

### **III-456 – TRATAMENTO AERÓBIO DE RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS DOMICILIARES EM SISTEMAS DESCENTRALIZADOS MÓVEIS**

**Elaine Cristina dos Santos Araújo** <sup>(1)</sup>

Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba (PPGCTA/UEPB). Graduada em Ciências Biológicas (UEPB). Integra o Grupo de Extensão e Pesquisa em Gestão e Educação Ambiental (GGEA).

**Monica Maria Pereira da Silva**

Doutora em Recursos Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA/UFPB). Especialista em Educação Ambiental (UEPB). Graduada em Ciências Biológicas (UEPB). Professora Aposentada (UEPB). Professora colaboradora do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental (PPGCTA/UEPB). Integra o Grupo de Extensão e Pesquisa em Gestão e Educação Ambiental (GGEA).

**Adriana Veríssimo da Silva**

Cursando Especialização em Atendimento Educacional Especializado pela Faculdade Integrada de Patos (PÓSFIPI). Graduada em Ciências Biológicas (UEPB). Integra o Grupo de Extensão e Pesquisa em Gestão e Educação Ambiental (GGEA).

**José Belarmino dos Santos Sobrinho**

Graduando em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual da Paraíba. Integra o Grupo de Extensão e Pesquisa em Gestão e Educação Ambiental (GGEA).

**Valderi Duarte Leite**

Doutor em Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo (USP). Mestre em Engenharia Civil (UFPB). Engenheiro Químico (UFPB). Professor do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Martins Júnior, 144 - Liberdade – Campina Grande - PB - CEP: 58414-055 - Brasil - Tel.: (83) 98863-3673 – E-mail: [crys\\_lainne@yahoo.com.br](mailto:crys_lainne@yahoo.com.br)

#### **RESUMO**

O principal objetivo desse trabalho foi analisar de forma comparativa a eficiência de tratamento aeróbio de resíduos sólidos orgânicos domiciliares em sistemas descentralizados móveis. A pesquisa foi realizada entre o período de julho e novembro de 2017. A parcela orgânica foi coletada em 46 residências de um bairro na cidade de Campina Grande, estado Paraíba, previamente separada na fonte geradora. O delineamento experimental consistiu de dois tratamentos, com três repetições, totalizando seis composteiras móveis. Cada composteira foi alimentada com 20 kg de resíduos sólidos orgânicos nas seguintes proporções: 80% de resíduos sólidos orgânicos domiciliares, 10% de resíduos de flores e folhas e 10% de estruturantes. O monitoramento e análises do sistema foi periódico durante todo o experimento. A compostagem dos resíduos sólidos orgânicos domiciliares se mostrou viável nos aspectos de tratamento aeróbio da parcela orgânica, participação efetiva da comunidade e redução da quantidade de resíduos sólidos orgânicos encaminhada ao aterro sanitário. Os resultados indicaram que a compostagem, quando bem empregada, propicia ambiente com condições favoráveis à ação diversificada de organismos autóctones, favorecendo a higienização e estabilização da matéria orgânica.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduos sólidos orgânicos, Tratamento, Decomposição, Sistema descentralizado.

#### **INTRODUÇÃO**

A geração de resíduos sólidos e a gestão inadequada desses materiais é um dos grandes problemas ambientais da atualidade. No geral, há falta de organização e planejamento, devido à carência de informações e de conhecimentos, somada as restrições financeiras, principalmente em países em desenvolvimento (HAKAMI; SEIF, 2015). Normalmente, os resíduos sólidos são descartados de forma misturada e/ou em áreas que não são devidamente projetadas, gerando impactos ambientais negativos substanciais (ALLY; ISMAIL; RASDI, 2014; IBRAHIM; MORAMED, 2016).

Os resíduos sólidos orgânicos de origem domiciliar não estão isentos desse cenário. Na verdade, estudos comprovam que esses materiais correspondem um importante veículo de transmissão de agentes patogênicos, principalmente, em locais com ausência ou condições precárias de saneamento ambiental (SILVA et al., 2010; SILVA et al., 2013; NASCIMENTO et al., 2017; ARAUJO et al., 2017).

Para garantir condições de saúde e de segurança ambiental e humana, há necessidade de sistemas de gestão integrada de resíduos sólidos municipais eficazes, que devem ser ambiental e economicamente sustentáveis (IBRAHIM; MORAMED, 2016). Partindo desse pressuposto, a compostagem configura-se numa biotecnologia de baixo custo e fácil operação, que desempenha um papel estratégico na gestão integrada de resíduos sólidos (SILVA et al., 2011), através da qual é possível alcançar a estabilização e higienização dos resíduos sólidos orgânicos e utilização do composto para alteração no solo, a fim de melhorar a estrutura, aumentar a capacidade de troca catiónica, eliminar agentes patogênicos e facilitar o crescimento das plantas (MIRA; JARAMILLO, 2010).

Estimula o hábito da separação dos resíduos sólidos na fonte geradora, permitindo o melhor aproveitamento desses resíduos e favorece o trabalho de catadores de materiais recicláveis, evitando seu contato direto com materiais contaminados (MAIA et al., 2012).

