

**Tratamento aeróbio de resíduos sólidos orgânicos gerados em condomínio vertical como alternativa sustentável**

**Aerobic treatment of organic solid waste generated in a vertical condominium as a sustainable alternative**

**Tratamiento aeróbico de residuos sólidos orgánicos generados en condominio vertical como alternativa sustentable**

Recebido: 08/10/2020 | Revisado: 15/10/2020 | Aceito: 19/10/2020 | Publicado: 21/10/2020

**Antônio Fraga Freitas**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9298-6281>

Universidade Estadual da Paraíba, Brasil

E-mail: [fragafreitas92@gmail.com](mailto:fragafreitas92@gmail.com)

**Valderi Duarte Leite**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5861-7407>

Universidade Estadual da Paraíba, Brasil

E-mail: [mangabeiraleite@gmail.com](mailto:mangabeiraleite@gmail.com)

**Monica Maria Pereira da Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1593-1698>

Universidade Estadual da Paraíba, Brasil

E-mail: [monicaea@terra.com.br](mailto:monicaea@terra.com.br)

**Rosilene Barros Gomes**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8086-8851>

Universidade Estadual da Paraíba, Brasil

E-mail: [rosilene\\_barrosgomes@hotmail.com](mailto:rosilene_barrosgomes@hotmail.com)

**Maria José Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9268-4224>

Universidade Estadual da Paraíba, Brasil

E-mail: [mariajsilva1397@gmail.com](mailto:mariajsilva1397@gmail.com)

**Fernando Luiz Barbosa Farias**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1894-6481>

Universidade Estadual da Paraíba, Brasil

E-mail: [fernando.luiz.2327@gmail.com](mailto:fernando.luiz.2327@gmail.com)

**Adrienne Teixeira Barros**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7393-642X>

Universidade Estadual da Paraíba, Brasil

E-mail: [adriannebarros@yahoo.com.br](mailto:adriannebarros@yahoo.com.br)

## **Resumo**

A forma de destinação inadequada de resíduos sólidos domiciliares é um dos desafios para a segurança ambiental mundial. Diante deste contexto, o presente artigo busca avaliar o desempenho do tratamento biológico aeróbio aplicado à fração orgânica putrescível dos resíduos sólidos domiciliares gerados em condomínio residencial vertical. O sistema experimental consistia de dois tipos de composteiras e três repetições por cada tipo com 30 kg de capacidade. Os parâmetros físicos, químicos e sanitários utilizados na pesquisa foram temperatura, aeração, teor de umidade, sólidos totais, sólidos totais voláteis, nitrogênio total, fósforo total, potássio, pH e ovos de helmintos. Os resultados da pesquisa apresentam significativos valores dos parâmetros físicos e químicos obtidos no processo de bioestabilização aeróbia e a geração de composto orgânico dentro de um bom padrão de qualidade. Para a quantidade de ovos de helmintos, esta sofreu uma redução significativa, iniciando em 4,6 ovos/gST e não sendo encontrado nenhum ovo de helminto no composto orgânico produzido. Assim, o tratamento biológico aeróbio contribuiu no processo de ciclagem dos nutrientes, propiciando a transformação de um grande problema ambiental e de saúde pública, em solução sustentável no campo ambiental econômico e social.

**Palavras-chaves:** Resíduos sólidos orgânicos domiciliares; Composto orgânico; Sustentabilidade.

## **Abstract**

The form of improper disposal of solid household waste is one of the challenges for global environmental security. In this context, this article seeks to evaluate the performance of the aerobic biological treatment applied to the putrescible organic fraction of household solid waste generated in a vertical residential condominium. The experimental system consisted of two types of composters and three repetitions for each type with a 30 kg capacity. The physical, chemical and sanitary parameters used in the research were temperature, aeration, moisture content, total solids, total volatile solids, total nitrogen, total phosphorus, potassium, pH and helminth eggs. The results of the research present significant values of the physical and chemical parameters obtained in the aerobic bio-stabilization process and the generation

of organic compost within a good quality standard. For the amount of helminth eggs, it suffered a significant reduction, starting at 4.6 eggs/gTS and no helminth eggs were found in the organic compound produced. Thus, the aerobic biological treatment contributed to the nutrient cycling process, enabling the transformation of a major environmental and public health problem, into a sustainable solution in the economic and social environmental field.

**Keywords:** Household organic solid waste; Organic compost; Sustainability.

## Resumen

La forma de eliminación inadecuada de los desechos sólidos domésticos es uno de los desafíos para la seguridad ambiental global. En este contexto, este artículo busca evaluar el desempeño del tratamiento biológico aeróbico aplicado a la fracción orgánica putrescible de los residuos sólidos domiciliarios generados en un condominio residencial vertical. El sistema experimental consistió en dos tipos de compostadores y tres repeticiones para cada tipo con una capacidad de 30 kg. Los parámetros físicos, químicos y sanitarios utilizados en la investigación fueron temperatura, aireación, contenido de humedad, sólidos totales, sólidos volátiles totales, nitrógeno total, fósforo total, potasio, pH y huevos de helmintos. Los resultados de la investigación presentan valores significativos de los parámetros físicos y químicos obtenidos en el proceso de bioestabilización aeróbica y generación de compost orgánico dentro de un buen estándar de calidad. En cuanto a la cantidad de huevos de helmintos, sufrió una reducción significativa, partiendo de 4,6 huevos/gST y no se encontraron huevos de helmintos en el compuesto orgánico producido. Así, el tratamiento biológico aeróbico contribuyó al proceso de ciclo de nutrientes, permitiendo la transformación de un importante problema ambiental y de salud pública, en una solución sostenible en el campo ambiental económico y social.

**Palabras clave:** Residuos sólidos orgánicos domésticos; Abono orgánico; Sustentabilidad.

## 1. Introdução

Nos últimos tempos, a intervenção humana no planeta Terra além de promover impactos positivos, geralmente provoca prejuízos ao meio ambiente, caracterizado por alterações que põem em risco o equilíbrio dos sistemas ambientais, devido especialmente, ao uso excessivo dos recursos ambientais, conseqüentemente desencadeia aumento da temperatura global, inundações, queimadas, dentre outras graves de impactos ambientais negativos.

A problemática dos resíduos sólidos é um desses tipos de impactos ambientais, uma vez que o consumo humano está cada vez mais se elevando, originando o aumento do volume desses resíduos que não é compensado pelos esforços em seus tratamentos.

Segundo a pesquisa realizada pelo Banco Mundial em 2012, no planeta Terra por ano foram produzidas aproximadamente 1,3 bilhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos; uma produção per capita de 1,20 kg/hab.dia. Com uma tendência a aumentar para 2.2 bilhões de toneladas por ano em 2025, majorando geração per capita para 1,42 kg/hab.dia (Hoorweg & Bhada-Tata, 2012; Kyte, 2012). Deste quantitativo, o maior porcentual é o da parcela orgânica putrescível, e esses resíduos, geralmente são encaminhados sem nenhuma triagem e nem tratamento ao aterro sanitário (Hoorweg & Bhada-Tata, 2012).

Para Leite et al. (2007), Cavalcante & Silva (2015), Mondelli et al. (2016) e Silva et al. (2020; 2020a), a parcela orgânica quando não é separada dos demais resíduos, além de prejudicar o exercício profissional de catadores de materiais recicláveis, expressa risco potencial de contaminação e poluição ambiental, comprometendo os recursos naturais. Jacobi e Besen (2011) afirmam que a destinação e a disposição inadequadas dos resíduos sólidos causam a degradação do solo, o comprometimento de corpos aquáticos, a intensificação de enchentes e a poluição do ar.

Dessa forma, a Lei no 12.305/2010, em seu Artigo 3º, inciso VII, considera a compostagem como uma forma de destinação final ambientalmente adequada de resíduos sólidos (Brasil, 2010).

A compostagem é um processo biológico aeróbio de degradação da matéria orgânica contida nos restos de alimentos de origem animal ou vegetal, tais como as cascas de frutas, folhas, flores, dentre outros, em composto orgânico por grupos de vários organismos que vivem na presença de oxigênio (Gomes, 2019; Wang et al., 2015). Os organismos que participam na biodegradação da matéria orgânica no processo de compostagem são bactérias, actinomicetos, fungos, e mesoinvertebrados (Sanches et al., 2006; Silva et al., 2011e; Araújo et al., 2019; Gomes, 2019).

No decorrer do processo, tais organismos degradam a matéria orgânica a fim de obter energia, realizar suas atividades metabólicas e adquirir nutrientes (N, P, K, C) para geração de nova biomassa (Shen et al., 2013). O processo de compostagem ocorre mantendo um equilíbrio ideal entre o teor de nutrientes, o teor de umidade, o pH, o nível de temperatura e o oxigênio (Oliveira Filho et al., 2018).

