), inserido no ponto médio da massa de resíduos. Além disso, o pH, como parâmetro químico, foi avaliado com o auxílio de um pHmetro digital (Figura 7), também posicionado no ponto médio da massa, garantindo a precisão das medições.

Figura 6 – Termômetro digital.



Figura 7 – Phmetro digital.



Fonte: Autor (2024).

3.5 Preparo das sementeiras de coentro.

Após o término dos 97 dias do processo de vermicompostagem, o produto final, conhecido como vermicomposto ou húmus, foi utilizado no desenvolvimento de mudas de coentro com o objetivo de avaliar seu desempenho. Para isso, foram preparadas duas configurações de amostras, permitindo um comparativo do desenvolvimento das plantas. As sementeiras foram montadas em triplicata e organizadas em dois grupos distintos: o Grupo 1, composto pelas sementeiras 1, 2 e 3, e o Grupo 2, formado pelas sementeiras 4, 5 e 6.

Grupo 1 (Figura 9): foram utilizados 50 gramas de sphagnotec, um substrato inerte, misturados a 50 gramas de húmus. Essa mistura foi inserida em vasos plásticos, e no momento do plantio, 15 sementes de coentro (Figura 8) foram dispostas na camada média do substrato dentro de cada vaso.

Grupo 2 (Figura 9): foi utilizado apenas os 100 gramas do sphagnotec. Da mesma forma, 15 sementes de coentro foram plantadas na camada intermediária do substrato.

É importante saber que o substrato Sphagnotec é uma mistura inerte composta por 50% de perlita e 50% de turfa de sphagnum, amplamente utilizado na horticultura por suas excelentes propriedades físicas e químicas. Segundo Jardim (2024), O substrato Sphagnotec, produzido a partir de material vegetal, é seguro, estável e homogêneo, sem variações de padrão, apresentando uma estrutura consistente e de lenta modificação física e química, o que melhora a eficiência da irrigação, além de ser leve, poroso e com excelente retenção de água, promovendo economia de água e fertilizantes, maior absorção de nutrientes, melhor enraizamento e desenvolvimento das plantas, enquanto proporciona boa aeração.

A perlita, um material vulcânico expandido por aquecimento, é estéril, leve e altamente porosa, sendo amplamente empregada para melhorar a aeração e a drenagem de substratos. Quimicamente inerte, apresenta um pH levemente alcalino, variando entre 7,0 e 7,5. Por outro lado, a turfa de sphagnum, resultante da decomposição parcial de musgos do gênero *Sphagnum*, é valorizada por sua capacidade de reter água e nutrientes, além de ser leve e possuir textura fina. Seu pH é naturalmente ácido, geralmente entre 4,0 e 5,0, variando conforme o grau de decomposição e a região de origem. Segundo Jardim (2024), os materiais ao serem combinados, o pH do substrato pode ser ajustado, tornando-o mais equilibrado e ficando em torno de 6,2.

Figura 8 – Sementes de coentro.



Figura 9 – Sementeiras 1, 2, 3, 4, 5 e 6.



Fonte: Autor (2024).

3.6 Acompanhamento do desenvolvimento Vegetal.

O acompanhamento vegetal teve duração de 31 dias, iniciando no dia 16/12/2024 e finalizando no dia 15/01/2025. Durante o desenvolvimento das mudas de coentro (Figura 10), foram realizadas medições diárias de alguns parâmetros do solo, como ph, umidade e temperatura. Além disso, foi medido o tamanho do caule, o comprimento e a largura das folhas diariamente com uso de um escalímetro (Figura 11).

Figura 10 – Desenvolvimento das mudas de coentro



Figura 11 – Escalímetro.



Fonte: Autor (2025).

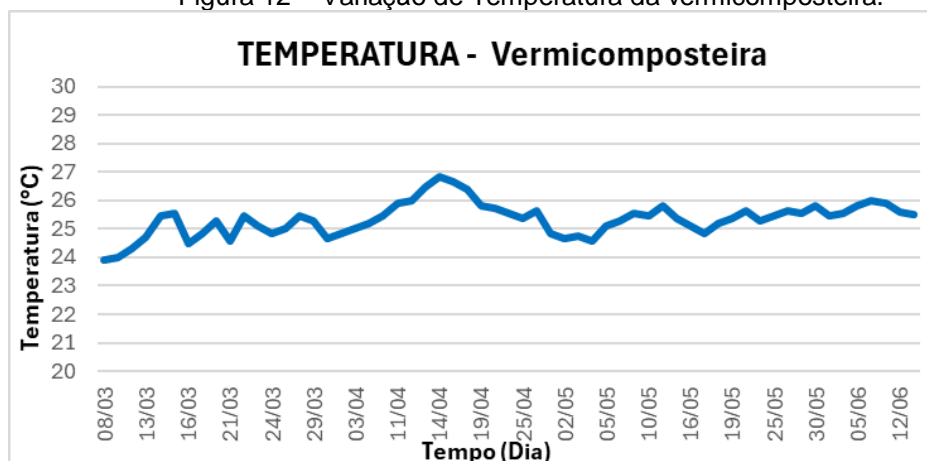
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.

4.1 Monitoramento das composteiras.

4.1.1 Temperatura

Reconhecendo que a temperatura é um parâmetro físico crucial para o desempenho ideal da vermicompostagem, realizou-se um monitoramento diário, com intenção de garantir que os níveis permanecessem dentro da faixa adequada para as minhocas. É comum que, durante o processo aeróbico de degradação da matéria orgânica, ocorra um aumento na temperatura. Esse fenômeno é resultado da intensa atividade metabólica dos microrganismos envolvidos na decomposição.

Figura 12 – Variação de Temperatura da vermicomposteira.