Estudos comprovam que o modelo da tecnologia utilizada exerce grande influência sobre a qualidade do produto final (SILVA et al., 2011; NASCIMENTO et al., 2017). Para identificar a eficiência do processo de tratamento aeróbio dos resíduos sólidos orgânicos domiciliares nos diferentes sistemas requer, por sua vez, o acompanhamento de diferentes parâmetros. Nessa perspectiva, este trabalho objetivou analisar de forma comparativa a eficiência de tratamento aeróbio de resíduos sólidos orgânicos domiciliares em sistemas descentralizados móveis.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

O sistema experimental utilizado para realização dessa pesquisa foi instalado e monitorado nas dependências da Universidade Estadual da Paraíba, localizada na cidade de Campina Grande, estado da Paraíba, nordeste do Brasil.

A área de estudo está situada geograficamente 7°14'00.0"S 35°55'20.0"W com altitude de 550 m acima do nível do mar, temperatura média anual entre 22-30°C e a área de precipitação anual de 700 mm (CPRM, 2005). A pesquisa foi realizada entre os meses de agosto e novembro de 2017, transição entre o final do período chuvoso e o início das elevadas temperaturas ambientais.

O sistema móvel compreendeu dois tipos de tratamentos (CAR; CCR) com três repetições (R1; R2; R3). Cada composteira de aço inoxidável (CAR) foi construída com compartimento com 0,30 m de largura, 0,50 m de comprimento e 0,50 m de altura, com uma manivela para o reviramento e oxigenação mecânica do substrato, evitando-se a contaminação e diminuindo-se o esforço físico despendido durante o monitoramento. Individualmente, foi fixada a base de ferro com 1 m de altura (NASCIMENTO, 2015).

A composteira de retangular de concreto (CCR) foi construída com dois compartimentos para favorecer o reviramento manual e a oxigenação do sistema. Cada compartimento que constitui a composteira CCR foi desenvolvido com 0,30 m de largura, 0,50 m de comprimento e 0,50 m de altura, com redução de 0,25 m em uma das laterais para facilitar o reviramento manual entre elas (NASCIMENTO, 2015).

Os resíduos sólidos orgânicos foram coletados em um bairro da cidade que participa de um programa de gestão integrada de resíduos sólidos instalado em escala piloto, desde 2013. O substrato foi constituído por resíduos sólidos orgânicos domiciliares (RSOD), resíduos de folhas (RFOL) e resíduos de flores (RFLO) que separados previamente na fonte geradora e coletados durante uma semana, no dia e horário agendados junto com os moradores.

Durante o procedimento de aeração, foram coletadas amostras compostas duas vezes por semana e analisadas as variáveis: temperatura, teor de umidade (%), aeração, pH, sólidos totais voláteis (%ST) e mesoinvertebrados (mesoinvertebrados/gST).

Para a análise da qualidade sanitária dos resíduos sólidos orgânicos foi feita avaliação de ovos de helmintos (ovos/gST). Esta análise foi realizada na montagem e no final do sistema com intuito de avaliar a eficiência do tratamento em relação à higienização. Para isso, utilizou-se o método desenvolvido por Meyer (1978) modificado por Silva (2008).

A análise da viabilidade dos ovos foi realizada por meio da técnica de cloração rápida, utilizando-se de solução safranina a 0,1% para detectar as trocas de permeabilidade da membrana vitelina de ovos (ZERBINI *et al.*, 1999).

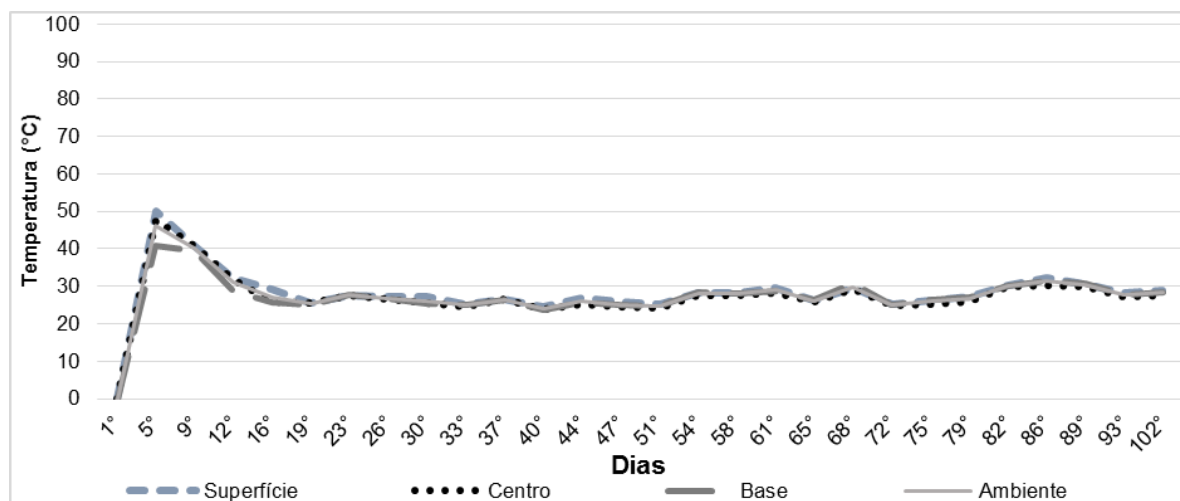
A análise biológica consistiu na captura, identificação e contagem de mesoinvertebrados presentes nas diferentes fases do processo de compostagem, segundo o método de Silva (2008). Para identificação dos indivíduos, a amostra do substrato foi colocada em placa de petri e analisada com auxílio de lupa binocular.