A compostagem enquanto processo biológico aeróbio de degradação da matéria orgânica, a sua eficiência é influenciado por diversos fatores, como tipo de sistema de

compostagem e a respectiva configuração, a duração do processo, aeração, pH, a qualidade química e física da matéria orgânica, o tamanho das partículas, a relação (C/N), o nível de temperatura e o teor de umidade (Chandna et al., 2013; Ruschel, 2013).

Segundo Wu et al. (2017), do processo de compostagem resulta a redução de peso e volume do material, a diminuição do teor de umidade, novos microrganismos e um material mais estável e sanitizado conhecido como composto orgânico.

Dessa forma, o presente artigo busca avaliar o desempenho do tratamento biológico aeróbio aplicado à fração orgânica putrescível dos resíduos sólidos domiciliares gerados em condomínio residencial vertical.

## **2. Material e Métodos**

### **2.1 Caracterização da pesquisa e da área do estudo**

O presente artigo trata-se de uma pesquisa experimental realizada em escala de campo e escala laboratorial, possibilitando o processo do tratamento dos resíduos sólidos orgânicos domiciliares (Marconi & Lakatos, 2007).

A escala de campo foi realizada na área externa do Departamento de Ciências Biológicas da Universidade Estadual da Paraíba, Campus I, em Campina Grande, estado da Paraíba. Tal área foi escolhida por razão de ser um local adequado para executar o experimento, destacando o distanciamento mínimo entre o local e a moradia do pesquisador, possibilitando assim um bom controle e monitoramento do sistema de tratamento biológico aeróbio de resíduos sólidos orgânicos.

Enquanto que em escala laboratorial ocorreu no laboratório do Grupo de Extensão e Pesquisa em Gestão e Educação Ambiental (Lab. GGEA/UEPB), localizado no Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Campus I/UEPB. Nesse âmbito foram analisados os parâmetros físico, químico e biológico, exceto à análise de macronutrientes que foi realizada no laboratório de Análise de Tecido de Planta da Universidade Federal da Paraíba, Campus II, na cidade de Areia, estado da Paraíba.

A coleta dos resíduos sólidos orgânicos putrescíveis e dos estruturantes (folha, flores e resíduos de jardins) para tratamento biológico aeróbio foi realizada no condomínio residencial vertical Dona Lindu IV, situado no bairro de Bodocongó, município de Campina Grande, estado da Paraíba, Brasil.

O município de Campina Grande possui os distritos de Catolé de Boa Vista, Catolé de Zé Ferreira, São José da Mata, Santa Terezinha e Galante, além de 54 bairros distribuídos em

quatro zonas: norte, sul, oeste e leste (Silva et al., 2020). O mesmo município apresenta uma população estimada de 409.731 habitantes para o ano de 2019 e o salário médio mensal da população ativa é de 2,2 salários mínimos (Ibge, 2019). Para o mesmo estudo, o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), que aponta para a qualidade de vida da população, é de 0,720, inferior à média nacional (0,759).

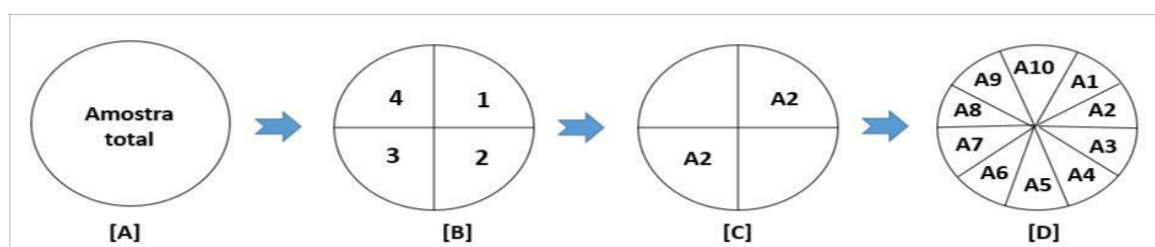
O bairro de Bodocongó localizado na zona oeste do município de Campina Grande nasceu junto com o açude de Bodocongó, em 1915, e atualmente, o mesmo é conhecido pela proximidade com o bairro universitário que abriga instituições públicas de ensino superior da cidade: UEPB e UFCG (Ibge, 2010; Santos, 2016).

A escolha do condomínio residencial vertical Dona Lindu IV teve por critérios o número de moradores e a aceitabilidade da sua comunidade para a realização da coleta.

## 2.2 Procedimentos metodológicos

A quantidade da parcela orgânica dos resíduos sólidos coletada diretamente da fonte geradora, dos apartamentos do condomínio residencial vertical Dona Lindu IV foi 239 kg. Depois de coletada essa parcela era transportada para a área da instalação do sistema experimental e em seguida, submetido ao processo de trituração, a fim de diminuir o tamanho das partículas da massa “*in natura*”. Após a trituração, foi realizada a composição do substrato, contendo resíduos sólidos orgânicos (80%) mais estruturantes (20%), realizava-se a homogeneização do substrato e por último, foram coletadas amostras compostas para as análises físicas, químicas e biológicas dos resíduos sólidos orgânicos domiciliares. O método para determinar a composição das amostras do material foi o de quarteamento múltiplo (Nascimento et al., 2017; Araújo et al., 2019), apresentado na Figura 1.

**Figura 1.** Desenho esquemático referente ao método de quarteamento múltiplo aplicado às amostras de resíduos sólidos orgânicos domiciliares.



Fonte: Nascimento et al. (2017) e Araújo et al. (2019).

Este método consiste na mistura homogênea da amostra total (AT) do material. Posteriormente, o material é dividido em quatro partes iguais, o que corresponde ao primeiro quarteamento e, desta, tira-se duas partes opostas da amostra total (A2). Essa porção é novamente homogeneizada para a obtenção de dez partes do material final. De cada uma das dez porções são retiradas amostras compostas para a análise nos laboratórios (Nascimento et al., 2017; Araújo et al., 2019).

Após a coleta da amostra para a análise, o material final, D, foi mais uma vez homogeneizado em um único material denominado substratos. Estes foram encaminhados às composteiras no sistema de tratamento. Tal sistema consistiu de dois tipos de composteiras, com características geométricas distintas, material de construção e processo de monitoramento diferente. Os experimentos foram aplicados em triplicata para os dois tipos de composteiras (CCR1, CCR2 e CCR3; CPC1, CPC2 e CPC3), totalizando seis composteiras móveis.

Destaca-se que cada composteira foi alimentada com 24 kg de substrato, totalizando 72 kg para cada modelo e 144 kg para todo o sistema de tratamento dos resíduos sólidos orgânicos domiciliares do presente estudo.

Os parâmetros físicos, químicos e sanitários aplicados para a caracterização dos resíduos sólidos domiciliares “in natura”, em estágio de bioestabilização aeróbia e bioestabilizados foram temperatura, aeração, teor de umidade, sólidos totais (ST), sólidos totais voláteis (STV), NTK, fósforo total, potássio, pH e ovos de helmintos, levando-se em consideração os métodos analíticos preconizados por Apha (2012). A aeração do sistema foi feita por reviramento manual, duas vezes por semana ao longo do monitoramento do sistema.

A comparação dos resultados dos parâmetros avaliados no presente estudo aconteceu por meio de análise descritiva. Os dados foram apresentados em valores médios obtidos para as repetições dos tipos de composteiras (valores médios para CCR e valores médios para CPC).

### **3. Resultados e discussão**

#### **3.1 Caracterização física, química e sanitária de resíduos sólidos orgânicos domiciliares**

A caracterização dos resíduos sólidos orgânicos domiciliares foi realizada de forma a favorecer a verificação da qualidade física, química e sanitária e da necessidade do tratamento aeróbio desses resíduos.



Os resultados das condições físicas, químicas e sanitárias dos resíduos sólidos orgânicos domiciliares podem ser vistos na Tabela 1.

Analisando os dados apresentados na Tabela 1, observa-se que o valor para pH foi baixo devido à reação da matéria orgânica de origem vegetal ser normalmente ácida, como cita Kiehl (2004), contudo, o valor de 5,58 para o mesmo parâmetro foi superior aqueles identificados por Araujo et al. (2019) e Guermandi (2015) que trataram os resíduos sólidos orgânicos domiciliares gerados em Campina Grande-PB (4,62) e os urbanos gerados em São Carlos-SP (4,72), respectivamente.