Fonte: Autor (2024).

A temperatura ideal para melhor desenvolvimento do processo se encontra entre 20 °C e 25 °C, com uma tolerância aceitável de 15 °C a 30 °C. Esse controle foi essencial para assegurar condições estáveis e favoráveis ao desenvolvimento das minhocas e ao processo de decomposição da matéria orgânica.

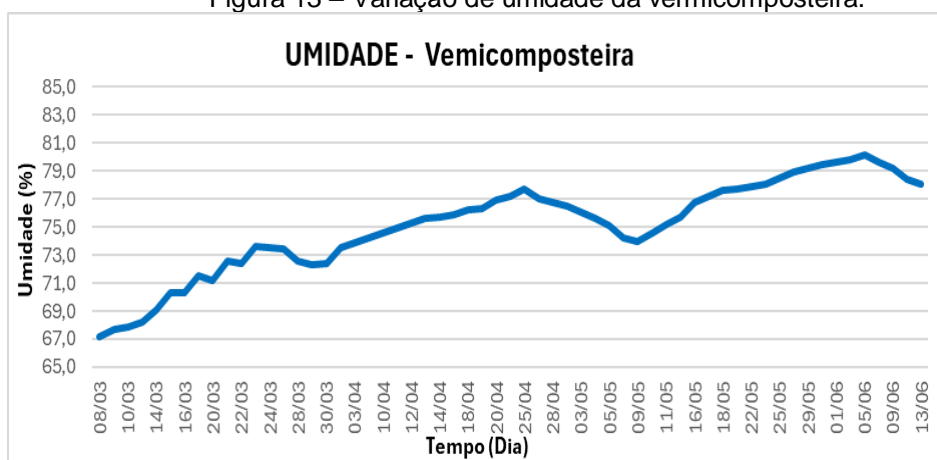
Com base nos dados apresentados na figura 12, observou-se que a temperatura na vermicomposteira variou entre 23,9 °C e 26,8 °C. Essa faixa de temperatura revelou-se ideal para as minhocas, favorecendo significativamente o processo de decomposição da matéria orgânica. Essa variação térmica está dentro do intervalo considerado ótimo para a atividade das minhocas, promovendo não apenas o conforto térmico, mas também o estímulo à sua atividade metabólica. Essas temperaturas estão dentro da faixa da fase mesofílica, que varia entre 20 °C e 40 °C, onde a decomposição da matéria orgânica acontece de maneira eficiente e proporciona condições favoráveis para o desenvolvimento das minhocas (Kiehl,1985).

4.1.2 Umidade

O monitoramento da umidade é um parâmetro essencial no processo de vermicompostagem, sendo crucial para a sobrevivência e atividade das minhocas, pois se a água preencher todos os vazios, as minhocas não sobrevivem. Isso ocorre porque a umidade e o oxigênio compartilham os mesmos espaços porosos no material em decomposição (Inácio, 2009). Assim, é fundamental manter um equilíbrio adequado entre a relação água-ar, garantindo um ambiente ideal para as minhocas fazerem a decomposição da matéria orgânica. De acordo com Fornes et al. (2012), o teor de umidade ideal para o composto geralmente varia entre 70% e 90%.

Ao analisar a variação de umidade da vermicomposteira (Figura 13), observou-se que os valores oscilaram entre 67,2% e 80,2%. Essa condição permitiu que as minhocas desempenhassem suas funções de maneira eficiente, já que grande parte do tempo elas permaneceram em uma faixa de umidade ideal para o processo.

Figura 13 – Variação de umidade da vermicomposteira.



Fonte: Autor (2024).

Para manter os níveis ideais de umidade durante os primeiros dias do processo, foi realizada uma irrigação controlada da leira, ajustando sua umidade conforme necessário. Além disso, a irrigação foi reaplicada sempre que houve queda perceptível Instituto Federal de Pernambuco. Campus Recife. Curso de Bacharelado em Engenharia Civil. 21 de janeiro de 2025.

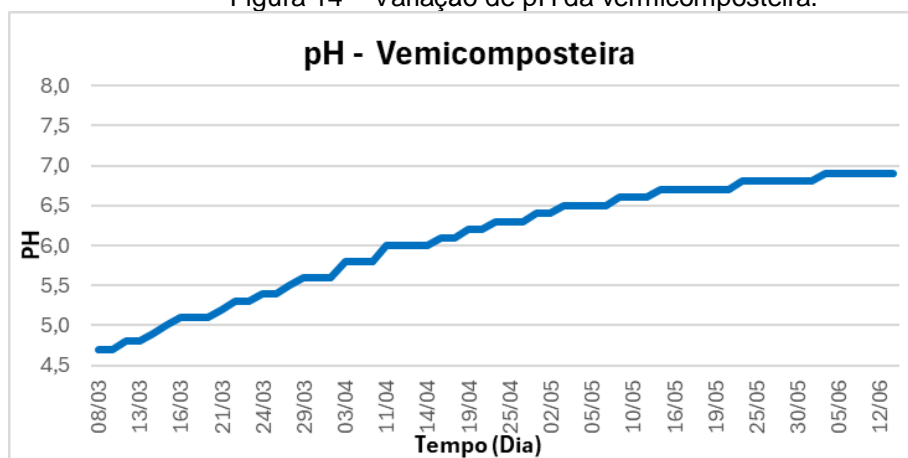
nos níveis de umidade, garantindo condições adequadas para o desenvolvimento do processo.

4.1.3 pH

Segundo, Tavares (2016), o principal desafio associado ao lodo de ETA é sua faixa de pH, geralmente entre 4 e 5,5, caracterizada por uma elevada acidez, resultado do uso de sulfato de alumínio no processo de tratamento, porém ao adotar o processo de vermicompostagem, observa-se que o composto passa por uma correção em seu pH, alcançando níveis próximos à neutralidade.