A identificação taxonômica foi realizada com as chaves de identificação de Peterson (1951), Lima (1962), McAlpine *et al.*, (1987), Sterh (1991) e Borror e Delong (1992).

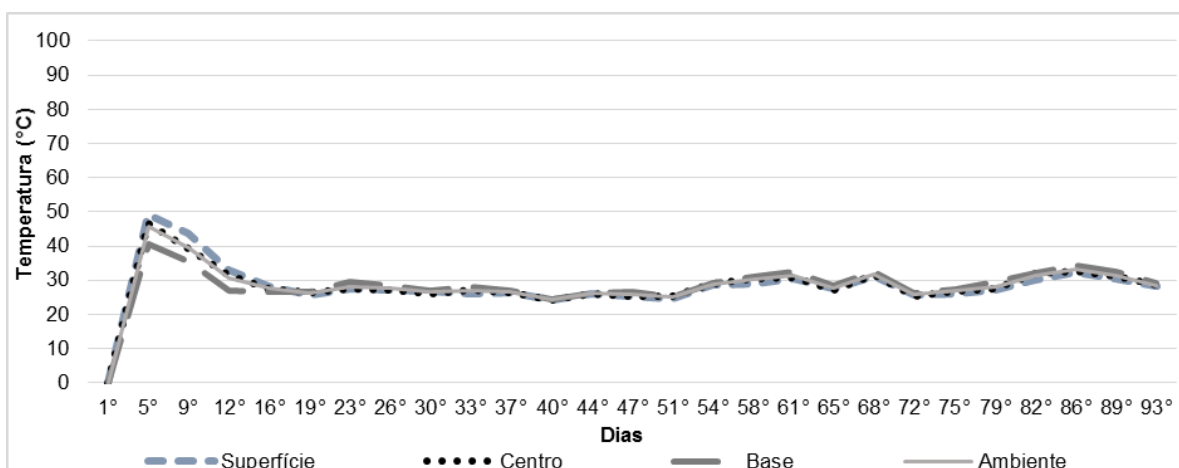
As análises foram realizadas no laboratório do Grupo de Extensão e Pesquisa em Gestão e Educação Ambiental (LabGGEA/UEBP) da Universidade Estadual da Paraíba e no laboratório do Setor de Ciência do Solo da Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O comportamento da temperatura interna do sistema permitiu determinar as fases da compostagem. No início do processo, a temperatura encontrava-se semelhante à temperatura ambiente, mas, logo nos primeiros dias de monitoramento foram obtidos níveis médios de temperatura entre 49 e 50 °C no sistema CAR e no sistema CCR, respectivamente. O que caracterizou a fase de degradação ativa. A partir do 20º dia começou a fase de resfriamento do sistema, alterando os níveis médios de temperatura para 29 e 35 °C. Permanecendo estes níveis médios de temperatura até alcançar a temperatura ambiente, conforme a Figura 1 e 2.



**Figura 1: Temperatura média registrada respectivamente no sistema de composteira de concreto retangular (CCR). Campina Grande-PB. Agosto a novembro de 2017.**



**Figura 2: Temperatura média registrada respectivamente no sistema de composteira de aço inoxidável e alumínio retangular (CAR). Campina Grande-PB. Agosto a novembro de 2017.**

Ao longo do processo, verificou-se que os níveis médios de temperatura aumentaram à medida que os diferentes organismos passaram a degradar os nutrientes disponíveis. Fato característico da comunidade aeróbica responsável em decompor a matéria orgânica, uma vez que os organismos autóctones são exotérmicos.

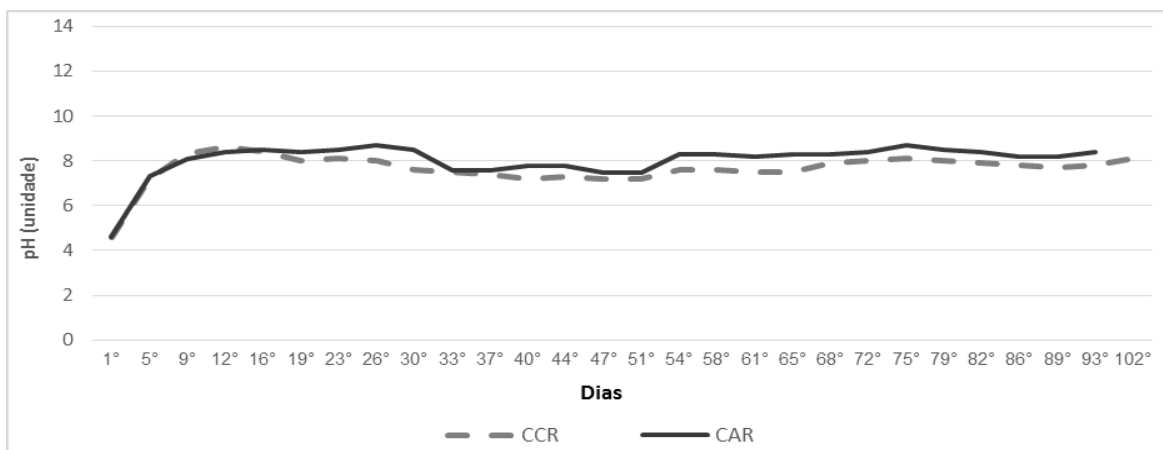
Destaca-se que à medida que a matéria orgânica foi sendo transformada em matéria inorgânica, os níveis médios de temperatura decaíram até a temperatura ambiente.

