



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA**

ANTÔNIO FRAGA FREITAS

**TRATAMENTO AERÓBIO DE RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS
GERADOS EM CONDOMÍNIO VERTICAL**

CAMPINA GRANDE – PB

2020

ANTÓNIO FRAGA FREITAS

**TRATAMENTO AERÓBIO DE RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS
GERADOS EM CONDOMÍNIO VERTICAL**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) em cumprimento às exigências para obtenção do título de mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Valderi Duarte Leite

Coorientadora: Profa. Dra. Monica Maria Pereira da Silva

CAMPINA GRANDE – PB

2020

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

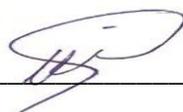
F866t Freitas, António Fraga.
Tratamento aeróbio de resíduos sólidos orgânicos gerados em condomínio vertical [manuscrito] / António Fraga Freitas. - 2020.
96 p. : il. colorido.
Digitado.
Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2020.
"Orientação : Prof. Dr. Valderi Duarte Leite, Coordenação do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental - CCT."
"Coorientação: Profa. Dra. Monica Maria Pereira da Silva, UEPB - Universidade Estadual da Paraíba"
1. Resíduos sólidos domiciliares. 2. Coleta seletiva. 3. Composto orgânico. 4. Sustentabilidade. I. Título
21. ed. CDD 628.44

ANTÔNIO FRAGA FREITAS

**TRATAMENTO AERÓBIO DE RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS
GERADOS EM CONDOMÍNIO VERTICAL**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) em cumprimento às exigências para obtenção do título de mestre em Ciências e Tecnologia Ambiental.

Aprovada em: 06/11/2020



Prof. Dr. Valderi Duarte Leite (CCT/PPGCTA/UEPB)

Orientador



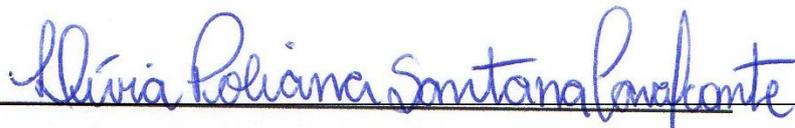
Profa. Dra. Monica Maria Pereira da Silva (CCT/PPGCTA/UEPB)

Coorientadora



Prof. Dr. Roberth Fagundes de Souza (ICEN/UNILAB)

Examinador Externo



Profa. Dra. Livia Poliana Santana Cavalcante (Centro Universitário/UNIESP)

Examinadora Externa

CAMPINA GRANDE – PB

2020

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus por ter me dado vida, saúde e paz, e aos meus pais, meu filho, meus irmãos e minha esposa pelos suportes e apoios.

Todos querem o perfume das flores, mas poucos
sujam suas mãos para cultivá-las.

(Augusto Cury)

AGRADECIMENTOS

A Deus pela oportunidade de vida e pela saúde e paz.

Aos meus pais, meu filho, meus irmãos e minha esposa, pelo apoio incansável na minha vida e nos meus estudos; pela partilha de conhecimentos, pelos conselhos e motivação.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Valderi Duarte Leite, por compartilhar seus conhecimentos, pela disposição e paciência na orientação, pelo apoio, conselho e motivação.

À minha coorientadora, Profa. Dra. Monica Maria Pereira da Silva, por compartilhar seus conhecimentos, pela disposição e paciência na orientação; pelo apoio, conselho e motivação.

Aos Membros da banca examinadora, Prof. Dr. Roberth Fagundes de Souza e Profa. Dra. Livia Poliana Santana Cavalcante por aceitarem dedicar seu tempo para o aperfeiçoamento do presente trabalho, por compartilhar seus conhecimentos.

Aos professores do PPGCTA (Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental/UEPB) por compartilharem os seus conhecimentos no estudo.

Aos amigos da UEPB (Universidade Estadual da Paraíba) e da comunidade timorenses residentes em Campina Grande-PB, pela amizade, por compartilhar seus conhecimentos, pelo apoio no estudo.