Isso foi analisado na Figura 14, onde foi possível observar que, ao longo dos 97 dias de monitoramento das vermicomposteiras, o pH do composto apresentou um aumento gradual. Inicialmente, o pH encontrava-se em torno de 4,7, e ao final do período de acompanhamento, atingiu 6,9, indicando que o processo de vermicompostagem foi altamente eficiente. Esse resultado destaca um avanço significativo, pois os valores de pH próximos à neutralidade indicam que o vermicomposto, ao ser incorporado ao solo, pode exercer uma função corretiva, reduzindo a acidez. Isso se contrapõe ao lodo bruto, que tem o potencial de aumentar ainda mais a acidez do solo. O vermicomposto com pH próximo a 7,0 é considerado ideal para aplicação como fertilizante (Tavares, 2016).

Figura 14 – Variação de pH da vermicomposteira.



Fonte: Autor (2024).

Segundo Tavares (2016), o aumento do pH, está relacionado à presença de uma glândula calcífera, no esôfago das minhocas, que excreta o excesso de cálcio (Ca), que reage com o dióxido de carbono (CO_2) liberado durante a decomposição da matéria orgânica, resultando na formação de carbonato de cálcio (CaCO_3), o que contribui para a elevação do pH do meio. O CaCO_3 é um material alcalino que é amplamente utilizado na prática agrícola para corrigir a acidez do solo, em um processo conhecido como calagem. Depois desse processo é feita a dissolução da molécula de carbonato de cálcio, em seguida é feita a neutralização dos de hidrogênio (H^+) presentes e o de alumínio.

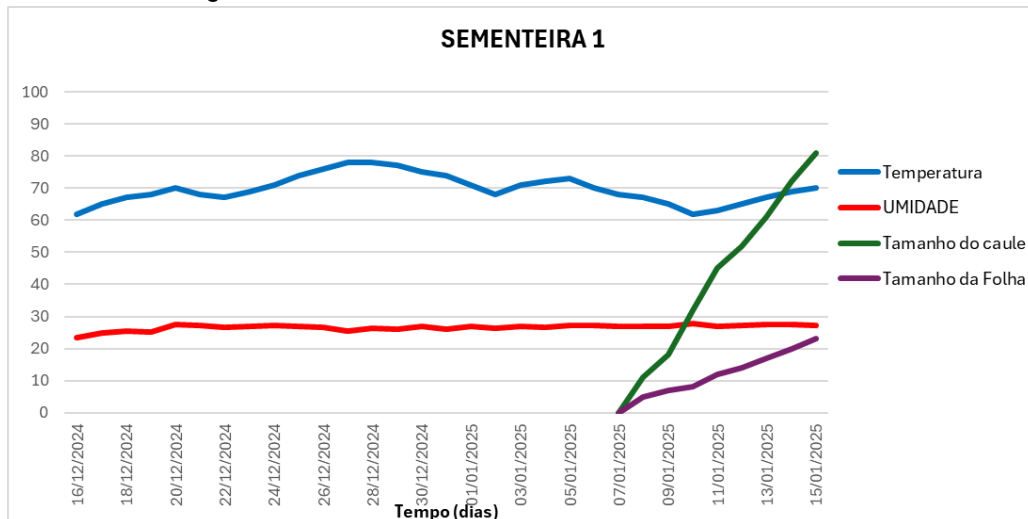
4.2 Análise do desenvolvimento do coentro

4.2.1 Análise dos parâmetros de germinação das sementeiras 1, 2, 3, 4, 5 e 6.

4.2.1.1 Análise da Temperatura.

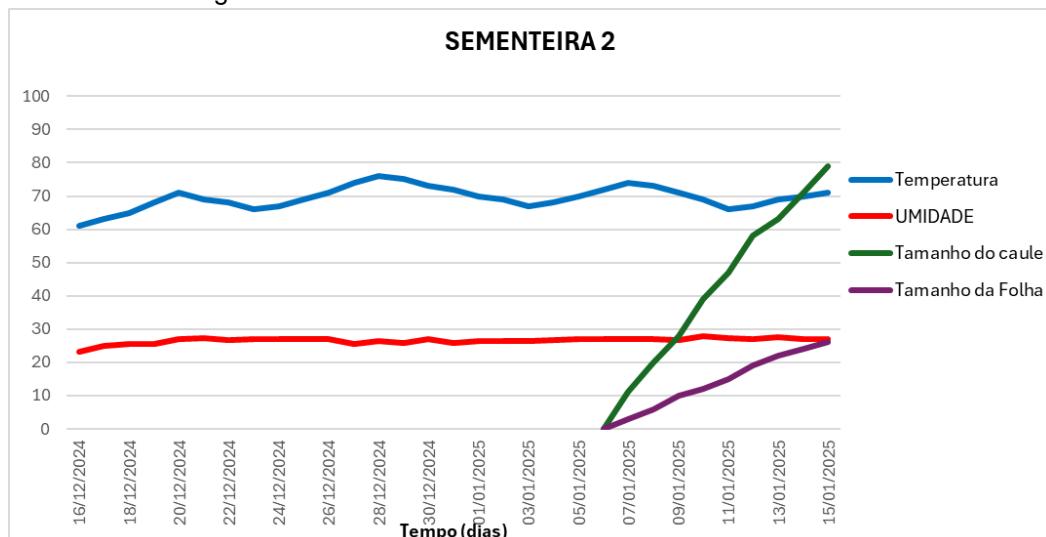
Neste estudo foram realizados monitoramentos de parâmetros físicos, como umidade e temperatura. Também foi avaliado o desenvolvimento físico das plantas, incluindo o crescimento do caule e das folhas, para compreender os efeitos das diferentes composições das sementeiras no crescimento do coentro. Porém, segundo Silva (2007), é importante realizar análises de macronutrientes e micronutrientes, além de parâmetros cruciais como Carbono (C), Nitrogênio (N), Potencial Hidrogeniônico (pH), Matéria Orgânica (MO), Potássio (K), Fósforo (P), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) para determinar as características agrônômicas do composto e seu impacto no desenvolvimento das plantas

