

III-335 - AVALIAÇÃO DE SISTEMA DE TRATAMENTO DESCENTRALIZADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS DOMICILIARES EM CAMPINA GRANDE-PB

Monica Maria Pereira da Silva⁽¹⁾

Bióloga pela Universidade Estadual da Paraíba. Especialista em Educação Ambiental/UEPB. Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente pelo PRODEMA/UFPB/UFCG. Doutora em Recursos Naturais/ UFCG. Professora da UEPB/CCBS/DFB-NEEA.

Alinne Gurjão de Oliveira⁽¹⁾

Bióloga pela Universidade Estadual da Paraíba. Mestranda em Ciência e Tecnologia na Universidade Estadual da Paraíba.

Valderi Duarte Leite

Engenheiro Químico pela Universidade Federal da Paraíba. Mestre em Engenharia Civil pela UFPB. Doutor em Engenharia Civil pela USP. Professor da UEPB/CCT.

Liliana Maria Pereira Soares

Graduanda em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Samara Carolina A. de Oliveira

Graduanda em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Endereço⁽¹⁾: Rua. Maria Barbosa de Albuquerque, 690. Malvinas. Campina Grande-PB. CEP. 58 433.266. Email: monicaea@terra.com.br

RESUMO

Objetivou-se avaliar a viabilidade de sistema de tratamento descentralizado de resíduos sólidos orgânicos domiciliares para Campina Grande-PB, visando mitigar os impactos socioambientais negativos decorrentes da disposição desses resíduos. O Sistema instalado na Sociedade de Amigos de Bairro de Santo Rosa consiste de quatro composteiras de alvenaria (1,0 m de largura, 3,0 m de comprimento e altura de 0,70 m). Cada composteira é subdividida em três compartimentos (1 m²). Compõe também de unidade de recepção, unidade para armazenamento, trituração e homogeneização de resíduos sólidos orgânicos e compostário para peneiração e armazenamento dos compostos. A tecnologia investigada compreendeu uma alternativa de tratamento eficiente, de baixo custo e fácil operação. Para todos os tratamentos examinados não foram encontrados, no final do processo de compostagem, ovos viáveis de helmintos, refletindo a eficiência de 100% na inviabilização desses organismos. As condições geradas nos diferentes tratamentos aplicados aos resíduos sólidos orgânicos domiciliares proporcionaram a inviabilidade de ovos de helmintos. Dentre os fatores, destacam-se os elevados níveis de temperatura ocorridos em todos os tratamentos, em tempo superior a quatro dias. Dessa forma, foram gerados compostos sanitizados e com características que atendem à legislação brasileira vigente, reduzindo-se os riscos à saúde humana e dos demais seres vivos. Para as variáveis investigadas (Triturado ou não triturado; dois ou três reviramentos semanais; ciclo seco ou chuvoso) foi identificada diferença significativa em relação ao aumento do tempo necessário para estabilização em relação ao material triturado e ao Ciclo 2 e ao teor de umidade do composto resultante para o Ciclo 2 (média de 38%), expressando melhor qualidade visual, em detrimento ao do Ciclo 1 (média de 10%).

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos sólidos, compostagem, sistema descentralizado.

INTRODUÇÃO

No Brasil, a coleta seletiva é uma atividade rara e pouco incentivada pela legislação (MOTTA, 2005). Apenas 8,2% dos 5.566 municípios brasileiros desenvolvem programas de coleta seletiva (RIBEIRO; BESEN, 2007) que comumente não funcionam de forma eficiente (SIMONETTO; BORENSTEIN, 2006) e não expressam os princípios que norteiam a gestão integrada de resíduos sólidos.

De acordo com os Indicadores de Desenvolvimento Sustentável publicado em dezembro de 2008, apenas 46,6% dos resíduos sólidos urbanos coletados no Brasil têm destinação adequada. No estado da Paraíba, este percentual representa apenas 3,6% (BRASIL, 2008).

O problema torna-se proeminente quando é considerada a quantidade de resíduos sólidos orgânicos produzida e não reaproveitada, cujo percentual ultrapassa a 50% dos resíduos sólidos gerados nos centros urbanos. Os resíduos de papel, plástico, vidro e metal, têm de certa forma maior valorização, devido ao potencial econômico e são coletados na fonte geradora com maior frequência, principalmente pelos catadores de materiais recicláveis informais.

Os resíduos sólidos orgânicos quando não são tratados e destinados de forma adequada acarretam sérios problemas ambientais, sociais (CALIJURI et al., 2007) e de saúde pública (MATOS; CARVALHO; AZEVEDO, 2008; SHARHOLY et al., 2008), além de inviabilizar o processo de catação e reaproveitamento efetuado pelos catadores de materiais recicláveis.

O acúmulo de resíduos sólidos orgânicos em lixões favorece a ação de organismos anaeróbios, consequentemente, a geração de chorume e gases, em geral, indesejáveis. Alguns desses gases exalam odores fétidos, outros fazem parte do grupo de gases do efeito estufa, contribuindo para o aquecimento global (SILVA; CAMPOS, 2008). Quando tratados de forma adequada podem ser transformados em compostos sanitizados e com características agronômicas viáveis à aplicação em diferentes tipos de solos.

Os sistemas de tratamento de baixo custo e de fácil operação são considerados uma possibilidade de obter a sustentabilidade na área de saneamento (MASSOUD; TARHINI; NASR, 2008), como também, representa uma oportunidade para alcançar a universalização dos serviços de saneamento, um dos oito objetivos do Milênio estabelecidos em 2000 pela Organização das Nações Unidas- ONU (ONU, 2002).