**Tabela 1.** Condições físicas, químicas e sanitárias de resíduos sólidos orgânicos domiciliares.

Parâmetros	Valores
pH	5,58
Teor de umidade (%)	66,27
Sólidos Totais (%)	33,73
Sólidos Totais Voláteis (%ST)	79,01
Carbonoo Orgânico Total (%ST)	43,89
Nitrogenio Total (%ST)	1,52
Potásio (%ST)	1,07
Fósforo Total (%ST)	0,42
Ovos de helmintos (ovos/gST)	4,6

Fonte: Dados de pesquisa.

A partir dos dados da Tabela 1, pode-se verificar para a constituição dos resíduos sólidos orgânicos que, a porcentagem dos sólidos totais foi menor de 40%. Segundo Leite et al. (2002), isso se deve a época do ano e aos hábitos e costumes da população, visto que, geralmente o percentual de fração sólida gira em torno de 50% (em peso), estão presentes nos demais constituintes físico-químicos e os 50% restantes que correspondem ao teor de umidade. Os autores salientam que, a concentração dos sólidos está referindo para o resíduo total presente em um substrato tanto de origem orgânica, como também de inorgânica, e é compreendido como um indicador da massa total a ser tratada.

O valor de 33,73% de sólidos totais apresentou 79,01% de sólidos totais voláteis, o que é elevado, mas, é comum a este tipo de resíduos que detém uma constituição



predominantemente orgânica, como citam vários estudos (Silva et al., 2011, Guermandi, 2015, Araújo et al., 2017). O valor inicial de sólidos totais voláteis foi aproximado aos observados por Gomes (2019) e Nascimento (2015) que trabalharam com compostagem de resíduos sólidos orgânicos domiciliares em Campina Grande-PB, obtendo 83% e 77,47%, respectivamente. Cabe destacar que, o percentual de matéria orgânica contida na massa do substrato é denotado por alta concentração de sólidos totais voláteis na análise inicial (Silva et al., 2011a).

O teor de umidade dos resíduos sólidos orgânicos desse estudo foi baixo, em comparação com os registrados por Silva (2008) nos diferentes municípios paraibanos. Isso aconteceu devido ao acréscimo de 20% de estruturantes (folhas, flores e rejeito) que foi suficiente para reduzir o teor de umidade para aproximar os níveis indicados pela literatura. Pode ainda está relacionado ao período de alta temperatura, capaz de provocar o processo de evaporação no momento de homogeneação dos resíduos sólidos orgânicos triturados, fato que pode resultar na perda do teor de umidade de forma rápida. Sendo que, a faixa ideal do teor de umidade inicial do substrato a ser tratado deve está compreendido entre 50 a 60%, conforme Kutzner (2008), Nogueira (2011), Santos & Santos (2008) e Teixeira et al. (2005). Mas, houve a necessidade de controle do teor de umidade no sistema durante o processo de compostagem. Uma vez que este é um fator primordial ao desempenho do processo de compostagem, que está diretamente relacionada à ação dos organismos (Souza, 2012) e que fora da faixa ideal não facilita a atividade de organismos responsáveis por decomposição da matéria orgânica (Silva, 2008).

Os valores para os macronutrientes indicam que os resíduos sólidos orgânicos domiciliares não podem ser dispostos em lugares impróprios. É fundamental aplicar tratamento para esses resíduos, resultando em um potencial de nutrientes que possa ser aplicado em culturas agrícolas.

Na verificação da quantidade de ovos de helmintos presente nos resíduos sólidos orgânicos domiciliares, foi encontrado o total de 4,6 ovos/g ST, com a viabilidade de 56,5%. Esta quantidade foi inferior ao encontrado por Araujo et al. (2019) em resíduos sólidos orgânicos domiciliares gerados em Campina Grande-PB (14,3 ovos/g ST), porém, foi superior a quantidade registrada por Gomes (2019) e Silva et al. (2011a) que também avaliaram a presença de ovos de helmintos em resíduos sólidos orgânicos domiciliares produzidos na mesma cidade (4,1 ovos/gST e 0,6 ovos/gST, respectivamente).

Por conseguinte, afere-se que os valores médios de ovos de helmintos constatados nos resíduos sólidos orgânicos gerados em condomínio residencial vertical Dona Lindu IV são

significativos, e alertam para capacidade de transmissão desses ovos e para sua dose infectante. Conforme Neves (2005), um ovo é suficiente para infectar um ser humano e este, transmitir para os demais seres humanos que partilham o ambiente, a exemplo dos moradores do condomínio, foco deste estudo.

Silva et al. (2010) apontam a importância da identificação e da quantificação de ovos de helmintos nos resíduos sólidos orgânicos domiciliares, cujo conhecimento dessas características permitirá apontar caminhos para evitar e/ou minimizar os riscos biológicos, como também constitui um indicador do grau de higienização do material compostado.

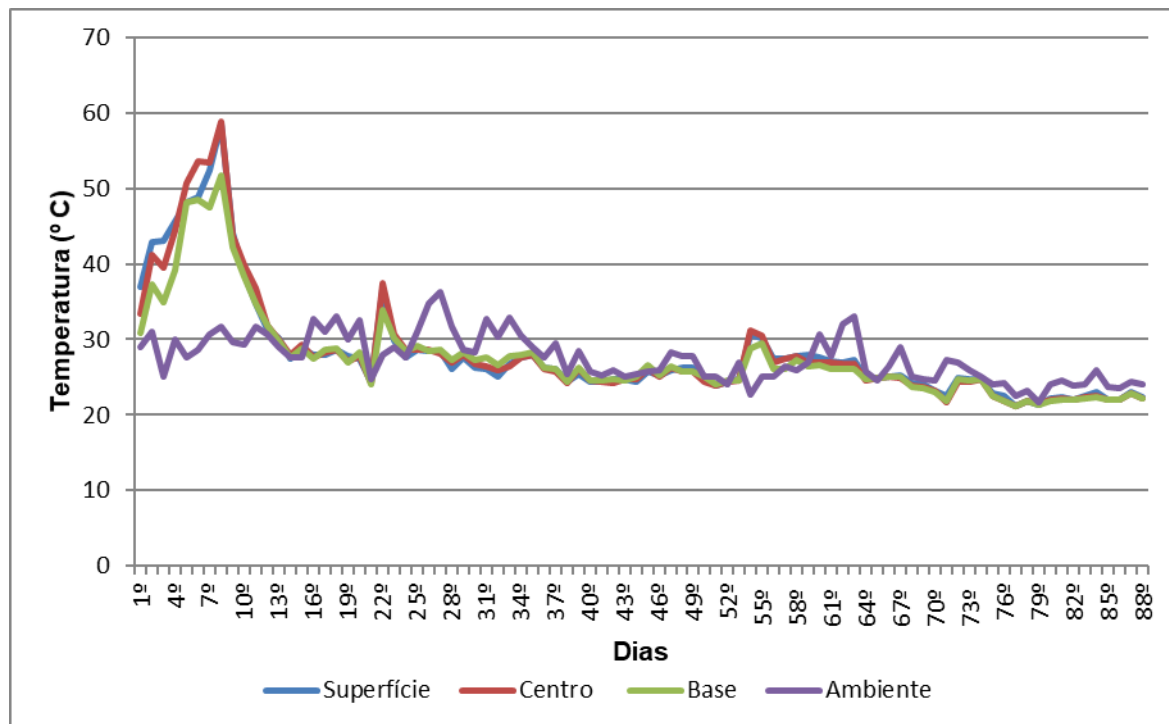
Silva (2020) aponta a compostagem como uma forma de tratamento de resíduos sólidos orgânicos domiciliares que detém entre os seus objetivos transformar problema em solução. Esses resíduos contaminados podem ser transformados por meio desse processo em composto livre de ovos de helmintos, um indicador de qualidade sanitária.

Eloy et al. (2018, p. 14) afirmam que “quando o indivíduo interfere no meio ambiente de forma positiva, preocupado com o legado que suas intervenções momentâneas podem deixar para as gerações futuras, ele passa a exercer seu papel social como responsável pelo meio ambiente ao qual está inserido”. Estes autores também afirmam que medidas simples, como a aplicação da compostagem, reforçam a importância do entendimento do princípio da sustentabilidade que deve ser motivado desde a infância.