Figura 15 – Desenvolvimento da sementeira 1



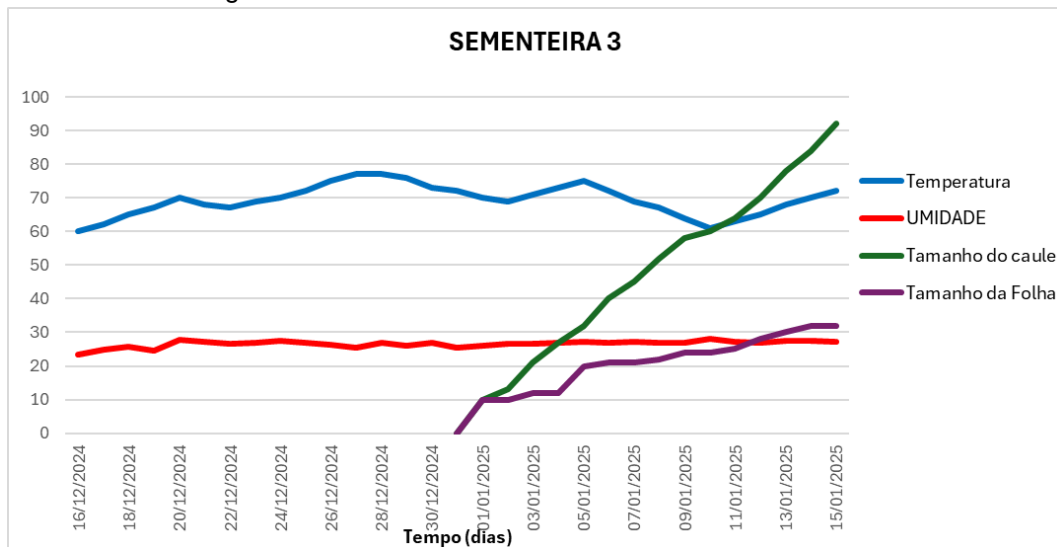
Fonte: Autor (2025).

Figura 16 – Desenvolvimento da sementeira 2



Fonte: Autor (2025).

Figura 17 – Desenvolvimento da sementeira 3.

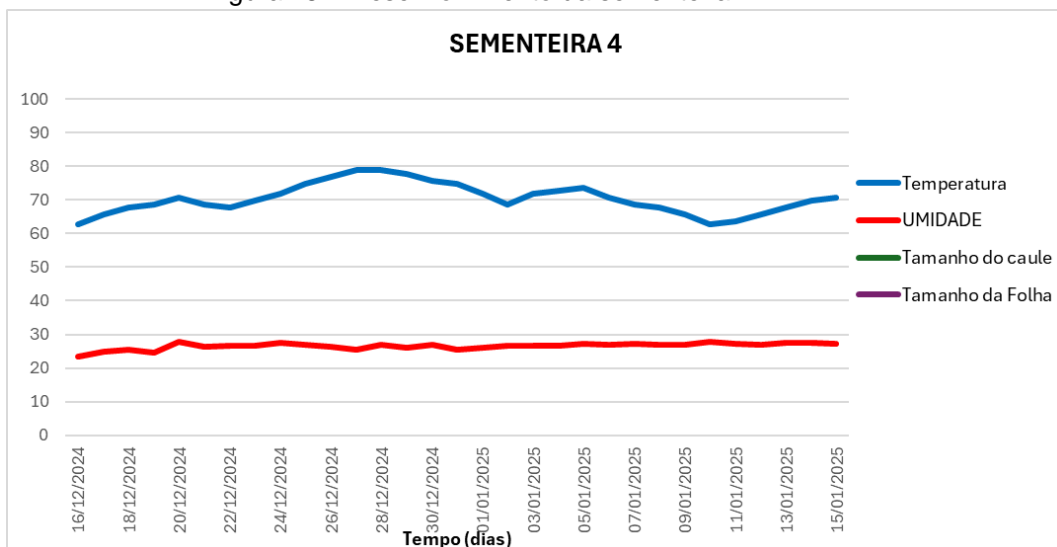


Fonte: Autor (2025).

Ao analisar as Figuras 15, 16 e 17, foi possível observar que as temperaturas das sementeiras do Grupo 1 permaneceram bastante semelhantes entre si ao longo dos 31 dias, com valores variando entre 23,1°C e 28,1°C. Segundo Gonçalves (2020), essa faixa de temperatura está dentro do intervalo ideal de 20°C a 30°C, o que proporciona condições favoráveis para o desenvolvimento saudável das plantas.