Em Campina Grande-PB de acordo com Leite et al. (2007) são produzidas diariamente 184,14 toneladas de resíduos sólidos orgânicos domiciliares, deste total, 75,44% correspondem a resíduos orgânicos (138,92 ton/dia), os quais são encaminhados ao lixão sem nenhuma seleção prévia e tratamento.

Atualmente, diferentes segmentos da sociedade local vêm motivando debates no sentido de reverter o cenário desolador em que se encontra o lixão de Campina Grande-PB, no entanto, persistem os impactos identificados por Lopes, Leite e Prasad (2000): emissão de biogás, sem aproveitamento (a exemplo do gás metano); percolação de lixiviado; fumaça decorrente da queima dos resíduos; proliferação de micro e macrovetores, esses vetores podem constituir vias de acesso de agentes patogênicos para os catadores de materiais recicláveis que realizam as atividades de catação sem nenhum tipo de equipamento de proteção.

A origem dessa problemática, porém, não advém apenas da destinação final inadequada. A falta de Educação Ambiental, a ausência de seleção dos resíduos na fonte geradora e a inexistência de políticas públicas de tratamento e de reaproveitamento de resíduos sólidos orgânicos são os principais fatores que convergem para os diferentes impactos descritos por Lopes, Leite e Prasad (2000).

O tratamento de resíduos sólidos orgânicos domiciliares, por meio de tecnologia de baixo custo, fácil operação, de forma descentralizada e dentro dos princípios da prevenção, precaução e sustentabilidade constitui uma possibilidade de mitigar impactos negativos predominantes no cenário de Campina Grande-PB e atende às reivindicações e aspirações dos líderes comunitários participantes do projeto Formação de Agentes Multiplicadores em Educação Ambiental (SILVA, 2007), cujo processo de sensibilização e de formação desencadeou a participação efetiva desses líderes nas Conferências Regional e Estadual de Meio Ambiente realizadas em 2007 e 2008, como também na elaboração do Documento Regional e Estadual apresentados e encaminhados à Câmara Municipal de Campina Grande e à Secretária de Estadual de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente do Estado da Paraíba, tendo enquanto reivindicação principal soluções para a problemática de resíduos sólidos orgânicos.

Optou-se pelo método de compostagem devido a sua eficiência para a estabilização e higienização de resíduos sólidos orgânicos domiciliares e a possibilidade de aplicação do composto resultante em culturas agrícolas. Nesses resíduos podem ser encontrados organismos importantes para a biodegradação, por conseguinte, para a continuidade do ciclo da matéria e outros de importância sanitária. Dentre os microrganismos patogênicos sobressaem-se: vírus, bactérias, fungos, protozoários e helmintos (METCALF & EDDY, 2003). Soma-se a convergência de diferentes autores a respeito da viabilidade técnica, econômica, ambiental e social da compostagem (ASLAM; HORWATH; VANDGHEYNST, 2008).

Logo, o principal objetivo do presente trabalho constituiu avaliar a viabilidade de sistema de tratamento descentralizado de resíduos sólidos orgânicos domiciliares para Campina Grande-PB, visando mitigar os impactos socioambientais negativos decorrentes da disposição inadequada desses resíduos.

METODOLOGIA

O presente trabalho foi executado no Bairro de Santa Rosa, em Campina Grande-PB e teve por base os princípios da pesquisa experimental (MARCONI; LAKATOS, 1999) e participante (THIOLLENT, 2007). Os princípios da pesquisa experimental nortearam a instalação e o monitoramento do sistema descentralizado de tratamento de resíduos sólidos orgânicos domiciliares e a pesquisa participante constituiu a base do processo de sensibilização e mobilização das famílias, o qual propiciou a instalação do Sistema de Tratamento de Resíduos Sólidos Orgânicos Domiciliares (SITRADERO).

O SITRADERO foi instalado em área pertencente à Sociedade de Amigos de Bairro de Santo Rosa, Campina Grande-PB (70 m²). A concessão dessa área constituiu um dos resultados do processo de sensibilização e de mobilização junto aos líderes comunitários. O sistema consiste de quatro composteiras de alvenaria, conferindo maior durabilidade e melhores condições de higienização, com configuração em retângulo, e seguintes dimensões: 1,0 m de largura, 3,0 m de comprimento e altura de 0,70 m. Cada composteira foi constituída por três compartimentos de 1 m² e capacidade volumétrica de 0,70 m³. Além das composteiras, foram construídas unidade de recepção, compostário e unidade teste. A unidade de recepção compreende o local onde os resíduos são armazenados para a posterior montagem da leira (2 m de largura, 3 m de comprimento e 0,70 m de altura); o compostário corresponde ao local de armazenamento temporário do composto resultante (2 m de largura, 3 m de comprimento e 0,70 m de altura) e a unidade teste, local destinado à aplicação do composto em culturas agrícolas (2 m de largura, 3 m de comprimento e 0,70 m de altura).

Avaliou-se o sistema em dois ciclos: período seco e chuvoso. Para cada ciclo foram coletados resíduos sólidos orgânicos gerados pelas famílias cadastradas e mobilizadas, a partir do processo de Educação Ambiental durante quatro semanas consecutivas e nos dias da coleta municipal regular (segunda-feira, quarta-feira e sexta-feira), no horário de 18 às 22 horas, esses resíduos eram armazenados na unidade de recepção até completar a coleta da primeira semana. No último dia de coleta os resíduos preparados de acordo com o tratamento e encaminhados ao primeiro compartimento da composteira 1; completados 30 dias, transferia-se para o segundo compartimento, permanecendo por 30 dias, deslocando-o para o terceiro compartimento, neste continuava até completar a maturidade. O composto resultante era transportado para o compostário, recebendo o pós-tratamento: peneiramento e embalagem, seguido do teste de fitotoxicidade.