Os resultados indicam um período curto de temperaturas elevadas, mas, estes se mantiveram dentro dos padrões recomendados nos trabalhos de Haug (1993), Trautmann e Krasny (1997) e Kiehl (1998).

Em relação ao pH, durante a fase inicial do sistema de compostagem, foi registrado o menor valor (4,6) característicos do início do processo, resultado da ação de bactérias formadoras de ácidos minerais na decomposição de material carbonáceo complexo em ácidos orgânicos, segundo Fernandes e Silva (1999).

Os valores de pH aumentaram ao longo do processo de compostagem entre 7,2 e 7,3, respectivamente nos tratamentos CCR e CAR, alcançando a faixa entre 8,1 e 8,4 no estágio de maturação do composto. Resultados semelhantes foram encontrados no trabalho de Silva (2008), Nascimento (2015) e Lima Júnior (2015).

O nível de pH se comportou de maneira análoga entre os sistemas, favorecendo a ação dos organismos, sem a necessidade de adição de produtos químicos para correção. As variações do pH estão representadas na Figura 3.



**Figura 3: Valores de pH ao longo do processo de compostagem do sistema de concreto retangular (CCR) e o sistema de aço inoxidável e alumínio retangular (CAR). Campina Grande-PB. Agosto a novembro de 2017.**

Estudos sugerem que para o funcionamento adequado do sistema de compostagem, o teor de umidade inicial deve estar entre 50-60% (CARRINGTON, 2001; RUSSO, 2003; BIDONE, 2007; KUTZNER, 2008).

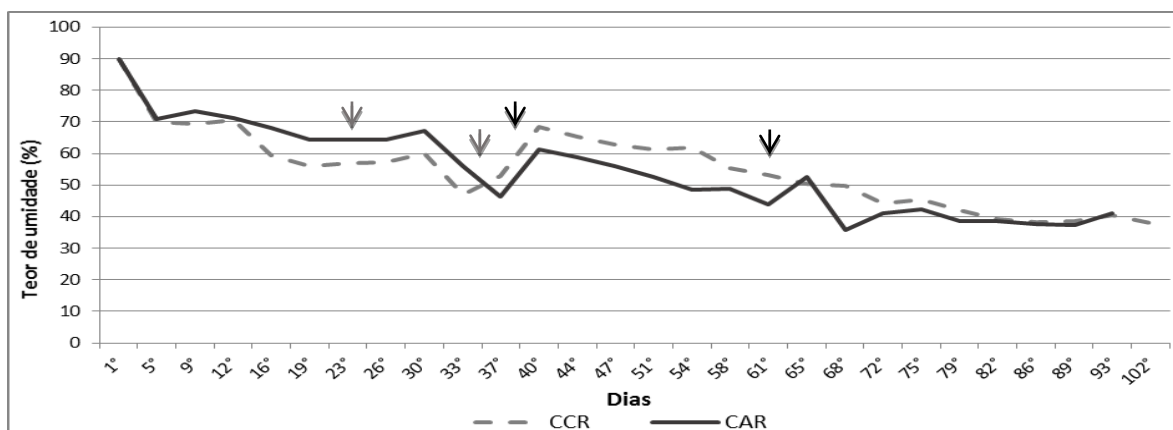
Por outro lado, Batista e Batista (2007) atentam que a compostagem com o uso de materiais recalcitrantes, como serragem, cavaco de madeira, galhos, casca de arroz, palhas, espigas de milho, entre outros materiais, necessitam de teor de umidade inicial entre 75 e 90%. Nessa perspectiva, o teor de umidade elevado possivelmente, foi favorável à degradação de resíduos de folhas e flores, estruturantes usados na composição do substrato inicial.

Além disso, a elevada concentração de água inicial não foi impedimento para ação dos mesoinvertebrados, os quais foram observados durante todo o processo de compostagem. Isso decorreu em virtude da larga faixa de tolerância que esses organismos apresentam para teor de umidade, em comparação as bactérias, fungos e actinomicetos. Esse resultado ressalta, seguindo a perspectiva exposta por Morales e Wolff (2010) que esse tipo de substrato é favorável para alimentação, postura de ovos e desenvolvimento de diferentes organismos, mostrando especificidade às várias fases do processo.

Destaca-se que o sistema foi montado com resíduos sólidos orgânicos não triturados, visando facilitar a operação do sistema, quando o procedimento for adotado pela população. A opção substrato não triturado, a ausência de corretores de pH, reviramento duas vezes por semana e a não utilização de processos para secagem inicial dos resíduos sólidos orgânicos mostraram-se favoráveis à aplicação do sistema em escala real.