### **3.2 Comportamento da variação do substrato em composteiras de concreto retangular (CCR) e composteiras de polietileno cilíndrico (CPC) ao longo do processo de monitoramento**

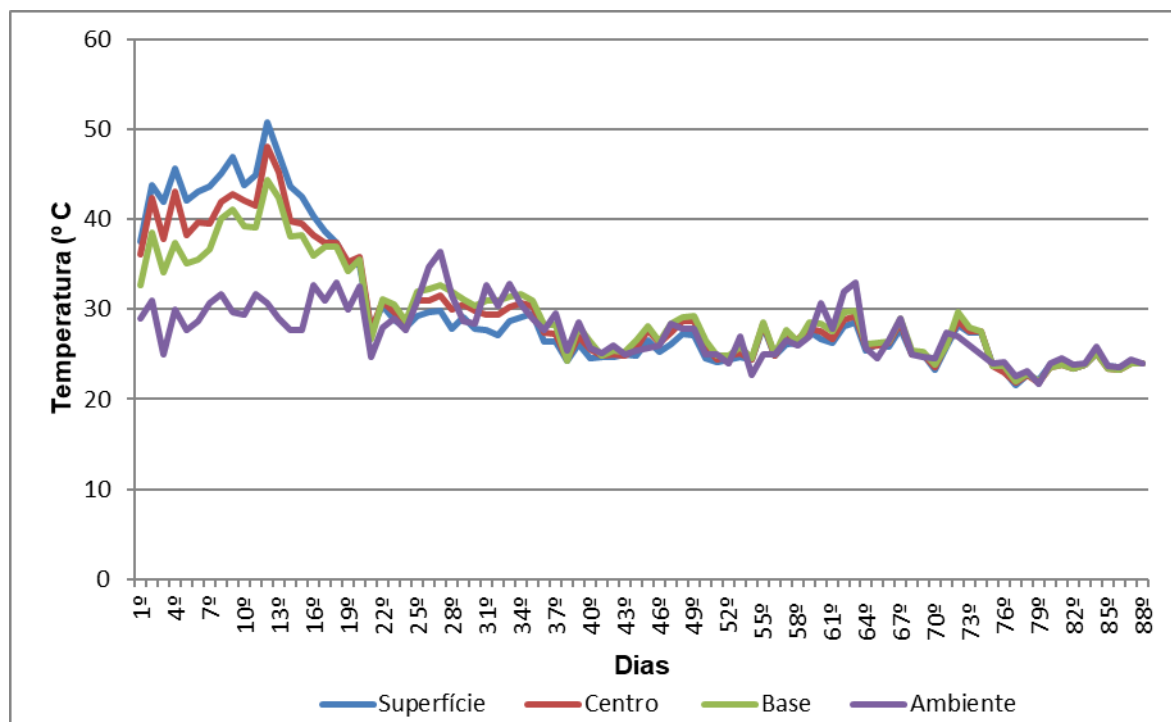
Nas Figuras 2 e 3 observa-se a evolução temporal da temperatura média (superior, centro e base das composteiras) na massa do substrato em processo de bioestabilização aeróbia em CCR e CPC.

**Figura 2.** Variação da temperatura média registrada em CCR ao longo do processo de monitoramento.



Fonte: Dados de pesquisa.

**Figura 3.** Variação da temperatura média registrada em CPC ao longo do processo de monitoramento.



Fonte: Dados de pesquisa.

Para ambas as composteiras houve o aumento das temperaturas médias do substrato no início da compostagem (Figuras 2 e 3) devido à ocorrência de disponibilidade da decomposição da matéria orgânica por vários organismos que resulta na tendência da redução do calor exotérmico. Visto que, a faixa de temperatura média adequada ao desenvolvimento de organismos mesófilos foi de primeiro ao terceiro dia de compostagem com o valor médio de 33° C a 39° C e de 35° C a 37° C em CCR e CPC, respectivamente. Enquanto isso, de quarto ao oitavo dia de compostagem em CCR, a temperatura média do substrato esteve em torno de 43° C a 56° C, e de quarto ao décimo segundo dia de compostagem em CPC esteve em torno de 41° C a 47° C. Nessas faixas de temperatura o papel dos organismos mesófilos foi substituído por organismos termófilos.

A temperatura atingida neste processo de compostagem inclui a temperatura ideal. Araujo et al. (2019) e Chandna et al. (2013) compreendem a importância do alcance de temperaturas superiores a 40°C no sistema de compostagem para o desenvolvimento de população diversificada de organismos termófilos, capazes de degradar rejeitos e destruir os organismos patogênicos, neutralizar sementes de pragas e eliminar sementes de gramíneas indesejáveis que comprometem o produto final de boa qualidade sanitária.

A alta temperatura no sistema de compostagem desta pesquisa foi atingida, devido à suficiência de quantidade do substrato em cada composteira do sistema para fornecer isolamento térmico.

De forma comparativa, observa-se que, a temperatura média mais alta no decorrer de monitoramento do sistema de compostagem foi apresentada na CCR, atingindo até 56° C no oitavo dia, em razão de forma geométrica desse tipo de composteira que permite deixar a leira do substrato um pouco mais alta, impedindo que o substrato não perca calor rapidamente.

Cabe destacar que, a partir da primeira semana de compostagem registrou-se alta temperatura na zona centro da leira para CCR e na zona superior da leira para CPC, conforme Figuras 2 e 3, respectivamente. Silva et al. (2011a) afirmam que em sistema com menor percentual do teor de umidade se encontra as altas temperaturas no substrato intermediário e o caso inverso, as altas temperaturas se encontra no substrato superior.

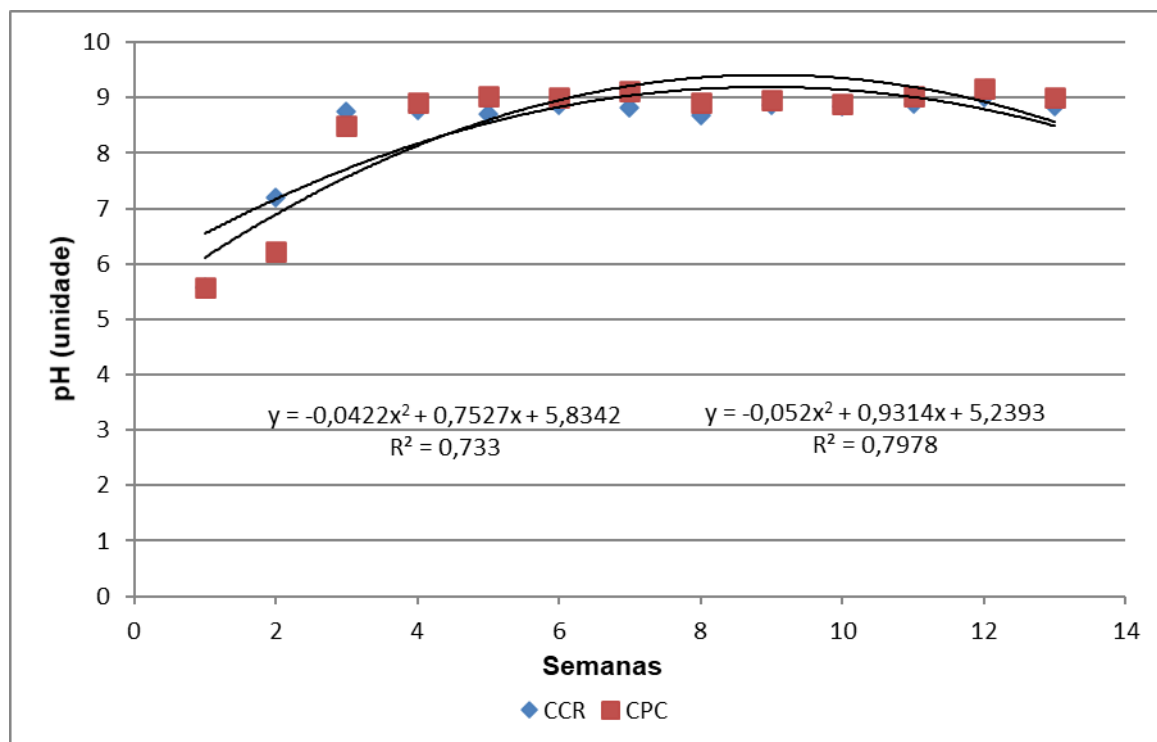
Seguida da fase termófila, os organismos mesófilos foram novamente ativos do décimo ao décimo terceiro dia e do décimo sexto ao vigésimo segundo dia de compostagem para CCR e CPC, respectivamente, com uma faixa de temperatura entre 30° C a 38° C. Segundo Nascimento et al. (2017), essa mudança de fase acontece pela diminuição na taxa de reação de compostagem e pelo aumento na quantidade de calor para evaporação de água, que diminui a quantidade de calor de reação.

A partir do décimo quarto dia e do vigésimo terceiro dia, respectivamente, para CCR e CPC, o comportamento da temperatura do substrato começou a se aproximar da temperatura ambiente e manteve-se a partir desses momentos entre 21° C a 29° C até o último dia de verificação da temperatura, indicando a normalidade do processo de compostagem.

A variação temporal de pH do substrato em composteiras de concreto retangular (CCR) e composteiras de polietileno cilíndrico (CPC) ao longo do processo de monitoramento de compostagem dos resíduos sólidos orgânicos domiciliares pode ser vista na Figura 4.