No Quadro 1 estão descritas as siglas usadas para os tratamentos desenvolvidos no presente trabalho. No Quadro 2 os tratamentos aplicados no SITRADERO.

Quadro 1: Descrição das siglas utilizadas para os tratamentos aplicados aos resíduos sólidos orgânicos em Santa Rosa, Campina Grande-PB. Fevereiro a julho de 2010.

Sigla	Descrição
C1 - Ciclo 1	Período seco
C2 - Ciclo 2	Período chuvoso
T1- Tratamento 1	Resíduos sólidos orgânicos não triturados
T2- Tratamento 2	Resíduos sólidos orgânicos triturados
R2- Reviramento	Dois reviramentos por semana: segunda-feira e sexta-feira
R3- Reviramento	Três reviramentos por semana: segunda-feira, quarta-feira e sexta-feira

Quadro 2: Tratamentos aplicados no Sistema de Tratamento Descentralizado de Resíduos Sólidos Orgânicos Domiciliares em Santa Rosa, Campina Grande-PB. Fevereiro a julho de 2010

Tratamento	Composição do substrato inicial (kg)		Massa Inicial Total (kg)	Trituração	Nº de Reviramento (Semanal)
	RSOD	Folhas*			
C1T1R2	67,6	10,1	77,7	Não triturado	Dois
C1T1R3	67,6	10,1	77,7	Não triturado	Três
C1T2R2	52,7	7,8	60,5	Triturado	Dois
C1T2R3	52,7	7,8	60,5	Triturado	Três
C2T1R2	67,0	10,0	77,0	Não triturado	Dois
C2T1R3	67,0	10,0	77,0	Não triturado	Três
C2T2R2	61,0	9,0	70,0	Triturado	Dois
C2T2R3	61,0	9,0	70,0	Triturado	Três

RSOD- Resíduos Sólidos Orgânicos Domiciliares (87% da massa inicial total). *Folhas (13% da massa inicial total)

Para o Ciclo 1, ocorrido de fevereiro a maio de 2010 (período seco) foram montadas quatro leiras (C1T1R2, C1T1R3, C1T2R2 e C1T2R3). O mesmo procedimento foi adotado para o Ciclo 2, março a julho de 2010 (Período chuvoso) (C2T1R2, C2T1R3, C2T2R2 e C2T2R3). Nos dois ciclos foi usada a proporção de 13% de folhas em relação à quantidade de resíduos sólidos orgânicos domiciliares (Quadro 2). Dentre as folhas, predominaram as de jambeiro, brasileiro e de grama esmeralda, este não ultrapassou a 5% do total de folhas aproveitadas.

O sistema foi monitorado diariamente, sempre no mesmo horário, às 08 horas, por meio de aferição de temperatura, utilizando-se de termômetro de haste de mercúrio e por observação direta. Para auxiliar a inserção do termômetro nas pilhas, foi desenvolvido, por um morador do bairro, participante e colaborador do projeto, um instrumento denominado de “tabira” (em homenagem ao morador), o qual facilita a passagem do termômetro e evita-se a quebra do mesmo. A aferição de temperatura é realizada em três pontos da massa de substrato: superfície, centro e base.

A aeração periódica ocorreu duas vezes por semana (segunda-feira e sexta-feira) em C1T1R2, C1T2R2, C2T1R2 e C2T2R2, e três vezes por semana em C1T1R3, C1T2R3, C2T1R3 e C2T2R3 (segunda-feira, quarta-feira e sexta-feira). A aeração consistiu no reviramento manual dos substratos com o auxílio de estrovengas e pás. Os reviramentos aconteceram após a aferição da temperatura.

As amostras para as análises semanais eram coletadas no momento do reviramento da sexta-feira. Após a coleta, eram cuidadosamente acondicionadas e encaminhadas para EXTRABES - Estação Experimental de Tratamentos Biológicos de Esgotos Sanitários da UFCG e UEPB (Quadro 3). As análises seguiram as recomendações do Standard Methods for Examination of the Water and Wastewater (APHA, AWWA, WEF, 1998). O teor de umidade e sólidos totais voláteis (STV) foram analisadas semanalmente; NTK, P, K e ovos de helmintos no substrato inicial e final.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de umidade iniciais variando de 62,2 a 69,6% para os tratamentos do Ciclo 1, e de 71,9 a 79,4% para os tratamentos do Ciclo 2, foram em geral, maiores do que os recomendados pela literatura, de 45 a 65%. Teores elevados de umidade podem provocar condições de anaerobiose, proporcionando a geração de chorume. Para os tratamentos estudados não foi observada a produção de chorume (Figuras 1 e 2).

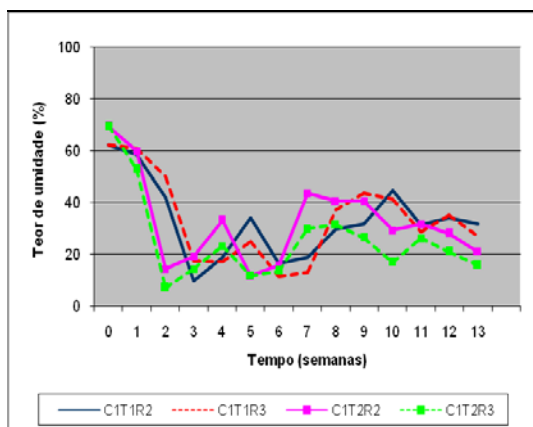


Figura 1-Teores médios de umidade nos tratamentos do Ciclo 1 da compostagem de resíduos sólidos orgânicos domiciliares. Campina Grande-PB. Fevereiro a maio de 2010.