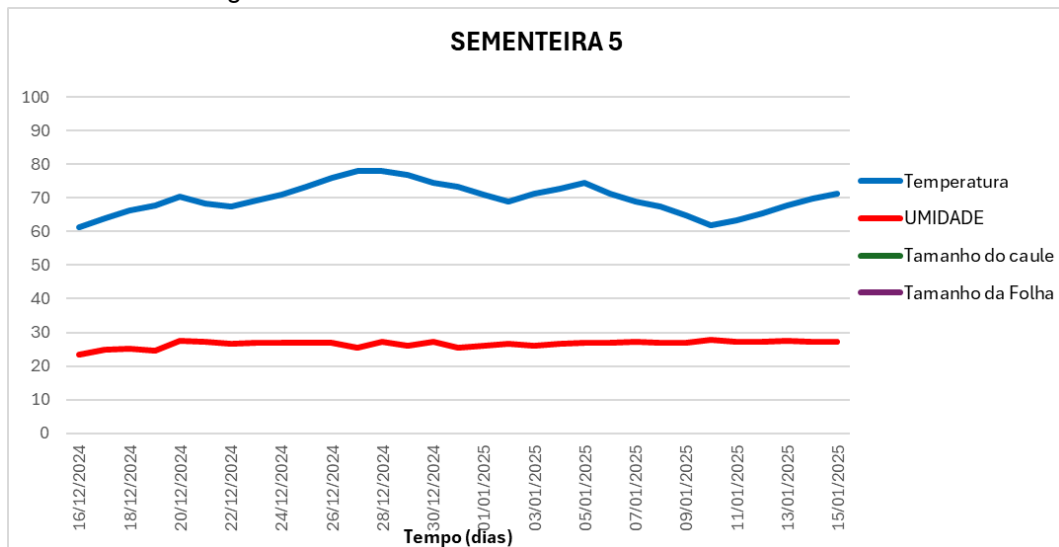
De forma semelhante, as Figuras 18, 19 e 20, que representam o Grupo 2, mostram que as temperaturas das sementeiras deste grupo variaram entre 23,1°C e 27,9°C ao longo do mesmo período. A comparação entre os dois grupos revela que, em termos de temperatura, a diferença foi inferior a 1°C, destacando a uniformidade no controle térmico entre as sementeiras. Assim como no Grupo 1, as temperaturas do Grupo 2 também se mantiveram dentro da faixa ideal, favorecendo o desenvolvimento adequado das mudas de coentro.

Figura 18 – Desenvolvimento da sementeira 4



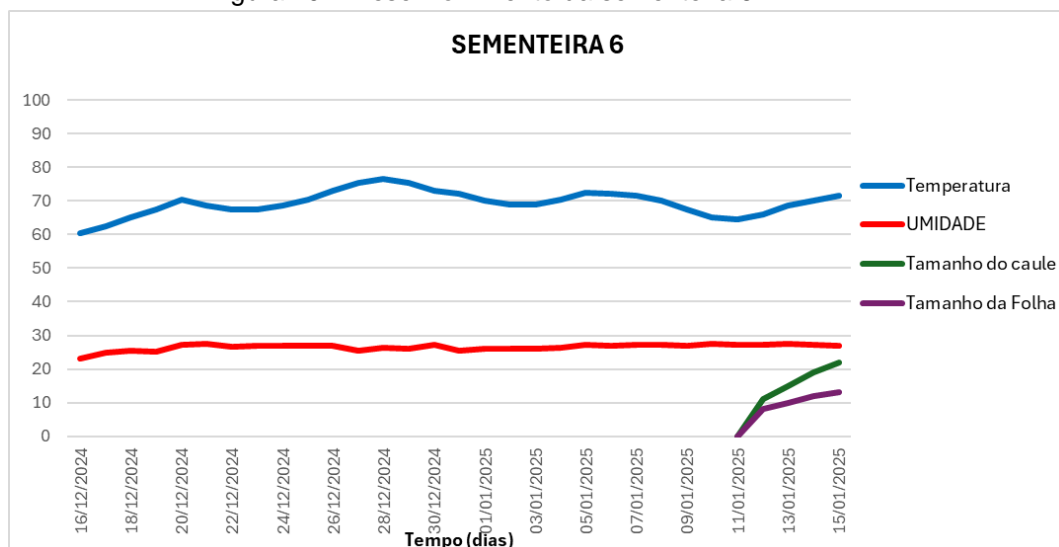
Fonte: Autor (2025).

Figura 19 – Desenvolvimento da sementeira 5.



Fonte: Autor (2025).

Figura 20 – Desenvolvimento da sementeira 6



Fonte: Autor (2025).

Além disso, as mudas foram mantidas em um local arejado, com boa ventilação, o que favoreceu seu crescimento saudável. A circulação de ar contribuiu para evitar o acúmulo excessivo de calor, mantendo as temperaturas estáveis e prevenindo problemas como a proliferação de fungos ou doenças causadas por um ambiente abafado.

Essas condições, aliadas ao monitoramento constante da temperatura, criaram um ambiente equilibrado e propício ao desenvolvimento das plantas, garantindo que estivessem expostas a fatores ambientais favoráveis durante todo o período de observação.

4.2.1.2 Análise de Umidade.

Ao analisar o parâmetro de umidade nas sementeiras que compõem o Grupo 1, observou-se que a variação de umidade ficou entre 60% e 78%. Essa faixa está dentro do intervalo considerado ideal para o desenvolvimento das mudas de coentro, que, segundo Gonçalves (2020), varia entre 50% e 80%. Essa condição indica que o manejo da umidade foi adequado, proporcionando um ambiente favorável para o crescimento saudável das plantas.

No caso do Grupo 2, a variação de umidade registrada foi de 61% a 79%, apresentando uma diferença de apenas 1% em relação às sementeiras do Grupo 1. Assim como no primeiro grupo, o parâmetro de umidade do Grupo 2 também permaneceu dentro da faixa recomendada para o desenvolvimento do coentro, reafirmando a uniformidade e eficiência no manejo das condições ambientais entre os dois grupos.