Analisando os dados apresentados na Figura 4, observa-se que o aumento de pH do substrato em ambas as composteiras ao longo do tempo de monitoramento do sistema, apesar de ocorrência das oscilações de pouca amplitude, cujo aumento na primeira e segunda semana ocorreu de forma significativa, devido a amonificação do nitrogênio orgânico, seguida da hidrólise da amônia, gerando íons amônio e hidroxilas, como cita Guermandi (2015), enquanto, nas demais semanas o aumento aconteceu de forma lenta até chegar na última semana do monitoramento do sistema.

**Figura 4.** Comportamento da variação temporal do valor de pH no sistema de CCR e de CPC.



Fonte: Dados de pesquisa.

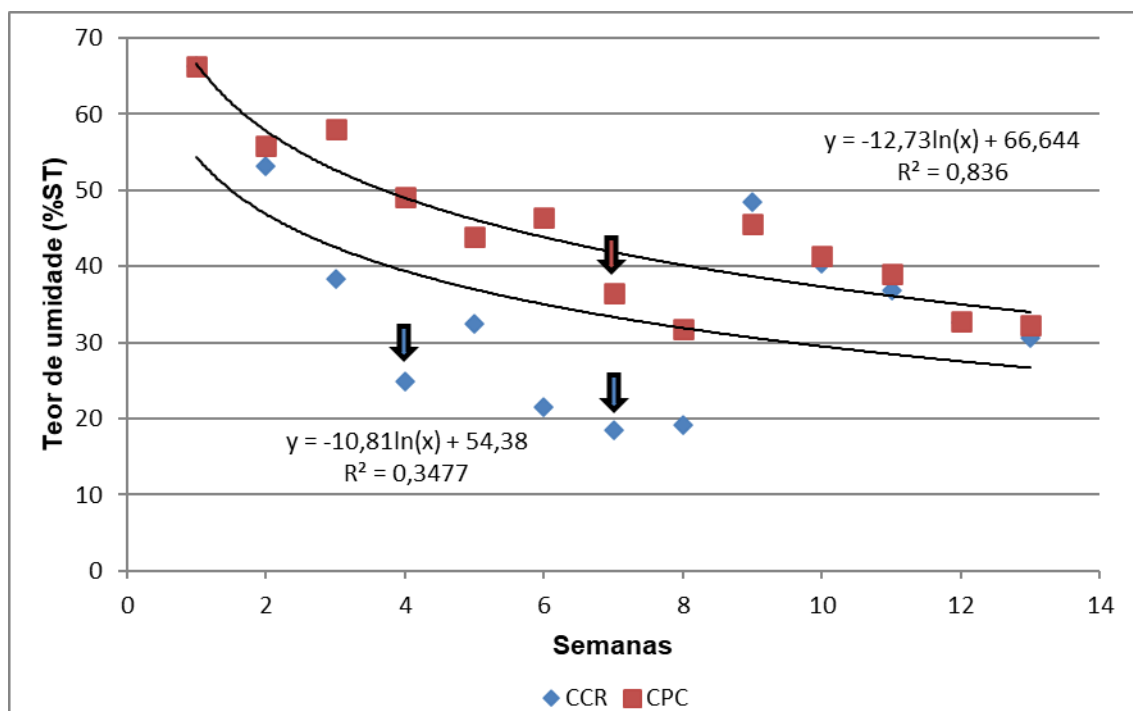
Ao longo do monitoramento, foi observada uma pequena diferença do comportamento de aumento de pH nos dois tipos de composteiras utilizados neste estudo, conforme Figura 4.

Tal diferença deve ser pela frequência semanal da análise de pH. Os substratos em diferentes composteiras apresentam níveis de degradação da matéria orgânica de forma diferente, pois, provavelmente os ácidos tenham sido degradados antes do dia da realização das análises, ocasionando um comportamento distinto entre as composteiras (Silva et al., 2011a).

Os valores de pH de 8,84 e 9,0 em CCR e CPC, respectivamente, obtidos no final do monitoramento estavam de acordo com o padrão ideal que indica a tendência para pH neutro ou até ao básico (CERRI, 2008) e foram superiores aos obtidos no estudo de Guermendi (2015) sobre compostagem de resíduos sólidos orgânicos urbanos em São Paulo, obtendo os valores de pH de 7,93, 8,03, 8,23 e 8,36 para diferentes formas de leiras. De forma que, os valores de pH em nível básico obtidos no presente estudo não comprometem a qualidade do processo de compostagem. Segundo Brito (2008) e Lima (2018), essa ocorrência em razão da pequena produção de CO<sub>2</sub>, pois, a habilidade de neutralizar altos e baixos valores durante a compostagem se deve a formação de ácido fraco (CO<sub>2</sub>) e base fraca (NH<sub>3</sub>), sendo difícil encontrar valores fora da faixa de 5,0-8,5.

Na Figura 5 apresenta-se o comportamento da variação temporal do percentual de umidade da massa do substrato em CCR e CPC na fase de biotransformação.

**Figura 5.** Comportamento da variação temporal do percentual de umidade em CCR e CPC ao longo de monitoramento.



Legenda: setas indicam os dias em que foi adicionada a água em composteiras.

Fonte: Dados de pesquisa.

Os valores variação do teor de umidade dos substratos obtidos para CCR e CPC ao longo do monitoramento apresentaram comportamento de picos e decréscimos nos diferentes instantes ao longo do tempo de monitoramento da compostagem (Figura 5).

Para CCR, o teor de umidade diminuiu rapidamente na primeira semana até final da terceira semana, devido à elevação da taxa de evaporação, resultado pelo aumento da diferença de pressão entre o vapor de água no ar e a matéria orgânica, expostas à temperatura relativamente altas. Porém, a partir da quinta até sétima semana e de nona até décima terceira semana houve a diminuição de forma lenta por razão da diminuição da velocidade da reação química do processo de compostagem e da diferença de pressão entre o vapor de água no ar e a matéria orgânica. Enquanto para CPC, a rápida diminuição do teor de umidade aconteceu na primeira semana e na sexta até sétima semana, e a diminuição de forma lenta foi observada a partir da terceira até quinta semana e da nona até décima terceira semana.

Em termo comparativo, a perda do teor de umidade na CCR aconteceu muito rápida devido à sua própria característica por serem de cimento que são capazes de absorver a água e sua maior cobertura com telas de proteção possivelmente interferiu na exposição direta do substrato as radiações solares, facilitando mais o processo de evaporação.

Diante disso, foi necessária a adição de água desclorada com quantidade de 2 L e 1 L em CCR no final da terceira semana e em CCR e CPC no final de sétima semana, respectivamente para regular o teor de umidade do substrato a uma faixa adequada de 40-50% (Araujo et al., 2019), sendo que, os organismos decompositores da matéria orgânica só podem realizar suas atividades com o teor de umidade suficiente. As condições ideais para ação desses organismos garantem o produto final de boa qualidade para aplicação em culturas agrícolas (Silva, 2008).

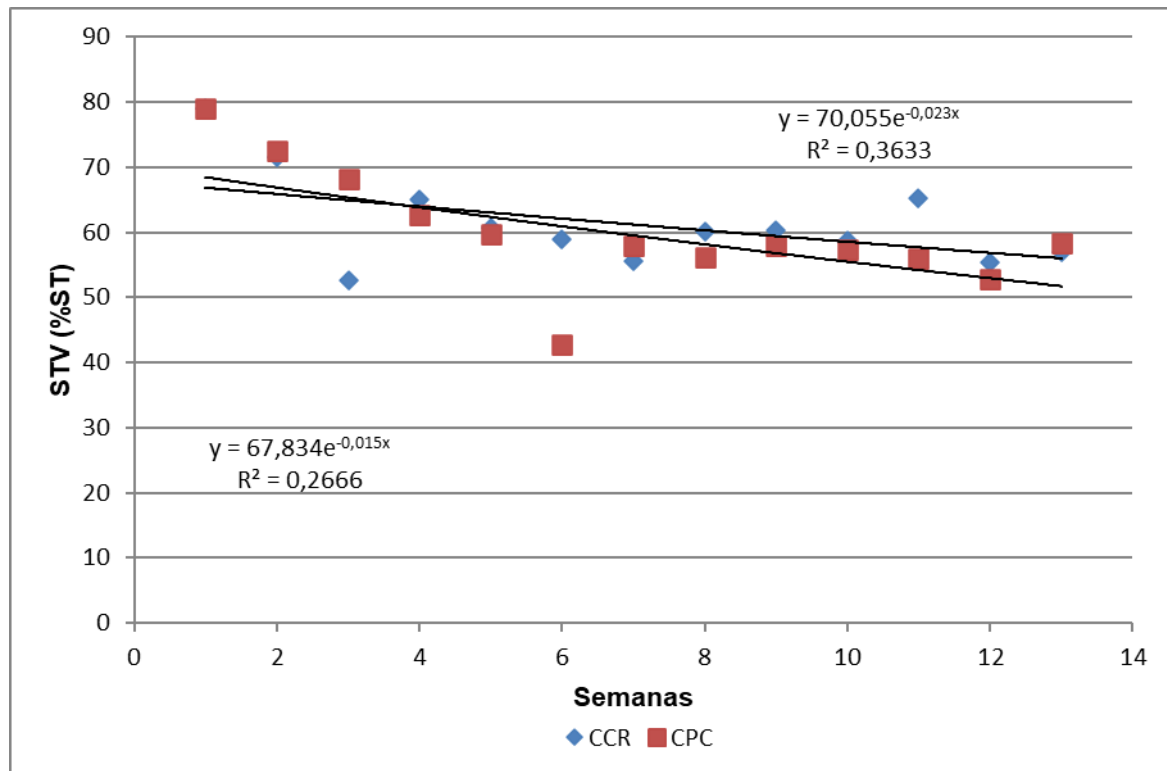
Contudo, observa-se que a primeira e a segunda adição de água coincidiram com os picos iniciais de temperaturas (Figuras 2 e 3). Conforme Guermandi (2015) pode ter ocorrido a utilização de água pelos organismos para a manutenção de suas atividades metabólicas, e desse modo, provocando o aumento de temperatura naquele ambiente.