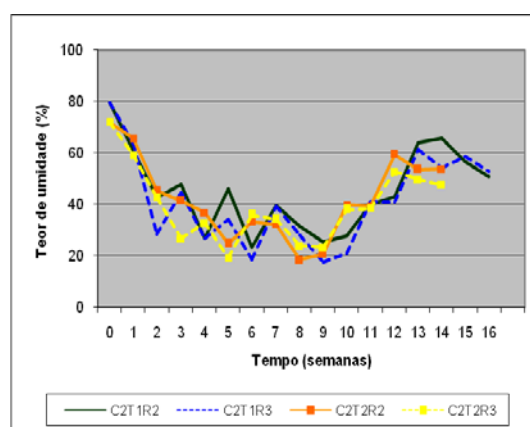


Figura 2-Teores de umidade nos tratamentos do Ciclo 2 da compostagem de resíduos sólidos orgânicos domiciliares. Campina Grande-PB. Março a julho de 2010.

A exposição direta à radiação solar propiciou a rápida redução da umidade já na primeira semana, constituindo uma barreira ao desenvolvimento da compostagem, pois afetou diretamente o metabolismo dos organismos responsáveis pela decomposição, requerendo a regulação periódica.

Durante o processo, constatou-se nos diferentes tratamentos a variação nos teores de umidade, devido às condições ambientais, nas quais estavam submetidos, como por exemplo: a temperatura ambiente, a exposição à radiação solar e à chuva, a evaporação excessiva decorrente do aumento da temperatura na massa de compostagem, exigindo a regulação constante da umidade. Ao final do processo, para os tratamentos do Ciclo 1 foram obtidos compostos com teores de umidade entre 7,8 e 12%, enquanto para os do Ciclo 2 entre 36 e 43,8%. Os teores de umidade do Ciclo 2 apresentaram-se mais elevados, devido a maior distribuição das chuvas durante os processos.

A concentração inicial de STV variou de 75,7 a 78,2% para os tratamentos do Ciclo 1; e de 81 a 83% para o Ciclo 2 (Figuras 3 e 4). Observou-se conforme esperado, o decréscimo dos valores de STV, para todos os tratamentos, verificou-se, porém, o aumento de STV na sexta e sétima semanas para o ciclo 1 e quarta a oitava semanas para o ciclo 2. Esta variação reflete as dificuldades de análises desse parâmetro, mesmo que a amostra seja composta, haja vista que não há uniformidade em todo o sistema em relação ao substrato e as amostras são recolhidas antes do reviramento. No final do processo de estabilização constatou-se a redução média de STV de 66,62 a 70,27% para o Ciclo 1 e de 70,24 a 78,77% para o Ciclo 2.

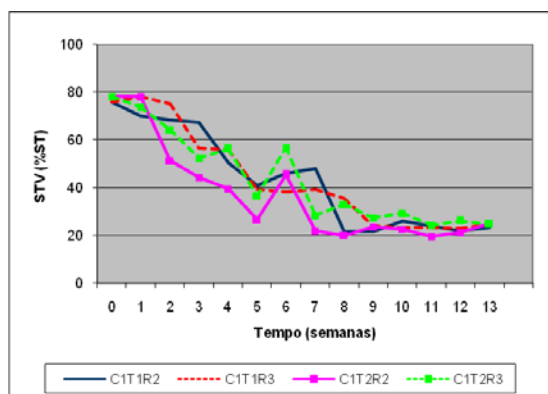


Figura 3-Valores de STV para os tratamentos do Ciclo 1 de compostagem de resíduos sólidos orgânicos domiciliares. Campina Grande-PB. Fevereiro a maio de 2010.

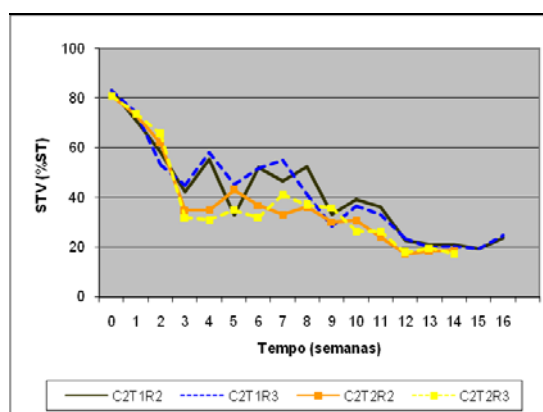


Figura 4-Valores de STV para os tratamentos do Ciclo 2 de compostagem de resíduos sólidos orgânicos domiciliares. Campina Grande-PB. Março a julho de 2010.

A diminuição de STV foi maior para os tratamentos do Ciclo 2, no entanto, o alcance da estabilização requereu tempo mais longo, principalmente para os tratamentos com substrato não triturado (16 semanas), expressando a importância dos cuidados necessários à montagem das leiras: seleção prévia da composição do substrato e trituração. Em relação às demais variáveis investigadas (substrato triturado ou não triturado; número de reviramentos semanal) não foram identificadas diferenças estatísticas significativas.