É importante destacar que a umidade foi monitorada de forma contínua ao longo do experimento. À medida que o solo apresentava sinais de redução nos níveis de umidade, foram realizadas irrigações precisas para garantir que as condições permanecessem dentro do intervalo ideal. Esse controle cuidadoso foi essencial para evitar extremos, como o ressecamento excessivo ou o encharcamento do substrato, ambos prejudiciais ao desenvolvimento das mudas.

4.2.1.3. Análise do crescimento do caule e das folhas de coentro.

Ao analisar a tabela 2, percebe-se que as sementeiras 1, 2 e 3, que compõem o Grupo 1, constatou-se que todas as 15 sementes germinaram, cresceram e apresentaram um bom desenvolvimento ao longo dos 31 dias de observação. As medições realizadas consideraram as plantas com maior desenvolvimento dentro de cada sementeira, o que reflete o desempenho máximo alcançado.

Tabela 2 – Resumo da análise do coentro.

Sementeiras	Temperatura (°C)	Umidade (%)	Caule (mm)	Folha (mm)
Sementeira 1	23,4 - 27,8	62 - 78	81	23
Sementeira 2	23,1 - 27,9	61 - 76	79	26
Sementeira 3	23,3 - 28,1	60 - 77	92	32
Sementeira 4	23,4 - 27,9	63 - 79	0	0
Sementeira 5	23,3 - 27,7	61 - 78	0	0
Sementeira 6	23,1 - 27,6	61 - 77	22	20

Fonte: Autor (2025).

Na sementeira 1, o caule das plantas alcançou um crescimento médio de 8,1 cm, com a planta apresentando 2,3 cm de comprimento. Na sementeira 2, o caule cresceu 7,9 cm, e a planta atingiu 2,6 cm. Já na sementeira 3, os resultados foram superiores, com o caule alcançando 9,2 cm e a planta chegando a 3,2 cm de comprimento. Dessa

forma, entre as sementeiras do Grupo 1, a sementeira 3 foi a que apresentou o melhor desempenho geral.

Por outro lado, ao analisar as sementeiras 4, 5 e 6, que compõem o Grupo 2, verificou-se um desempenho significativamente inferior. Apenas a sementeira 6 apresentou algum nível de desenvolvimento, com o caule atingindo 2,2 cm e a planta alcançando 1,3 cm de comprimento. Já as sementeiras 4 e 5 não apresentaram desenvolvimento significativo, indicando que as sementes não germinaram.

A Tabela 3 apresenta os parâmetros estatísticos relacionados ao crescimento do caule e das folhas das sementeiras submetidas à vermicompostagem, permitindo uma análise quantitativa dos efeitos desse processo no desenvolvimento das plantas. A partir dos dados coletados, foram calculadas medidas como a média aritmética, que indica a tendência central do crescimento vegetal, além de outros parâmetros que podem auxiliar na compreensão da variabilidade entre as amostras.

Tabela 3 – Parâmetros estatísticos do tamanho do caule e das folhas ao longo do processo de vermicompostagem.

Parâmetro	Sementeiras			
	Grupo 1		Grupo 2	
	Tamanho do Caule (mm)	Tamanho da folha (mm)	Tamanho do Caule (mm)	Tamanho da folha (mm)
Média	84	27	7,3	6,7
Mínimo	79	23	0	0
Máximo	92	32	22	20

Fonte: Autor (2025).

Comparando os dois grupos, fica evidente que as sementeiras do Grupo 1 tiveram um desempenho muito superior, com todas as sementes germinando e crescendo adequadamente, enquanto no Grupo 2 apenas uma sementeira apresentou resultados satisfatórios. Esse contraste pode estar associado ao tipo de substrato utilizado. Ou seja, o vermicomposto com pH próximo a 7,0 é ideal para uso como fertilizante, fornecendo um ambiente mais equilibrado e favorável para o crescimento das plantas (Tavares, 2016).

Ao analisar o desenvolvimento do coentro, é possível inferir que houve uma redução significativa na concentração de alumínio após o processo de vermicompostagem, mesmo sem a realização de uma análise direta desse elemento antes e depois do processo. Essa suposição baseia-se na variação do pH observada: inicialmente em torno de 4,7, o pH aumentou para 6,9 ao final do período de acompanhamento.

Os dados de Tavares (2016) mostram que, no início do processo de vermicompostagem, o substrato apresentava um pH ácido, em torno de 5, indicando a presença elevada de alumínio, com uma concentração inicial de 696,13 mg/kg. Ao final do processo, o pH alcançou 7,0, próximo ao neutro, e a concentração de alumínio

foi reduzida para 269,10 mg/kg, representando uma diminuição significativa de 61,35%. Esse aumento do pH e a redução do alumínio estão diretamente relacionados, evidenciando a eficiência da vermicompostagem em melhorar a qualidade do substrato e favorecer o desenvolvimento vegetal.

Portanto, os resultados indicam que o processo de vermicompostagem foi altamente eficiente, tanto na redução do alumínio quanto na elevação do pH, proporcionando condições mais adequadas para o desenvolvimento saudável do coentro.

5 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos demonstraram que, embora o lodo de ETA possa causar impactos ambientais significativos quando descartado diretamente no solo ou em corpos d'água. Nessa perspectiva, ele foi aproveitado de maneira eficiente por meio do processo de vermicompostagem.

Para a produção de um vermicomposto ideal, foi fundamental monitorar parâmetros químicos e físicos cruciais, como pH, umidade e temperatura, a fim de garantir o desenvolvimento adequado das minhocas e dos microrganismos. Durante os 97 dias de processo, observou-se uma elevação significativa no pH do substrato, que passou de 4,7 no início para 6,9 ao final, evidenciando a eficiência da vermicompostagem na neutralização da acidez do lodo.