À equipe do GGEA/UEPB (Grupo de Extensão e Pesquisa em Gestão e Educação Ambiental) por compartilhar seus conhecimentos, pela disponibilidade do local de experimento e do laboratório, pelo apoio na pesquisa.

À comunidade do condomínio residencial vertical Dona Lindu IV, por aceitar a realização do projeto de pesquisa, pela participação na implantação da Gestão Integrada de Resíduos Sólidos nesse condomínio.

À ARENSA (Associação de Catadores de Materiais Recicláveis da Comunidade Nossa Senhora de Aparecida) em Campina Grande-PB, pela parceria na pesquisa.

Ao PPGCTA pela oportunidade de estudo.

À equipe da EXTRABES (Estação Experimental de Tratamentos Biológicos de Esgotos Sanitários) por compartilhar seus conhecimentos, pelas amizades, pela disponibilidade do espaço de estudo.

À UEPB pela disponibilidade do espaço de estudo, pelo todo o apoio científico.

Ao MEC (Ministério da Educação e Cultura) de Timor Leste, pela permissão da realização do estudo.

A todos e todas, o meu muito obrigado.

RESUMO

A forma de destinação inadequada de resíduos sólidos domiciliares é um dos desafios para a segurança ambiental mundial. Dessa forma, considera-se que o sistema de compostagem capaz de transformar a fração orgânica putrescível dos resíduos sólidos domiciliares em composto orgânico poderá em curto espaço de tempo uma alternativa tecnológica sustentável, em especial para regiões de clima árido e problemas de desertificação. Porém, será necessário que haja programas robustos de coleta seletiva, em âmbito local, municipal, estadual, nacional e internacional, objetivando melhorar nos aspectos qualitativos e quantitativos dos resíduos sólidos domiciliares produzidos. O objetivo principal deste trabalho foi avaliar o desempenho do tratamento biológico aeróbio aplicado à fração orgânica putrescível dos resíduos sólidos domiciliares gerados em condomínio residencial vertical. Para a realização do processo de coleta seletiva dos resíduos sólidos domiciliares, diversas atividades foram realizadas com os moradores do condomínio, levando-se em consideração os princípios norteadores da Educação Ambiental, notadamente os mais específicos recomendados para o estudo em pauta. Depois de gerados e coletados a parcela orgânica desses resíduos foi armazenada e transportada para a área externa do Laboratório de GGEA e em seguida submetida ao pré-tratamento físico e realizou-se a caracterização química. O sistema experimental consistiu de dois tipos de composteiras, com características geométricas, material de construção e processo de monitoramento diferente, e três repetições por cada tipo de composteira com 30 kg de capacidade. Os parâmetros físicos, químicos e sanitários aplicados à 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). Em se tratando de resíduos sólidos domiciliares advindos de coleta com segregação na própria fonte geradora, foi quantificado significativo percentual de material carbonáceo passível de ser bioestabilizado aeróbia em um curto período de tempo, propiciando a geração de composto orgânico dentro de um bom padrão de qualidade. No processo de bioestabilização aeróbia foi alcançado valores de temperatura na fase termófila no segundo a décimo quarto dia de monitoração, houve elevação de pH, de ST e dos percentuais relativos de NTK, PT e K. Em relação aos STV, teor de umidade e COT, houve uma tendência de redução, partindo de valores médios de 79,01%, 66,27% e 43,89%, respectivamente, para 53,23%, 30% e 29,58% de sólidos totais ao final do processo. Já em relação à quantidade de ovos de helmintos, estes sofreram uma redução significativa, iniciando em 4,6 ovos/gST, não sendo encontrado nenhum ovo de helminto no composto produzido. Portanto, pode ser constatado que, a média percentual de biotransformação aeróbia de resíduos sólidos orgânicos domiciliares em composto orgânico no sistema de compostagem do presente estudo foi maior em comparação com o observado em outros estudos, haja vista a presença de significativo percentual de material carbonáceo e rígido processo de monitoração. Neste sentido, a presente pesquisa 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-Chave: Resíduos sólidos domiciliares. coleta seletiva. composto orgânico. sustentabilidade.