Em relação aos nutrientes (NTK, P e K) não foram observadas diferenças estatísticas significativas na composição inicial e final (Desvio padrão de 0,1 a 0,2), considerando-se as variáveis investigadas (ciclo, trituração e reviramento) (Tabela 1). Os valores dos nutrientes investigados na massa inicial e final dos diferentes tratamentos (NTK, P e K) ressaltam a importância do tratamento de resíduos sólidos orgânicos domiciliares, no sentido de possibilitar a reciclagem eficiente desses nutrientes e evitar os impactos negativos, especialmente aos sistemas aquáticos, devido ao aporte inadequado.

Tabela 1: Valores de NTK, fósforo total e potássio total para os diferentes tratamentos de compostagem de resíduos sólidos orgânicos domiciliares expressos em sólidos totais. Campina Grande-PB. Fevereiro a julho de 2010.

Tratamentos	NTK (%ST)		P (%ST)		K (%ST)	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
C1T1R2	2,50	1,70	0,5	0,33	0,9	0,6
C1T1R3	2,50	1,67	0,5	0,26	0,9	0,59
C1T2R2	2,57	1,74	0,9	0,30	1,2	1,0
C1T2R3	2,57	1,73	0,9	0,31	1,2	0,8
C2T1R2	2,53	1,87	0,6	0,16	1,1	0,9
C2T1R3	2,53	1,59	0,6	0,13	1,1	0,8
C2T2R2	2,30	1,71	0,4	0,13	0,8	0,6
C2T2R3	2,30	1,76	0,4	0,13	0,8	0,6

Na literatura a relação C/N preconizada como ideal encontra-se na faixa de 25:1 e 20:1, no entanto, a relação C/N no substrato inicial propiciou o processo de compostagem (17:1 e 20:1) e originou compostos dentro da faixa estabelecida pela Instrução Normativa Nº 25, de 23 de julho de 2009 (6:1 e 8:1), a qual aponta a relação C/N máxima em 20 (BRASIL, 2009). Não houve diferença estatística significativa, ponderando-se as variáveis investigadas (Tabela 2).

Tabela 2-Relação Inicial e Final de C/N para os tratamentos de compostagem de resíduos sólidos domiciliares. Campina Grande – PB. Fevereiro a julho de 2010.

Tratamentos	C/N	
	Massa inicial	Massa final
C1T1R2	17	8
C1T1R3	17	8
C1T2R2	17	8
C1T2R3	17	8
C2T1R2	18	7
C2T1R3	18	7
C2T2R2	20	6
C2T2R3	20	6

O pH é um parâmetro importante para a compostagem por condicionar o desenvolvimento dos microrganismos. No primeiro dia de compostagem, foi observado em todos os tratamentos pH ácido, variando de 4,2 a 5,03, característico do início de compostagem. Para os quatro tratamentos do Ciclo 1, os valores iniciais de pH (4,85 a 5,03) foram mais altos do que os do Ciclo 2 (4,2 a 4,29), alcançando a neutralidade ainda na primeira semana, enquanto que os do Ciclo 2, obtiveram esses valores na segunda semana do processo de compostagem (Figuras 5 e 6). Nas primeiras semanas foi notada a rápida elevação dos valores de pH, característica da passagem da fase de adaptação para a fase termófila. Nas semanas seguintes, verificou a tendência ao aumento gradativo ou manutenção de valores de pH próximos a 8. No final do processo, os compostos resultantes apresentaram pH variando entre 8,15 a 8,63 para o Ciclo 1 e entre 7,71 e 7,89 para o Ciclo 2.

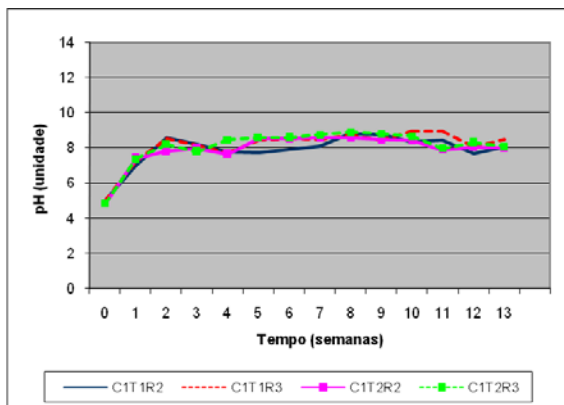


Figura 5-Níveis de pH para os tratamentos do Ciclo 1 de compostagem de resíduos sólidos orgânicos domiciliares. Campina Grande-PB. Fevereiro a maio de 2010.

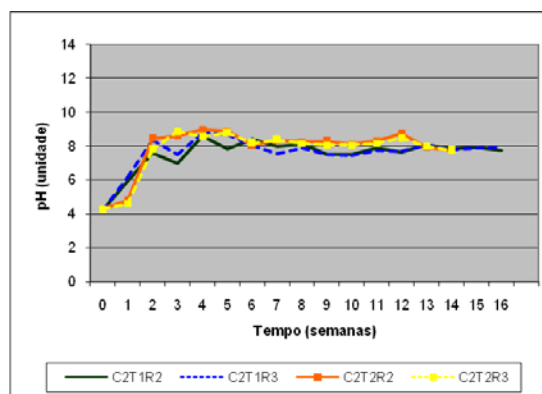


Figura 6-Níveis de pH para os tratamentos do Ciclo 2 de compostagem de resíduos sólidos orgânicos domiciliares. Campina Grande-PB. Março a julho de 2010.