Após o tratamento, o vermicomposto foi aplicado no cultivo de coentro em dois grupos de sementeiras. O desempenho do Grupo 1 foi notavelmente superior em relação ao grupo 2, onde teve 100% das sementes germinando e apresentando crescimento saudável, incluindo bom desenvolvimento do caule e das folhas. Os resultados mostraram que 100% das sementes de coentro no Grupo 1 germinaram e se desenvolveram, enquanto no Grupo 2 apenas 33,3% germinaram, com as demais não apresentando desenvolvimento.

O excelente desempenho do Grupo 1 pode ser atribuído à redução de pH durante a vermicompostagem, resultado da ação das minhocas. Embora a análise específica de alumínio não tenha sido realizada, supõe-se que sua concentração tenha sido reduzida, considerando que o alumínio em ambientes ácidos inibe a absorção de nutrientes pelas plantas. Com o pH do composto equilibrado próximo a 7,0, as sementeiras que receberam o vermicomposto apresentaram melhor desenvolvimento, validando a transformação do lodo de um material ácido e limitante para um fertilizante eficaz.

Os achados deste estudo estão em concordância com a pesquisa conduzida por Tavares (2016), onde demonstrou que o vermicomposto produzido a partir do lodo de ETA pode ter aplicações diversas além do cultivo de coentro. Enquanto este trabalho explorou a utilização do composto nessa cultura, Tavares testou sua aplicação no crescimento de mudas de alface, obtendo resultados promissores. Dessa forma, os dados reforçam o potencial do vermicomposto como um insumo agrícola versátil,

podendo ser utilizado em diferentes cultivos e contribuindo para práticas agrícolas mais sustentáveis.

Uma alternativa interessante para a utilização do lodo de ETA, rico em alumínio, é sua aplicação como material pozolânico, obtido por meio do processo de calcinação. Esse processo é essencial para a formação de compostos aluminatos de cálcio, que são componentes-chave na produção de cimento Portland e outros tipos de cimentos especiais. Além de reduzir a quantidade de resíduos descartados, essa aplicação agrega valor ao material, contribuindo para práticas de economia circular e sustentabilidade na indústria de materiais de construção civil (Costa, 2014).

Apesar dos resultados promissores, é importante destacar que o trabalho se limitou a parâmetros químicos e físicos básicos. Estudos adicionais são necessários, com foco na análise de metais pesados, como o sulfato de alumínio, e na concentração de macro e micronutrientes no composto final. Tais investigações são essenciais para validar a qualidade e a segurança do vermicomposto como um fertilizante sustentável e ambientalmente seguro.

REFERENCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ACHON, Cali Laguna; SOARES Lissandra Vieira; MEGDA Cláudia Regina. **Impactos ambientais provocados pelo lançamento in natura de lodos provenientes de estações de tratamento de água**. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23. Campo Grande – MS, 2005.

ALMEIDA, Bruno Cordeiro de. **Desempenho agroeconômico do coentro em diferentes densidades de sementeira sob manejo orgânico**. 2017. 33 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza - CE, 2017.

ANDREOLI, Cleverson Vitório; LARA, Aderlene Inês de; ILHENFELD, Ricardo Germano Kurten. **Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura**. Rio de Janeiro: SANEPAR/PROSAB/FINEP, 1999. 97p

BATISTA, Michelli Fernandes; MOSCHETA, Ismar Sebastião; BONATO, Carlos Moacir; BATISTA, Marcelo Augusto; ALMEIDA, Odair José Garcia De; INOUE, Tadeu Takeyoshi. Aluminum in corn plants: influence on growth and morpho-anatomy of root and leaf. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**. vol.37, n.1, pp.177-187. 2013.

BRASIL. CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. “Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências”. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcdaltrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf. Acesso em: 02 de janeiro de 2025.

CLEMENTE, Flávia Maria Tavares Viana. **Produção de hortaliças para agricultura familiar**. 1ª edição. ed. Brasília - DF: Editora Técnica, 2015.

COSTA, Eugênio Bastos da; MANCIO, Maurício; TAKIMI, Antonio Shigueaki; ANA PAULA, Kirchheim. Avaliação da perda de massa de farinhas precursoras de clínquer CSAB compostas com lodo de anodização do alumínio. **Revista matéria**, [s. l.], ano 2014, v. 19, ed. 03, 3 set. 2014.

COUTINHO, Jefferson Luís. **Estudo da Vermicompostagem de lodo sedimentado proveniente do processo de tratamento de águas residuárias de indústria de sucos cítricos**. 1996. 150 f. Dissertação de Mestrado (Engenharia Civil) - Universidade de São Paulo, [S. l.], 1996.

FORNES, Fernando; HERNÁNDEZ, Daicy Mendoza; GARCÍA-DE-LA-FUENTE, Rosana; ABAD, Manuel; BELDA, Rosa Molia. Composting versus vermicomposting: A comparative study of organic matter evolution through straight and combined processes. **Bioresource Technology** 118 (2012) 296–305,2012.

FRANCO, Natália Molina. **Manejo de Lodo de Estação de Tratamento de água, visando ao aproveitamento na agricultura como condicionante de solos**. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2019.

GONCALVES, Rafael. **Coentro – Coriandrum sativum**. 2020. Disponível em: <https://projetojardinando.com.br/cultivar-coentro/>. Acesso em: 14 jan. 2025.

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

HOPPEN, Cinthya; PORTELLA, Kleber Franke; JOUKOSKI, Alex; TRINDADE, Eduardo Marques. Uso de lodo de estação de tratamento de água centrifugado em matriz de concreto de cimento Portland para reduzir o impacto ambiental. **Revista Química Nova**, v. 29, n. 1, p. 79-84, 2006.

IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2010. Disponível em: http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv453_51.pdf. Acesso em: 20 fev. 2025.

INÁCIO, Caio Teves; MILLER, Paul Richard Momsen; **Compostagem ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos**. Embrapa Solos, Universidade Federal de Santa Catarina. Rio de Janeiro. p.15-54. 2009.

JARDIM, Multi. **Favorita Substratos**. 2024. Disponível em: <https://www.multijardim.com.br/saca-50-litros-substrato-sphagnotec-turfa-50-perlita-50>. Acesso em: 24 jan. 2025.

KATAYAMA, Victor Takazi. **Quantificação de produção de Lodo de Estações de Tratamento de Água de Ciclo Completo: uma análise crítica**. Dissertação de Mestrado - Escola Politécnica de São Paulo, 2012.

KIEHL, Edimar José. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985. 492p

KIEHL, Edimar José. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. 4.ed. Piracicaba, SP: E.J. Kiehl, 173p -.2004

KIEHL, Jorge de Castro. Produção de composto orgânico. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.22, n. 212, p.40 – 52, set/out. 2001

LOPES, E. M. C. T. **Colheita, caracterização e avaliação de germoplasma de coentro (Coriandrum sativum L.) do Alentejo**. 2014. 49 f. Dissertação (Mestrado

em Agricultura Sustentável) - Instituto Politécnico de Portalegre, Escola Superior Agrária de Elvas, 2014.

MAYER, Larissa. **Como Plantar Coentro e Quais São os Cuidados Necessários para o Cultivo**. 2024. Disponível em: <https://agrofuturesummit.com.br/como-plantar-coentro-e-quais-sao-os-cuidados-necessarios-para-o-cultivo/>. Acesso em: 14 jan. 2025.

MERT, Ramazan; ALAS, Ali; BULUT, Sait; ÖZCAN, Mehmet Musa. Determination of heavy metal contents in some freshwater Fishes. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 186, p. 8017–8022. 2014.

MIGUEL, Paulo Sergio Balbino; GOMES, Fernando Teixeira; ROCHA, Wadson Sebastião Duarte da; MARTINS, Carlos Eugênio; CARVALHO, Caio Antunes de.; OLIVEIRA, André Vicente de. **Efeitos tóxicos do alumínio no crescimento das plantas: Mecanismos de tolerância, sintomas, efeitos fisiológicos, bioquímicos e controles genéticos**. Centro de Ensino Superior de Juiz de Fora, Juiz de Fora, v. 24, p.11-30, jan. 2010.

MOLINA, Thiago. **Caracterização e tratamento de água de lavagem de filtros de ETA com o uso de polímeros sintéticos e amido de batata**. Revista de Engenharia e Tecnologia, v. 2, n. 3, p. 28-44, 2010.

MOREIRA, Ricardo Cosme Arraes; GUIMARÃES, Edi Mendes; BOAVENTURE, Geraldo Resende; MOMESSO, Alessandra Morales; LIMA, Gilmar Lopes de. Estudo geoquímico da disposição de lodo de estação de tratamento de água em área degradada. **Quim. Nova**, Vol. 32, No. 8, 2085-2093, 2009.

MORELLO, Caroline. Graciana; CANSIAN, Danielli Casarin Viela; SILVA, Taís Larissa. LAUTENSCHLAGER, Sandro Rogério. **Compostagem orgânica utilizando como substrato resíduos da poda urbana com lodo de ETA**. VII EPCC – Encontro Internacional de Produção Científica Cesumar. CESUMAR – Centro Universitário de Maringá. Editora CESUMAR. Maringá – Paraná – Brasil, 2011.

OLIVEIRA, Arlene Maria Gomes; AQUINO, Adriana Maria de; CASTRO NETO, Manuel Teixeira de. **Compostagem caseira de lixo orgânico doméstico**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2005. 6p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Circular Técnica, 16).

OLIVEIRA, Nelson Licínio Campos de; PUIATTI, Mário; SANTOS, Ricardo Henrique Silva; CECON, Paulo Roberto; BHERING, Aline da Silva. Efeito da urina de vaca no estado nutricional da alface. **Revista Ceres**, v. 57, n. 4, p. 506-515, 2010.

SANTOS, P. C. **Análise fitoquímica e avaliação das antioxidante, antimutagênica e citotóxica do extrato hidroalcoólico de Coriandrum sativum L.** 2016. 80 f. Dissertação de Mestrado (Biologia Vegetal) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2016.

Instituto Federal de Pernambuco. Campus Recife. Curso de Bacharelado em Engenharia Civil. 21 de janeiro de 2025.

SILVA, Ronaldo Faustino da. **Compostagem e solarização para higienização de lodo de esgoto e uso no cultivo de Cássia Amarela (Senna siamea Lam)**. 2007. 150p. Tese (Doutorado) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007.

SINHA Ravindra Kishore; AGARWAL, Sunita; CHAUHAN, Krunal; CHANDRAN, Vinod; SONI, Brijal Kiranbhai. **Vermiculture technology: reviving the dreams of sir charles darwin for scientific use of earthworms in sustainable development programs** Technol. Investments, pp. 155–172. 2010.

TAVARES, Rosângela Gomes. **Atenuação do alumínio do resíduo de estações de tratamento de água por vermicompostagem e adsorção**. 2016. 207p. Tese (Doutorado) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.

TAYLOR, Gregory. **The physiology of aluminum tolerance in higher plants**. Commun. Soil Sci. Plant Anal., Monticello, v.19, p.1179-1194, 1988.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki; HIRATA, Angélica Yumi. Aproveitamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água do estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21, 2001, João Pessoa. **Anais eletrônicos** I 025, João Pessoa: ABES, 2001. 9p.