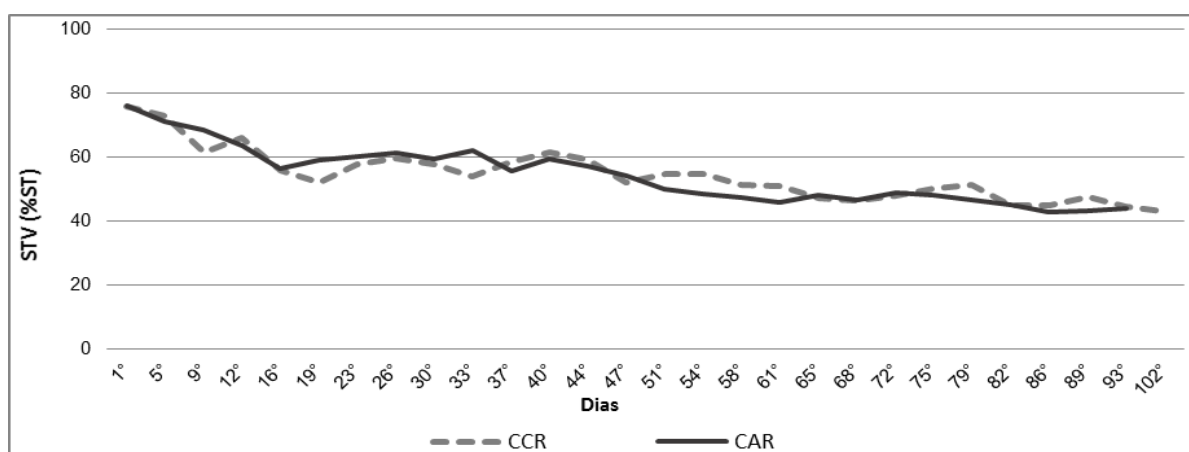
Nessa perspectiva, a aeração duas vezes por semana do sistema foi fundamental para o controle do teor de umidade. No final do processo, o composto resultante apresentou teor de umidade entre 37,9 a 41,4%, próximo ao intervalo considerado ideal, segundo Kiehl (1998).

A figura 4 apresenta os valores médios do teor de umidade no sistema de composteira de concreto retangular (CCR) e o sistema de aço inoxidável e alumínio retangular (CAR).



**Figura 4: Valores médios referentes ao teor de umidade do sistema de compostagem. Campina Grande-PB. Agosto a novembro de 2017. Legenda: setas indicam os dias em que foi adicionado água em cada sistema.**

A significativa concentração de sólidos totais voláteis na amostra inicial refletiu-se em percentual de matéria orgânica contida no substrato (76%) para ambos os sistemas (Figura 5). Verificou-se a redução de sólidos totais voláteis em função do tempo, conforme o esperado. O decaimento gradativo resultou do consumo de compostos orgânicos complexos pela ação dos diferentes organismos autóctones, fundamentais para expressar a velocidade de estabilização do sistema de compostagem, segundo Pereira Neto (1996).



**Figura 5: Valores médios de STV (%ST) observados para os tratamentos de resíduos sólidos domiciliares. Agosto a novembro de 2017.**

No final do processo de compostagem foram verificados percentuais médios entre 43,2 e 44,2% para o sistema CCR e CAR, respectivamente. Tais percentuais induzem, consequentemente, o número de organismos, o que é compreensível, devido à carência de alimento e o baixo teor de umidade.

Considerando-se, o parâmetro biológico ovos de helmintos, no início do processo de compostagem observou-se grande quantidade de ovos de helmintos, numa variação de 1,8 a 5,3 ovos/gST viáveis. No geral, foi quantificado um total de 14,3 ovos de helmintos, com viabilidade de 62,2% (Tabela 1). Em ordem de prevalência, foram encontrados ovos de helmintos pertencentes aos grupos *Ancylostoma* sp. (25%), *Ascaris lumbricoides* (50%) e *Hymenolepis nana* (25%).

**Tabela 1: Prevalência de ovos de helmintos identificados em resíduos sólidos orgânicos domiciliares. Campina Grande, 2017**

Prevalência	Helmintos (ovos/gST)			Viável (%)
	Viável	Inviável	Total	
<i>Ascaris lumbricoides</i>	5,3	1,8	7,1	74,6
<i>Ancylostoma</i> sp.	1,8	1,8	3,6	50
<i>Hymenolepis nana</i>	1,8	1,8	3,6	50
<b>Total</b>	<b>8,9</b>	<b>5,4</b>	<b>14,3</b>	<b>62,2</b>

Com este número de ovos de helmintos viáveis, os resíduos sólidos orgânicos lançados no meio ambiente sem tratamento provocaria contaminação do solo e da água, consequentemente, afetaria a saúde humana.

As concentrações de ovos de helmintos em resíduos sólidos orgânicos de origem domiciliar foram superiores aos registrados por Silva et al. (2011), Silva et al. (2013) e Nascimento (2015).

A grande incidência de ovos de helmintos nos resíduos sólidos orgânicos domiciliares mostra um quadro bastante preocupante ao considerar o percentual de ovos viáveis, a alta resistência às condições ambientais e a baixa dose infectante desses organismos, conforme citam Feachem (1983), Carrington (2001), Metcalf e Eddy (2003) e Silva (2008). Sugere também uma possível contaminação das famílias participantes, haja vista que os resíduos sólidos orgânicos domiciliares utilizados na pesquisa foram coletados na fonte geradora.

No final do processo de compostagem não foram observados ovos de helmintos viáveis no produto final resultante. O tratamento aplicado mostrou-se uma alternativa viável, uma vez que, promoveu não apenas a remoção dos ovos de helmintos, mas, a inativação e destruição da membrana externa dos helmintos identificados, inviabilizando-os em todos os sistemas investigados (100%).