Cabe destacar que, a frequência da aeração de duas vezes por semana foi importante e suficiente para homogeneizar a massa dos substratos. Fato que favoreceu o controle do teor de umidade em vários substratos do sistema em estudo.

Na Figura 6 encontram-se a variação dos resultados do parâmetro de sólidos totais voláteis ao longo do processo de monitoramento no sistema de CCR e de CPC.



**Figura 6.** Comportamento da variação temporal do valor de STV (%ST) no sistema de CCR e de CPC.



Fonte: Dados de pesquisa.

Observa-se por meio da Figura 6 que o comportamento da concentração de sólidos totais voláteis dos substratos obtidos em CCR e CPC, apesar de ter certo grau de oscilação nas medições, apresentou uma tendência de decréscimo em função do tempo de monitoramento, pois, a tendência de acréscimos em algumas semanas foi menor em comparação com a tendência de decréscimo nas várias semanas de compostagem, e que o menor e o maior valor foram obtidos às 1ª e 3ª semanas para CCR e às 1ª e 6ª semanas para CPC, respectivamente.

A ocorrência dessa oscilação pode ser em virtude do problema de amostragem relacionado à heterogeneidade do substrato analisado, sendo que, antes da coleta das amostras, esse substrato passou pelo revolvimento para homogeneização das camadas. Nessa ocasião podem ter sido coletados materiais complexos, cuja degradação é mais difícil, o que retarda o processo de compostagem (Gomes, 2019; Guermandi, 2015).

O decréscimo de concentração dos sólidos totais voláteis observados nesta pesquisa reflete a evolução normal do processo de compostagem por causa de alcance da estabilização do substrato (Silva et al., 2011a; Souza, 2012). Aponta para a constituição do conteúdo orgânico facilmente biodegradável, como açúcares, proteínas, lipídios, amido e entre outros, o que resulta em maior atividade dos organismos presentes, aumentando, consequentemente a

velocidade de estabilização do substrato (Gomes, 2019; Leite et al., 2002). Salienta-se que, a concentração de matéria orgânica tende a diminuir ao longo do processo de compostagem em razão de consumo do carbono orgânico pelos organismos, majorando o total de matéria mineralizada (Guermendi, 2015).

Dentre o comportamento de redução do nível de sólidos totais voláteis ao longo do processo, destaca-se o mais acentuado na primeira e segunda semana para ambos os subsistemas, em virtude de componentes lábeis da matéria orgânica que são degradados por organismos heterotróficos na fase termófila da compostagem (Cáceres, Floats & Marfa, 2006; Guermendi, 2015).

Verificou-se que o percentual médio de redução dos sólidos totais voláteis alcançou 56,95% para CCR e 58,27% para CPC. Em termos comparativos, os dois subsistemas estudados apresentam apenas 1% de diferença de redução dos sólidos totais voláteis entre si. Logo, apresentaram tempo igual de estabilização da matéria orgânica: doze semanas, ou seja, 84 dias, num período de tempo satisfatório, visto que a duração do tempo de compostagem relatada na literatura está na faixa de 60 a 120 dias (Gomes, 2019; Nascimento, 2015).

### **3.3 Caracterização Física, Química E Sanitária Do Composto Orgânico Resultante Do Presente Estudo**

A caracterização do composto orgânico foi realizada a fim de identificar a sua qualidade física, química e sanitária a partir dos parâmetros de teor de umidade, Ph, STV, COT, NTK, K, P e ovos de Helminthos.

Os resultados de análise da qualidade do composto orgânico produzido no presente estudo podem ser vistos na Tabela 2.

Ponderando os dados expostos por meio da Tabela 2, constata-se que a condição de pH do composto orgânico produzido em CCR e CPC atingiu o padrão ideal recomendado por legislações brasileira, ou seja, maior de 6,5 (Brasil, 2009; 2016). Os valores de pH alcalino (8,94 e 9,08) do composto orgânico produzido nos dois tipos de composteiras refletiram a qualidade de compostagem, visto que, o pH em nível ácido forte fará com que o consumo de oxigênio aumente e terá resultados negativos ao meio ambiente.

Seguindo a conjuntura verificado para pH, exceto ao fósforo e aos sólidos totais, os resultados obtidos para os demais parâmetros se enquadram nas especificações exigidas nas instruções normativas nº 25 de 2009 (Brasil, 2009) e nº 7 de 2016 (Brasil, 2016) . Porém, os resultados do fósforo de composto orgânico em ambos os subsistemas foram aproximados ao

valor recomendado pelas mesmas normativas ( $> 1$ ), conforme Tabela 2 e foram maiores aos valores observados nos estudos de Araújo et al. (2019) e de Gomes (2019) sobre tratamento aeróbio de resíduos sólidos domiciliares em Campina Grande - PB.

**Tabela 2.** Características Físicas, Químicas E Sanitárias Do Composto Orgânico Resultante Do Presente Estudo.

Características	Resíduos sólidos	Composto Orgânico		Faixa indicativa*
	orgânicos domiciliares	CCR	CPC	
Umidade (%)	66,27	28,13	31,87	$< 40$
pH	5,58	8,94	9,08	$> 6,5$
ST (%)	33,73	71,87	68,13	-
STV (%ST)	79,01	53,04	53,43	40
COT (%ST)	43,89	29,47	29,68	$8 < 25$
NTK (%ST)	1,52	2,73	2,56	$> 1$
K (%ST)	1,07	1,91	2,26	$> 1$
P (%ST)	0,42	0,81	0,75	$> 1$
Helmintos (ovos/gST)	4,6	0,00	0,00	1

\* Instrução Normativa nº25 de 23 de julho de 2009 (Brasil, 2009) e Instrução Normativa nº 7 de abril de 2016 (Brasil, 2016).  
Fonte: Dados de pesquisa.

Para a diminuição do teor de umidade e da concentração de sólidos totais voláteis que foram diretamente proporcionais entre si ao longo do processo de compostagem em ambas as composteiras, atingindo baixos valores, refletiram diretamente na disponibilidade de nutrientes, limitando neste período, a atividade dos organismos.

O composto orgânico produzido nos dois tipos de composteiras do presente estudo não conteve os organismos patógenos, principalmente ovos de helmintos, conforme Tabela 2. Os ovos de helmintos foram destruídos na fase termófila de compostagem e pelo processo de predação que ocorre no sistema, como atestaram Silva (2008) e Araújo et al. (2017).

A constituição do composto orgânico produzido por CCR e CPC pode ser vista na Tabela 3.

**Tabela 3.** Composição da massa final obtida por CCR e CPC com a obtida por massa inicial (RSOD).

Sistema	Massa (kg)		Natureza física do composto (kg)				Transformação (%)
	Inicial	Retirada	Rejeito	Farelo (4 mm)	Pó (2 mm)	Total	
CCR	72	1,94	5,98	2,89	8,02	16,89	24,10
CPC	72	1,72	7,39	3,2	4,48	15,07	21,44
<b>Total</b>	<b>144</b>	<b>3,66</b>	<b>13,37</b>	<b>6,09</b>	<b>12,5</b>	<b>31,96</b>	<b>22,77</b>
<b>Média</b>	<b>72</b>	<b>1,84</b>	<b>6,69</b>	<b>3,04</b>	<b>6,25</b>	<b>15,98</b>	<b>22,77</b>

Fonte: Dados de pesquisa.