A temperatura é o parâmetro mais útil para monitorar a evolução da compostagem (HERBERTS *et al.*, 2005), por expressar o reflexo da atividade biológica e permitir a verificação das alterações ocorridas no processo. É um fator importante a ser controlado porque diz respeito à rapidez da biodegradação e à eliminação de organismos patogênicos (REIS, 2005). Nas Figuras de 7 a 14 são apresentados os valores diários de temperatura para os diferentes tratamentos investigados.

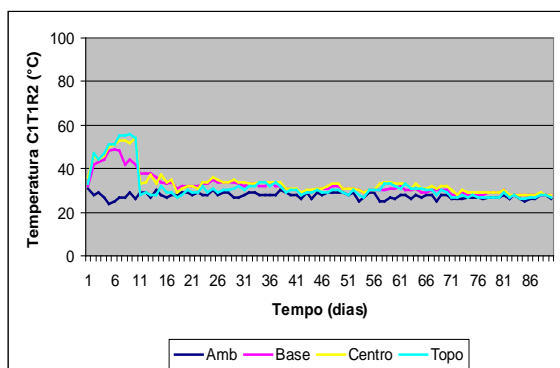


Figura 7-Valores diários de temperatura (°C) referentes ao tratamento C1T1R2, Campina Grande-PB. Fevereiro a maio de 2010.

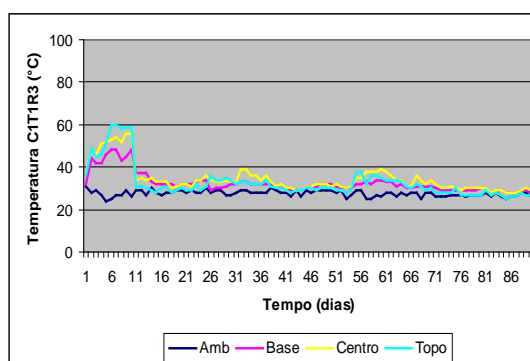


Figura 8-Valores diários de temperatura (°C) referentes ao tratamento C1T1R3, Campina Grande-PB. Fevereiro a maio de 2010.

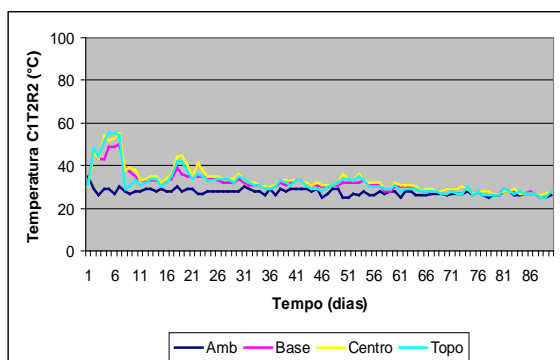


Figura 9-Valores diários de temperatura (°C) referente ao tratamento C1T2R2, Campina Grande-PB. Fevereiro a maio de 2010.

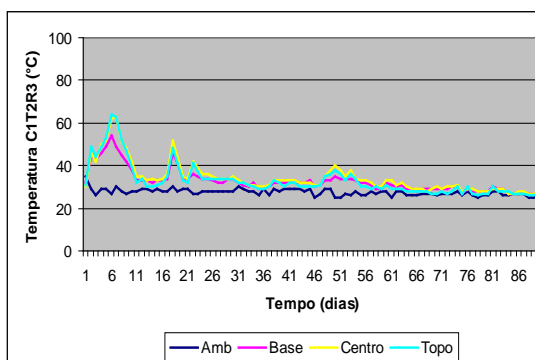


Figura 10-Valores diários de temperatura (°C) referentes ao tratamento C1T2R3, Campina Grande-PB. Fevereiro a maio de 2010.

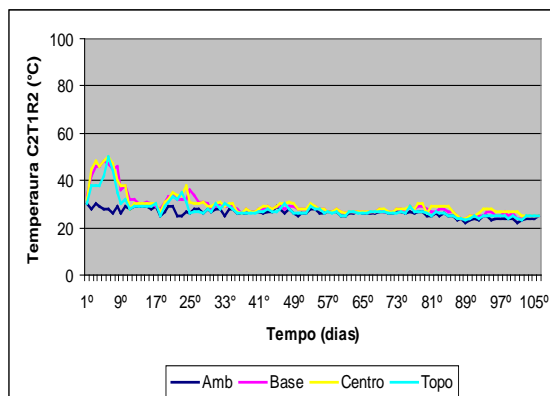


Figura 11-Valores diários de temperatura (°C) referentes ao tratamento C2T1R2, Campina Grande-PB. Março a julho de 2010.

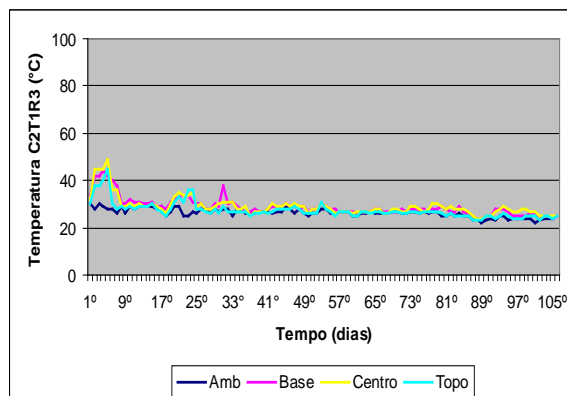


Figura 12-Valores diários de temperatura (°C) referentes ao tratamento C2T1R3, Campina Grande-PB. Março a julho de 2010.