Silva (2008) considera que a alta temperatura, pH alcalino, diminuição do teor de umidade, reviramento periódico e as interações interespecíficas durante o processo de compostagem é essencial para inativação e/ou destruição dos ovos, haja vista que favorece condições para os organismos autóctones desempenharem o seu nicho ecológico.

Continuando a avaliação do parâmetro biológico, mas, neste momento os mesoinvertebrados, foram coletados 1.258 artrópodes pertencentes a seis ordens: Diptera, Isopoda, Orthoptera, Coleoptera, Mesostigmata, Araneae (Tabela 2).

A ordem Diptera apresentou o maior e mais diversificado grupo identificado no sistema (88,5%). Entre os dípteros foram observadas as famílias Stratiomyidae (*Hermetia illucens*) com 57,3%, Muscidae (*Musca domestica*) com 18,2%, Syrphidae (*Ornidia obesa*) com 4,2%, Drosophilidae (*Drosophila* sp.) com 4% e Fanniidae (*Fannia canicularis*) com 0,7%.

Com exceção da *Hermetia illucens*, todos os demais dípteros foram observados apenas durante a fase de degradação ativa, saindo do sistema na forma adulta. Fase em que os níveis de temperatura (<35°C) e o teor de umidade (<50%) passaram a reduzir e o pH tornou-se alcalino, condições características da fase de resfriamento. Logo, atesta-se que os dípteros das famílias Muscidae, Syrphidae, Drosophilidae e Fanniidae apresentam limites de tolerância a teores de umidade superior a 50%, pH ácido e matéria orgânica acima de 50%. Enquanto que família Stratiomyidae expõe larga faixa de tolerância a estes fatores ambientais.

A ordem Coleoptera (2,4%) foi representada pela família Staphylinidae (*Paederus irritans*) e Hybosoridae, ambas abundantes na fase de degradação ativa.

**Tabela 2: Diversidade taxonômica dos mesoinvertebrados identificados no sistema de compostagem.**  
**Legenda: CAR - Composteira Aço Inoxidável e Alumínio Retangular; CCR - Composteira de Concreto Retangular**

Ordem	Família	Táxon	Sistema		Total	(%)
			CCR	CAR		
Diptera	Stratiomyidae	<i>Hermetia illucens</i>	586	135	721	57,3
	Muscidae	<i>Musca domestica</i>	136	93	229	18,2
	Fanniidae	<i>Fannia canicularis</i>	7	2	9	0,7
	Syrphidae	<i>Ornidia obesa</i>	21	32	53	4,2
	Drosophilidae	<i>Drosophila</i> sp.	24	26	50	4,0
	Insertae sedis	-	2	50	52	4,1
Isopoda	Armadillidiidae	-	28	2	30	2,4
Orthoptera	Gryllidae	<i>Achaeta domestica</i>	8	0	8	0,6
Coleoptera	Staphylinidae	<i>Paederus Irritans</i>	21	2	23	1,8
	Hybosoridae	-	4	3	7	0,6
Mesostigmata	Parasitidae	-	26	43	69	5,5
Araneae	Theridiosomatidae	-	3	4	7	0,6
<b>Total</b>			<b>866</b>	<b>392</b>	<b>1258</b>	<b>100</b>

Entre os mesoinvertebrados da ordem Isopoda encontrados no sistema de compostagem (2,4%), foi observada a família Armadillidiidae, grupo de crustáceos terrestres, presentes em jardins e hortas. Os indivíduos da ordem Orthoptera (0,6%) identificados no sistema de compostagem pertencem à família Gryllidae (*Achaeta* sp.). As famílias Armadillidiidae e Gryllidae foram observadas na fase de maturação, quando os níveis de temperatura interna encontravam-se semelhante a temperatura ambiente.

A ordem Araneae foi representada pela família Theridiosomatidae, grupo de predadores de pequenos insetos e invertebrados presentes no sistema de compostagem. Estes foram observados exclusivamente na fase de maturação da matéria orgânica e representaram 0,6% dos indivíduos presentes no sistema de compostagem.

Entre os representantes da ordem Mesostigmata, observou-se a família Parasitidae, grupo de ácaros indicadores da qualidade do composto, fundamental para cadeia alimentar e polimento do substrato na fase de maturação. Estes corresponderam a 5,5% dos indivíduos notados e sua prevalência se deu na fase de maturação do sistema de compostagem, atuando no polimento da matéria semi-estável.

Constatou-se que o tratamento biológico aeróbio de resíduos sólidos orgânicos nos dois sistemas estudados não constitui apenas um processo de decomposição controlada da matéria orgânica, governado por mudanças dos parâmetros físicos e químicos, como a literatura frequentemente ressalta, há um importante sistema dinâmico e complexo, representado pela atividade metabólica combinada de um conjunto de organismos que interage no ambiente em condições favoráveis. Nesse ambiente, cada espécie assume funções diferentes e sua abundância em determinadas fases reflete como coexistem e se relacionam ao meio. Essas relações interespecíficas acabam influenciando na estrutura e no funcionamento de todo o sistema.

Para ser utilizado de forma segura, o produto final da decomposição dos resíduos sólidos orgânicos deve ser eficientemente estabilizado e higienizado. Isto significa que o processo de compostagem necessita obter condições favoráveis para ação de diferentes organismos exotérmicos e condições adversas para sementes de ervas daninhas, produtos tóxicos e organismos patógenos.