Observa-se o percentual de transformação dos resíduos sólidos orgânicos domiciliares em compostos orgânicos foi baixo: 24,10% para CCR e 21,44% para CPC. Para o composto orgânico em pó houve, para CCR, em torno de uma e duas vezes e meia maior massa em relação ao rejeito e ao farelo, respectivamente, conforme esperado, embora, houve massa de farelo duas vezes menor em relação ao rejeito. No que tange à CPC, foi a que apresentou a menor massa de composto em pó e em farelo. Visto que, esse tipo de composteiras produziu rejeito entorno de duas e uma vez e meia superior que em farelo e em pó, respectivamente. Estes rejeitos estão relacionados à constituição dos materiais de difícil degradação, tais como, ossos, galhos e caroços de frutas, e possivelmente, funcionarão como estruturante em novos sistemas de compostagem.

O rejeito e o farelo resultantes do tratamento aplicado neste trabalho poderão ser usados para o controle do teor de umidade do substrato, favorecendo desse modo, condições de umidade ideal para os organismos desempenharem as suas funções, como recomenda Silva (2008). De acordo com Gomes (2019), favorecerá áreas de oxigenação durante o processo do futuro tratamento e acelerará o processo de compostagem.

A elevada porcentagem de rejeito encontrada em CPC no presente estudo ocorreu possivelmente em razão de menores níveis temperaturas termófilas encontrados. Conforme Ogunwande, Ogunjimi & Fafyebi (2008) a maior intensidade no metabolismo dos organismos responsáveis por desempenharem a decomposição dos sólidos totais voláteis é na fase termófila.

Além disso, o sistema de CCR também transformou entorno de uma vez maior porcentagem dos resíduos sólidos orgânicos em composto orgânico em comparação com o de CPC. No entanto, a porcentagem média da transformação do substrato em composto orgânico realizada por sistema de tratamento do presente estudo foi superior e melhor em relação às realizadas nos estudos de Gomes (2019) e Nascimento et al. (2017), justificada pela exposição desses sistemas à radiação solar mais intensa.

#### **4. Considerações Finais**

A utilização de fração orgânica putrescível dos resíduos sólidos domiciliares gerados em condomínio vertical na produção de composto orgânico promoveu maior concentração de nutrientes como, COT (29,58%ST), NTK (2,64%ST), K (2,09%ST) e P (0,78%ST) no composto a ser aplicado em solos agrícolas e em jardins.

O sistema experimental de CCR mostrou-se mais eficiente na transformação dos resíduos sólidos orgânicos em composto orgânico (24,10%) no presente estudo, possivelmente devido a sua configuração que permitiu maior tempo de exposição do substrato ao nível de temperatura termófilo.

O monitoramento adequado dos parâmetros físicos, químicos e sanitários ao longo do processo de compostagem favoreceu o controle da degradação de matéria orgânica, conforme esperado, resultando de forma geral o enquadramento de composto orgânico na faixa indicativa das instruções normativas brasileiras.

A coleta dos resíduos sólidos na fonte geradora contribuiu com o aumento do material carbonáceo nos resíduos sólidos domiciliares e conseqüentemente, na qualidade do composto orgânico.

Assim, considera-se a função do sistema de compostagem como o elemento essencial ao gerenciamento de resíduos sólidos, necessitando o estímulo desse tipo de sistema visando à satisfação de qualidade ambiental, uso adequado dos recursos naturais, desenvolvimento econômico e melhoria social.

Em vários lugares de Timor Leste (País do autor principal) e do Brasil, inclusive nos diferentes condomínios verticais, a disposição dos resíduos sólidos domiciliares, principalmente da fração orgânica putrescível se encontra em condições inadequadas, causando uma série de problemas ambientais, econômicos e sociais, por serem fontes de contaminação ao ser humano e de poluição ao meio ambiente. Por outro lado, sendo os lugares de clima semiárido e lugares agrícolas, existe a necessidade de cultivo das plantações,

o que demanda a presença do adubo orgânico para favorecer o seu crescimento e desenvolvimento.

Recomenda-se a efetivação de políticas públicas para o incentivo do tratamento da parcela orgânica dos resíduos sólidos urbanos em composteiras de baixo custo, fácil manuseio e eficientes no que tange ao alcance de seus objetivos: transformar resíduos sólidos orgânicos em composto estabilizado e sanitizado e favorecer a seleção dos resíduos sólidos na fonte geradora.

## Referências

American Public Health Association - APHA. (2012). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. Washington, 22 ed.

Araújo, E. C. S., Costa, M. P., Nascimento, C. R., Silva, A. V., Silva, M. M. P. (2017). *Estratégias em educação ambiental: contribuições para gestão integrada de resíduos sólidos no âmbito municipal*. In: 29º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental ABES/FENASAN. Anais... São Paulo: ABES, 8, 1-10.

Araújo, E. C. S., Silva, M. M. P., Silva, A. V., Santos Sobrinho, J. B. (2019). *Tratamento aeróbio de resíduos sólidos orgânicos domiciliares em sistemas descentralizados móveis*. In: 30º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2019. Anais... Rio de Janeiro-RJ: ABES.

Brasil. Instrução Normativa nº 25 de 23 de julho de 2009. (2009). Aprova as normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura. Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009. Brasília-DF: Diário Oficial da União, Seção 1, 20.

Brasil. Lei nº 12305 de 02 de agosto de 2010. (2010). *Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no. 9.605 de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências*. Ministério de Meio Ambiente, 2010. Brasília - DF.

Brasil. Manual para Implantação de Compostagem e de Coleta Seletiva no Âmbito de Consórcios Públicos. (2010). *Melhoria da gestão ambiental urbana no Brasil*. Ministério do Meio Ambiente – MMA, Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano, 2010. Brasília-DF.

Brasil. Instrução Normativa nº 7 de 12 de abril de 2016. (2016). *Limites máximos de contaminantes admitidos em substrato para plantas Brasília-DF*. Ministério de Agricultura, 2016. Brasília – DF.

Brito, M. J. C. (2008). *Processo de compostagem de resíduos urbanos em pequena escala e potencial de utilização do composto como substrato/ Márcio José Brito - Aracaju*. 2008. 124 fls. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) - Universidade de Tiradentes.

Cáceres, R., Flotats, X., Marfà, O. (2006). Changes in the chemical and physicochemical properties of the solid fraction of cattle slurry during composting using different aeration strategies. New York. *Waste Management*, 26 (10), 1081-1091.

Cavalcante, L. P. S., Silva, M. M. P. (2015). Influência da organização de catadores de materiais recicláveis em associação para melhoria da saúde e minimização de impactos socioambientais. Santa Maria. *Revista Monografias Ambientais*, 14(1), 01-13.

Cerri, C. E. P. (2008). *Compostagem*. Programa de Pós – Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba. 19.

Chandna, P., Nain, L., Singh, S., Kuhad, R. C. (2013). Assessment of bacterial diversity during composting of agricultural byproducts. New Delhi. *BMC Microbiology*, New Delhi, 13(1), 99.

Eloy, G. R., Santos, A. C. M. R., Caetano, G. L., Perdigão, M., Gontijo, H. M. (2018). Horta ecológica e compostagem como educação ambiental desenvolvida na Fundação Crê-Ser em João Molevade/MG. *Revista Research, Society and Development*, 8(2), 1-17.



Gomes, I. (2019). *Comportamento de enterobactérias em sistemas de tratamento aeróbio descentralizado de resíduos sólidos orgânicos domiciliares* / Ivanise Gomes - Campina Grande, 2019. 129 fls. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Universidade Estadual da Paraíba.

Guermendi, J. I. (2015). *Avaliação dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos dos fertilizantes orgânicos produzidos pelas técnicas de compostagem e vermicompostagem da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos coletada em estabelecimentos alimentícios de São Carlos/SP* / Júlia Inforzato Guermendi – São Carlos, 2015. 181 fls. Diessertação (Mestrado em engenharia hidráulica e saneamento) – Universidade de São Paulo.

Hoorweg, D., Bhada-Tata, P. (2012). *What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management*. World Bank, Wsshintong. *Urban Development Series – Knowledge Papers*, (15).

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. (2010). *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico*, Rio de Janeiro, 59-60. Recuperado de <http://www.censo2010.ibge.gov.br>.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. (2019). *População*. Recuperado de <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/campina-grande/panorama>.

Jocobi, R. P., Besen, G. R. (2011). *Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade*. *Revista Estudos avançados*. 25 (71), 135-158.