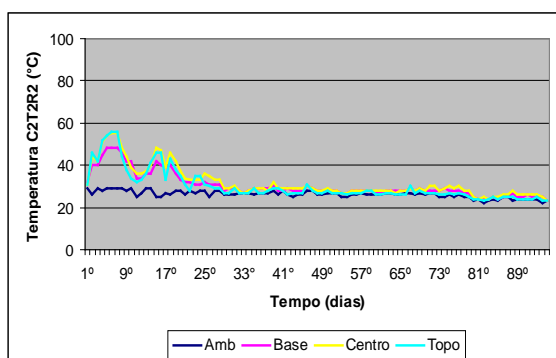


Figura 13-Valores diários de temperatura (°C) referentes ao tratamento C2T2R2, Campina Grande-PB. Março a julho de 2010.

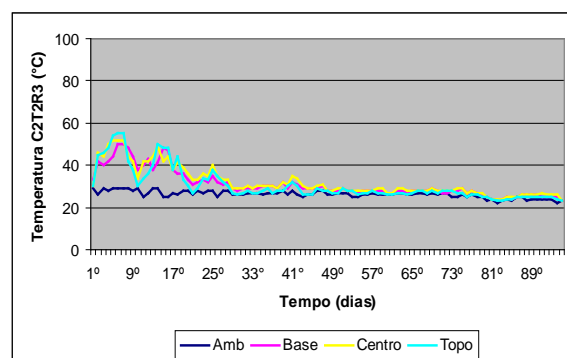


Figura 14-Valores diários de temperatura (°C) referentes ao tratamento C2T2R3, Campina Grande-PB. Março a julho de 2010.

Para os diferentes tratamentos, a fase de adaptação foi de em média 24 horas. Para os tratamentos do Ciclo 1, C1T1R2 e C1T1R3, a fase termófila manteve-se durante nove dias; e para os tratamentos C1T2R2 e C1T2R3, durante seis e oito dias, respectivamente. Para o Ciclo 2, a fase termófila sustentou-se durante sete dias para os tratamentos C2T1R2, C2T2R2 e C2T2R3; e durante quatro dias para o tratamento C2T1R3 (Figuras de 7 a 14).

Os valores mais elevados de temperaturas, durante a fase termófila, foram registrados no centro e no topo de cada pilha. Sendo o tratamento C1T2R3 o que apresentou os maiores valores de temperatura (64 °C) e os tratamentos do ciclo 1 aqueles que expressaram fase termófila mais longa, justificada pela interferência das chuvas no ciclo 2, uma vez que o sistema não contava com cobertura. A faixa mais ampla para redução de STV nos tratamentos correspondentes ao ciclo 2 (17,2 a 24,7%), comparando-se com a faixa de redução do ciclo 1 (22,5 a 26,1%), exemplificam a interferência citada anteriormente. Não houve diferença significativa em termo de tempo identificada para a fase termófila e em níveis de temperatura. Mas, para os diferentes tratamentos estudados, observou-se a variação da temperatura em função do teor de umidade. Teores de umidade muito baixos, ainda que as pilhas de compostagem apresentassem quantidade considerável de matéria orgânica degradável, provocaram a redução da temperatura, ao inibir a atividade biológica, sendo notada a morte de organismos, como as larvas de dípteros, prejudicando o processo.

Quanto ao reviramento, não foram encontradas diferenças estatísticas significativas. Pressupondo, que dois ou três reviramentos são ideais ao desempenho satisfatório do sistema de compostagem.

A média de ovos de helmintos identificada no substrato inicial foi de 0,6 ovos/gST. Considerando a dose infectante dos helmintos, verifica-se o potencial contaminante do material usado (resíduos sólidos orgânicos

domiciliares), constituindo-se riscos à saúde e à contaminação ambiental. Quanto à diversidade de ovos de helmintos encontrada na massa inicial, destaca-se em ordem de prevalência: *Ascaris lumbricoides* (81,97%), *Ancilostomídeos* (9,51%), *Trichuris Trichiura* (7,69%) e *Enterobius vermiculares* (0,83%) (Figura 15).

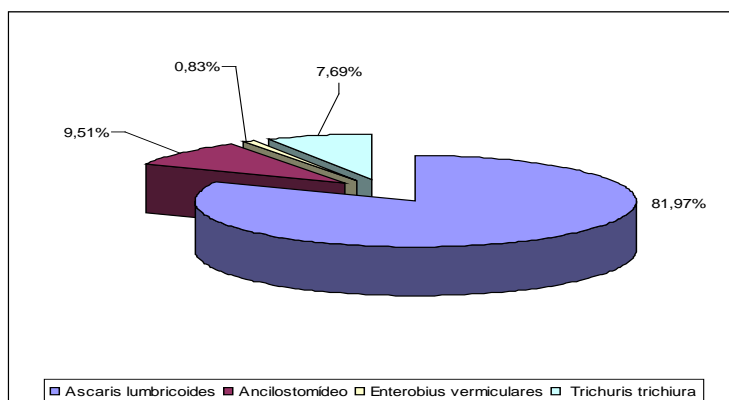


Figura 15-Diversidade de ovos de helmintos nos resíduos sólidos orgânicos domiciliares usados nos diferentes tratamentos. Campina Grande – PB. Novembro de 2009 a janeiro de 2010.

Para todos os tratamentos examinados não foram encontrados, no final do processo de compostagem, ovos viáveis de helmintos, refletindo a eficiência de 100% na inviabilização desses organismos. Logo, as condições geradas nos diferentes tratamentos aplicados aos resíduos sólidos orgânicos domiciliares proporcionaram a inviabilidade de ovos de helmintos.