No geral, foram tratados 120 kg de resíduos sólidos orgânicos domiciliares e, destes, 20 kg foram transformados em compostos, com percentual de transformação entre 19,3% e 14,8 %, nos sistemas CAR e CCR, respectivamente.

Os compostos resultantes apresentaram qualidade que atende às Instruções Normativas nº 25 de 23 de julho de 2009 (BRASIL, 2009). Desse modo, atesta-se que os compostos apresentaram características físicas, químicas e sanitárias adequadas à legislação vigente (Tabela 3).

**Tabela 3: Características dos compostos resultantes das composteiras CAR e CCR. \*Instruções Normativas (BRASIL, 2009). Legenda: CAR - Composteira Aço Inox Retangular; CCR – Composteira de Concreto Retangular**

Parâmetros	Valores Médios		Faixa indicativa*
	CAR	CCR	
pH	8,14	8,0	> 6,5
STV (%ST)	38,5	40	40
COT (%ST)	21,4	22,2	8<25
Umidade (%)	25,7	21,7	< 50
Helmintos (ovos/gST)	0,0	0,0	< 0,25

O tratamento dos resíduos sólidos orgânicos domiciliares favoreceu estabilização e a higienização da parcela orgânica, transformando-a em compostos com características viáveis ao uso em jardins e hortas comunitárias. Promoveu a proteção da saúde pública, evitou o aporte da matéria orgânica diretamente no solo ou em sistemas aquáticos, além de contribuir para a reciclagem da matéria.

## CONCLUSÃO

A coleta dos resíduos sólidos orgânicos domiciliares previamente selecionados na fonte geradora e a retirada da rota tradicional do descarte final pode ser considerada um benefício extremamente vantajoso para o meio ambiente e para a saúde humana. Somado a compostagem, os estudos contribuíram para o tratamento aeróbio da parcela orgânica, atendendo aos princípios e as diretrizes da gestão integrada de resíduos sólidos.

Os subsistemas foram instalados no mesmo período, com os resíduos sólidos orgânicos coletados na mesma fonte geradora. Mas, as observações in loco permitiram identificar que o modelo e a composição da composteira influencia diretamente na dinâmica dos organismos, verificando a prevalência de mesoinvertebrados no sistema de composteiras em concreto retangular (CCR), logo, entende-se que o sistema é mais eficiente para promover a sucessão ecológica desses organismos e as atividades que permitem a homeostase do próprio sistema.



Conclui-se a partir dos dados coletados que o sistema de compostagem é uma biotecnologia eficiente na transformação da matéria orgânica em um produto final estabilizado e higienizado, quando operado de maneira adequada. Seu funcionamento é natural, biológico, sustentável, aeróbio e não gera subprodutos prejudiciais ao meio ambiente e à saúde humana.

Recomenda-se o incentivo para adoção de tratamento biológico aeróbio em sistemas descentralizados móveis por ser de baixo custo e de fácil operação e por atender aos princípios da gestão integrada de resíduos sólidos e por favorecer a aplicação das leis naturais em sistemas sociais, a exemplo da ciclagem da matéria e do fluxo de energia.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLY, B.; ISMAIL, S. N. S.; RASDI, I. Municipal solid waste management of Zanzibar: Current practice, the challenges and the future. *International journal of current research and academic review*. Special Issue-1, p.5-19, 2014.
- ARAUJO, E. C. S.; COSTA, M. C.; NASCIMENTO, C. R.; SILVA, A. V.; SILVA, M. M. P. Estratégias em Educação Ambiental: contribuições para gestão integrada de resíduos sólidos no âmbito municipal. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 29, 2017, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2017.
- BATISTA, J. G. F.; BATISTA, E. R. B. *Compostagem: Utilização em horticultura*. Universidade dos Açores, Angra do Heroísmo, Açores, 252 p. 2007.
- BIDONE, F. A. (Coord). *Resíduos sólidos provenientes de coletas especiais: eliminação e valorização*. Brasília: FINEP/PROSAB, 2001. 216 p.
- BORROR, D. J.; DELONG, D. M. *An Introduction to the study of Insects*. Sixth edition, Harcourt Brace Janovich College Publishers. 876 p. 1992.
- BRASIL. *Instrução Normativa nº 25 de 23 de julho de 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. Brasília-DF: Ministério de Agricultura, 2009.
- CARRINGTON, E.G. *Evaluation of sludge treatments for pathogen reduction*. Final Report. Luxembourg: European Communities, 2001. 44 p.
- CPRM. Serviço Geológico do Brasil. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. *Diagnóstico do município de Campina Grande, estado da Paraíba/* Organizado [por] João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrão, Luiz Carlos de Souza Junior, Franklin de Moraes, Vanildo Almeida Mendes, Jorge Luiz Fortunato de Miranda. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.
- FEACHEM, R. G; BRADLEY, D. J.; GARELICK, H.; MARA D. *Sanitation and disease e Heath aspects of excretas and wastewater management*. Washington/USA: The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank, 1983. 501p.
- FERNANDES, F.; SILVA, S. M. C. P. *Manual Prático para a Compostagem de Biossólidos*. PROSAB, UEL: Londrina, 1999. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/Prosab/livros/Livro%20Compostagem.pdf>>. Acesso em: 1 de jun. 2018.
- IBRAHIM, M. I. M.; MOHAMED, N. A. E-M. Towards Sustainable Management of Solid Waste in Egypt. *Procedia Environmental Sciences*, v.34, p.336-347, 2016.
- HAKAMI, B. A.; SEIF, E. S. A. Household Solid Waste Composition and Management in Jeddah City, Saudi Arabia: a planning model. *International Research Journal of Environmental Sciences*, v.4, n.1, p.1-10, 2015.
- HAUG, R. T. *The practical handbook of compost engineering*. Lewis Publishers: Flórida, 1993.
- KIEHL, E. J. *Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto*. Piracicaba, 171p., 1998.
- KUTZNER, H. J. Microbiology of composting. In: REHM, H. J.; REED, G. *Biotechnology: second, completely revised edition*. Environmental processes III, A Multi-Volume Comprehensive Treatise, v. 11, second edition, 10942p. 2008.
- LIMA, C. *Insetos do Brasil*. Himenópteros, 12º tomo, 2º parte, Cap. XXX. Escola Nacional de Agronomia, série didática nº 14, 1962.
- LIMA JÚNIOR, R. G. S. *Estratégias de compostagem como pré-tratamento de resíduos sólidos orgânicos*. 2015. 209f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2015.