Kiehl, E. J. (2004). *Manual da compostagem: Maturação e qualidade do composto*. 4<sup>a</sup>ed. Piracicaba, 173.

Kutzner, H. J. (2008). *Microbiology of composting*. In: Rehm, H. J.; Reed, G. *Biotechnology: second, completely revised edition*. Environmental processe III, A Multi-Volume Comprehensive Treatise. Second edition. 11, 10942.

Kyte, R. Foreword. (2012). *What a Waste: a Global Review of Solid Waste Management*, Washington, 15, 7.

Leite, V. D., Dantas, A. M. M., Prasad, S., Lopes, W. S., Athayde Júnior, G. B., Sousa, J. T. (2002). Comportamento dos Sólidos Totais em Reator Anaeróbio Tratando Resíduos Sólidos Orgânicos. In: *XXVIII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental*. Anais... Cacún. Mexico.

Leite, V. D., Silva, S. A., Sousa, J. T., Mesquita, E. M. N. (2007). Análise quali-quantitativa dos resíduos sólidos urbanos produzidos em Campina Grande, PB. In: *XXIV Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental*. Anais... Belo Horizonte –MG: ABES. 02 a 07 de setembro de 2007.

Lima, C. A. (2018). *Bioprospecção de fungos com potencial para a produção de colorantes naturais/* Caio de Azevedo Lima – Sumé, 2018. 63 fls. Monografia (Graduação em Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos) – Universidade Federal em Campina Grande.

Marconi; M. A., Lakatos, E. M. (2007). Fundamentos de metodologia científica. (6a ed.) São Paulo: Atlas.

Mondelli, G., Giacheti, H. L., Hamada, J. (2016). Avaliação da contaminação no entorno de um aterro de resíduos sólidos urbanos com base em resultados de poços de monitoramento. *Revista Engenharia e Sanitária Ambiental*. 21 (1), 169-182.

Nascimento, C. R. (2015). *Sistema de tratamento descentralizado de resíduos sólidos orgânicos no bairro Malvinas, Campina Grande-PB/* Cristiane Ribeiro do Nascimento – Campina Grande, 2015. 110 fls. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia Ambiental) – Universidade Estadual da Paraíba.

Nascimento, C. R., Silva, M. M. P., Araujo, E. C. S., Costa, M. P., Silva, A. V. (2017). Avaliação de sistema de tratamento aeróbio descentralizado móvel de resíduos sólidos orgânicos domiciliares no bairro Malvinas, Campina Grande-PB. In: *29º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*. Anais... Rio de Janeiro: ABES, 1-9.

Neves, D. P. (2005). *Hymenolepis nana*; capítulo 27. In Neves, D. P.; Melo, A. L., Linardi, P. M., & Vitor, R. W. Almeida. Parasitologia Humana. 11ª ed. São Paulo-SP: Atheneu. 494.

Nogueira, J. O. C. (2011). Compostagem como prática de valorização dos resíduos alimentares com foco interdisciplinar na educação ambiental. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*. 3(3), 316-325.

Ogunwande, G. A., Ogunjimi, L. A. O., Fafiyebi, J. O. (2008). Effects of turning frequency on composting of chicken litter in turned windrow piles. *International Agrophysics*, 22(2), 159-165.

Oliveira Filho, J. G., Camara, C. P., Sousa, T. C. F., Cruz, I. A., Egea, M. B., Falcão, H. A. S., Silva, E. R. (2018). Caracterização microbiológica do processo de compostagem de resíduos orgânicos em pequena escala. América do Norte. *Colloquium Agrariae*. 13 (2), 130-136.

Ruschel, C. B. V. (2013). *Compostagem de resíduos vegetais por diferentes métodos de aeração*/ Claudia de Brito Velho Ruschel - Porto Alegre, 2013. 60 fls. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Sanches, S. M., Silva, C. H. T. P., Vespa, I. C. G., Vieira, E. M. (2006). A Importância da Compostagem para a Educação Ambiental nas Escolas. *Química Nova na Escola*, São Paulo, (23), 10-13.

Santos, J. G. R., Santos, E. C. K. R. (2008) *Matéria orgânica do solo*. In: Agricultura orgânica: Teoria e prática. Campina Grande-PB: EDUEP, 2008. Cap. 2, 39-56.

Santos, S. I. L. *Os espaços de lazer nos conjuntos habitacionais Major Veneziano e Dona Lindu em Campina Grande – PB: da produção à apropriação*/ Sâmara Iris Lima Santos – João Pessoa, 2016. 103 fls. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal da Paraíba.

Shen, Z., Zhong, S., Wang, Y., Wang, B., Mei, X., Li, R., Ruan, Y., Shen, Q. (2013). Induced soil microbial suppression of banana fusarium wilt disease using compost and biofertilizers to improve yield and quality. *European Journal Soil Biology*, 57(4), 1 - 8. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2013.03.006>

Silva, M. M. P. *Tratamento de lodos de tanques sépticos por co-compostagem para municípios do semi-árido paraibano: alternativa para mitigação de impactos ambientais* / Monica Maria Pereira da Silva – Campina Grande, 2008. 219 fls. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande.

Silva, M. M. P., Sousa, J. T., Ceballos, B. S. O., Feitosa, W. B. S., Leite, V. D. (2010). Avaliação sanitária de resíduos sólidos orgânicos domiciliares em municípios do semiárido paraibano. Mossoró. *Revista Caatinga*, 23 (2), 87-92.

Silva, M. M. P., Oliveira, A. G., Leite, V. D., Soares, L. M. P., Oliveira, S. C. A. (2011). Avaliação de Sistema de Tratamento Descentralizado de Resíduos Sólidos Orgânicos Domiciliares em Campina Grande-PB. In: *26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*. Anais... Porto Alegre – RGS: ABES. 25 a 29 de setembro 2011.

Silva, M. M. P., Sousa, J. T., Ceballos, B. S. O., Araújo, E. A., Leite, V. D. (2011e). Mesoinvertebrados que atuam em diferentes fases da cocompostagem de lodos de tanques sépticos coletivos e resíduos sólidos orgânicos domiciliares. In: *Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 26, 2011e, Porto Alegre*. Anais... Porto Alegre: ABES.

Silva, M. M. P. (2020). *Manual de educação ambiental: uma contribuição à formação de agentes multiplicadores em educação ambiental*. ISBN 978 85 473 3873-2. Curitiba- PR, Brasil: Appris Editora. 233 p.

Silva, M. M. P., Gomes, R. B., Araújo, E. C. S., Gomes, I.; Freitas, A. F., Silva, A. V., Farias, F. L., Leite, V. D. (2020). Prevalência de helmintos em resíduos sólidos orgânicos domiciliares; um risco à saúde ambiental e humana. Curitiba. *Brazilian Journal of Development*, 6(5), 28689-28702.

Silva, M. P., Sousa, M. U., Santos, B. D., Costa, M. P., Araújo, E. C. S., Soares, E. S., Ribeiro, L. A., Cavalcante, L. P. S. (2020a). Tecnologias sociais para gestão de resíduos sólidos recicláveis secos e prevenção de riscos no exercício profissional de catadores de materiais recicláveis. *Brazilian Journal of Development*, 6(5), 31402-31428.

Souza, D. M. (2012). *Influência de cobertura no desempenho de sistema de tratamento de resíduos sólidos orgânicos domiciliares instalados em Campina Grande/PB: uma contribuição à sustentabilidade territorial* – Campina Grande, 2012. 67 fls. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual da Paraíba.

Teixeira, L. B., Germano, V. L. C., Oliveira, R. F., Furlan Júnior, J. (2005). Processo de Compostagem Usando Resíduos das Agroindústrias de Açaí e de Palmito do Açaizeir Belém. Circular Técnica. 01-06. ISSN: 1517-211X.

Wang, X., Cui, H., Shi, J., Zhao, X., Zhao, Y., Wei, Z. (2015). Relationship between bacterial diversity and environmental parameters during composting of different raw materials. *Bioresource Technology*, 198, 395-402.

Wu, J. Q., Zhao, Y., Qi, H. S., Zhao, X. Y., Yang, T. X., Du, Y. Q., Zhang, H., Wei, Z. M. (2017). Identifying the key factors that affect the formation of humic substance during different materials composting. *Bioresource Technology*. 244 (1), 1193-1196.

#### **Percentual de participação dos autores no manuscrito**

Antônio Fraga Freitas – 30%

Valderi Duarte Leite – 20%

Monica Maria Pereira da Silva – 20%

Rosilene Barros Gomes – 8%

Maria José Silva - 8%

Fernando Luiz Barbosa Farias – 7%

Adriane Teixeira Barros - 7%