CONCLUSÕES

A tecnologia investigada compreendeu uma alternativa de tratamento de resíduos sólidos orgânicos domiciliares eficiente, de baixo custo e fácil operação.

Para todos os tratamentos examinados não foram encontrados, no final do processo de compostagem, ovos viáveis de helmintos, refletindo a eficiência de 100% na inviabilização desses organismos. As condições geradas nos diferentes tratamentos aplicados aos resíduos sólidos orgânicos domiciliares proporcionaram a inviabilidade de ovos de helmintos. Dentre os fatores, destacam-se os elevados níveis de temperatura ocorridos em todos os tratamentos, em tempo superior a quatro dias. Dessa forma, foram gerados compostos sanitizados e com características que atendem a legislação brasileira vigente, reduzindo-se os riscos à saúde humana e dos demais seres vivos.

Para as variáveis investigadas (Triturado ou não triturado; dois ou três reviramentos semanais; ciclo seco ou chuvoso) foi identificada diferença significativa em relação ao aumento do tempo necessário para estabilização em relação ao material triturado e ao Ciclo 2 e ao teor de umidade do composto resultante para o Ciclo 2 (média de 38%), expressando melhor qualidade visual, em detrimento ao do Ciclo 1 (média de 10%).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Environment Federation (WEF). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20ª ed. Washington D.C, 1998, 936p.
2. ASLAM, D. N.; HORWATH, W.; VANDGHEYNST, J. S. Comparison of several maturity indicators for estimating phytotoxicity in compost-amended soil. **Waste Management**. v. 28, p. 2070-2076, 2008.
3. BRASIL. **Instrução Normativa N° 23 de 31 de agosto de 2005**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília-DF: Diário Oficial da União, Seção 1, 8 de setembro de 2005.
4. BRASIL. **Indicadores de desenvolvimento sustentável**; Saneamento ambiental. Brasília: Ministério das Cidades, 2008

5. CALIJURI, M. L.; LOURDES, S. S. P.; SANTIAGO, A. F.; SCHAEFFER, C. E. G. R.; LUGÃO, W. G. Identificação de áreas alternativas para disposição de resíduos sólidos na região do baixo ribeira no Iguapé-SP. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 12, n. 3, Rio de Janeiro-RJ: ABES, p. 335-342, jul/set, 2007
6. HERBETS, R. A.; COELHO, C. R. de A.; MILETTI, L. C.; MENDONÇA, M. M. de. Compostagem de resíduos sólidos orgânicos: aspectos biotecnológicos. **Revista Saúde e Ambiente**; v. 6, n. 1, jun. 2005.
7. LEITE, V. D.; SILVA, S. A.; SOUSA, J. T.; MESQUITA, E. M. N. Análise quali-quantitativa dos resíduos sólidos urbanos produzidos em Campina Grande, PB. In 24º Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Anais**. Belo Horizonte - MG: ABES. 02 a 07 de setembro de 2007.
8. LOPES, W. S.; LEITE, V. D.; PRASAD, S. Avaliação dos impactos ambientais causados por lixões: um estudo de Caso. XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Anais**. Porto Alegre-RS: ABES, 2000
9. MATOS, A. T.; CARVALHO, A. L. AZEVEDO, I. C. D. A. Viabilidade do aproveitamento agrícola de percolados de resíduos sólidos urbanos. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 12, n. 4, p. 435-440. Campina Grande-PB, jul/ago, 2008
10. MOTA, A. V. M. **Do lixo à cidadania**. Revista Democracia Viva, v.3. n.27 jun-jul, p. 3-8, 2005.
11. METCALF E EDDY. **Wastewater engineer treatment disposal, reuse**. 4ªed. New York: McGraw- Hill Book, 2003, 1729 p.
12. ONU-ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Oito Objetivos do Milênio**. 2000. <http://www.objetivosdomilenio.org.br/>. Acesso em 28 de setembro de 2009.
13. REIS, M. F. P. **Avaliação do processo de compostagem de resíduos sólidos urbanos**. Tese (Doutorado). Programa de Pós-graduação em engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS. 2005.
14. RIBEIRO, H.; BESEN, G. R. Panorama da coleta seletiva no Brasil: desafios e perspectivas e partir de três estudos de caso. **Revista InterfaceHS**. V. 2, p. 1-6, 2007.
15. SHARHOLY, M.; AHMAD, K.; MAHMOOD, G.; TRIVEDI, R. C. Municipal solid waste management in India cities- a review. **Waste Management**. v. 28, n. 2, p. 459-467, 2008
16. SIMONETTO, E. O.; BORENSTEIN, D.. Gestão operacional da coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos; abordagem utilizando um sistema de apoio à decisão. **Revista Gestão & Produção**. V. 13, n. São Carlos-SP, p. 449-461, september/dec, 2006.
17. SILVA, M. M. P. Projeto Formação de Agentes Multiplicadores em Educação Ambiental. **Relatório Técnico**. (Apresentado a Coordenadoria de Meio Ambiente vinculada à Secretaria de Planejamento). Campina Grande: Prefeitura Municipal de Campina Grande/PB, 2007
18. SILVA, T. N.; CAMPOS, L. M. S. Avaliação da produção e qualidade do gás de aterro para energia no aterro sanitário dos bandeirantes-SP. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**. v.13, n.01, Rio de Janeiro-RJ: ABES, jan/mar, 2008, p. 88-96