18. MAIA, H. J. L.; SILVA, P. A.; CAVALCANTE, L. P. S.; SOUZA, M. A.; SILVA, M. M. P. Impactos positivos advindos com a implantação da coleta seletiva no bairro de Santa Rosa, Campina Grande-PB. In: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, III, Goiânia, 2012. *Anais...* Goiânia, 2012.
19. MCALPINE, J. F.; PETERSON, B. V.; SHEWELL, G. E.; TESKEY, H. J.; VOCKEROTH, J. R.; WOOD, D. M. *Manual of Nearctic Diptera*. Research Branch Agriculture Canada, v. 2, n. 28, 1987.
20. METCALF & EDDY. *Wastewater engineer treatment disposal, reuse*. 4ªed. New York: McGraw- Hill Book, 2003, 1729 p.
21. MEYER, K. B.; MILLER, K. D.; KANESHIRO, S. Recovery of Ascaris eggs from sludge. *Journal of Parasitology*. The American Society of Parasitologist, v. 64, n.2, p.380-383, 1978.
22. MIRA, G. M.; JARAMILLO, C. A. P. Evaluación cinética de los dípteros como indicadores de la evolución del proceso de compostaje. *Revista ingenieria universidad de Medellin*, Colombia, v.9, n.17, p.13-28, 2010.
23. MORALES, G. E.; WOLFF, M. Insects associated with the composting process of solid urban waste separated at the source. *Revista Brasileira de Entomologia*, v.54, n.4, p.645-653, 2010.
24. NASCIMENTO, C. R. *Sistema de tratamento descentralizado de resíduos sólidos orgânicos no bairro Malvinas, Campina Grande-PB*. 2015. 110f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia Ambiental) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2015.
25. NASCIMENTO, C. R.; SILVA, M. M. P.; ARAUJO, E. C. S.; COSTA, M. P.; SILVA, A. V. Avaliação de sistema de tratamento aeróbio descentralizado móvel de resíduos sólidos orgânicos domiciliares no bairro Malvinas, Campina Grande-PB. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 29, 2017, São Paulo. *Anais...* São Paulo, 2017.
26. PETERSON, A. *Larvae of insect: an introduction to neartic species*. Columbus: Part II, 416 p.,1951.
27. PEREIRA NETO, J. T. *Manual de compostagem; processo de baixo custo*. Belo Horizonte - MG: UNICEF, UFV, 1996, 56p.
28. RUSSO, M. A. T. *Tratamento de resíduos sólidos*. 2003. 196f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal, 2003.
29. 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*. 2008. 220f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande/PB, 2008.
30. SILVA, M. M. P. SOUSA, J. T.; CEBALLOS, B. S. O.; FEITOSA, W. B. S.; LEITE, V. D. Avaliação sanitária de resíduos sólidos orgânicos domiciliares em municípios do semiárido paraibano. *Revista Caatinga*, v. 23, n.2, p.87-92, 2010.
31. SILVA, M. M. P.; OLIVEIRA, A. G.; LEITE, V. D.; SOARES, L. M. P.; OLIVEIRA, S. C. A. Avaliação de sistema de tratamento descentralizado de resíduos sólidos orgânicos domiciliares em Campina Grande-PB. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 26, 2011, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre, 2011.
32. SILVA, M. M. P.; SOUZA, D. M.; SILVA, P. A.; SILVA, E. H.; JUSTINO, E. D. Contaminação de resíduos sólidos orgânicos domiciliares gerados em domicílios situados na zona urbana de Campina Grande-PB. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 27, 2013, Goiânia. *Anais...* Goiânia, 2013.
33. STEHR, F. W. *Immature insects*. Dubuque, Kendall/Hunt. v. 2, p.974, 1991
34. TRAUTMANN, N. M.; KRASNY, M. *Composting in the classroom: scientific inquiry for high school students*. 126p. 1997.
35. ZERBINI, A. M.; CHERNICHARO, C. A. L.; VIANA, E. M. Estudo da remoção de ovos de helmintos e indicadores bacteriano em um sistema de tratamento de esgotos domésticos por reator anaeróbio e aplicação superficial no solo. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 20, 1999, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro-RJ, 1999.