ABSTRACT

The form of improper disposal of solid household waste is one of the challenges for global environmental security. Thus, it is considered that the composting system capable of transforming the putrescible organic fraction of household solid waste into organic compost could in a short time be a sustainable technological alternative, especially for regions with arid climate and desertification problems. However, it will be necessary to have robust selective collection programs, at the local, municipal, state, national and international levels, aiming to improve the qualitative and quantitative aspects of the household solid waste produced. The main objective of this work was to evaluate the performance of the aerobic biological treatment applied to the putrescible organic fraction of the household solid waste generated in a vertical residential condominium. In order to carry out the selective collection process for household solid waste, several activities were carried out with the residents of the condominium, taking into account the guiding principles of Environmental Education, notably the more specific ones recommended for the study in question. After the organic portion of this waste was generated and collected, it was stored and transported to the external area of the GGEA Laboratory and then subjected to physical pretreatment and chemical characterization was carried out. The experimental system consisted of two types of composters, with different geometric characteristics, construction material and monitoring process, and three repetitions for each type of composter with a 30 kg capacity. The physical, chemical and sanitary parameters applied to the characterization of household solid waste "in natura", in the stage of aerobic biostabilization and biostabilization were: temperature; aeration; moisture content; total solids (TS); total volatile solids (TVS); TKN; total phosphorus; potassium; pH and helminth eggs, taking into account the analytical methods recommended by APHA (2012). In the case of solid household waste arising from collection with segregation at the source itself, a significant percentage of carbonaceous material that could be bio-stabilized aerobically in a short period of time was quantified, enabling the generation of organic compost within a good quality standard. In the aerobic bio-stabilization process, temperature values were reached in the thermophilic phase in the second to fourteenth day of monitoring, there was an increase in pH, TS and relative percentages of TKN, TP and K. Regarding the TVS, moisture content and TOC, there was a downward trend, starting from average values of 79.01%, 66.27% and 43.89%, respectively, for 53.23%, 30% and 29.58% of total solids at the end of the process. Regarding the amount of helminth eggs, they suffered a significant reduction, starting at 4.6 eggs/gST, with no helminth eggs found in the compound produced. Therefore, it can be seen that the average percentage of aerobic biotransformation of household solid organic waste into organic compost in the composting system of the present study was higher compared to that observed in other studies, given the presence of a significant percentage of carbonaceous material and strict monitoring process. In this sense, the present research contributed to the nutrient cycling process, enabling the transformation of a major environmental and public health problem, into a sustainable solution in the environmental, economic and social fields.

Keywords: Household solid waste. selective collection. organic compost. sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Relação entre funções de elementos na gestão de resíduos sólidos urbanos	30
Figura 2. O fluxograma das etapas do trabalho. Campina Grande, Paraíba, Brasil	42
Figura 3. Estrutura do sistema de tratamento biológico aeróbio instalado na UEPB	45
Figura 4. Triturador TR-200 TRAPP dos resíduos sólidos orgânicos	46
Figura 5. Desenho esquemático referente ao método de quarteamento múltiplo aplicado às amostras de resíduos sólidos orgânicos domiciliares	46
Figura 6. Configuração de composteiras de concreto retangular (CCR)	47
Figura 7. Configuração de composteiras de polietileno cilíndrico (CPC)	48
Figura 8. Comportamento da variação temporal do percentual de umidade	67
Figura 9. Temperatura média registrada no sistema de composteiras de concreto retangular (CCR)	69
Figura 10. Temperatura média registrada no sistema de composteiras de polietileno cilíndrico (CPC)	70
Figura 11. Comportamento da variação temporal do valor de pH	72
Figura 12. Comportamento da variação temporal do valor de STV (%ST)	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Taxa de geração de RSU nas regiões do mundo	22
Tabela 2. Organização do universo amostral referente às famílias que encaminharam os resíduos sólidos orgânicos domiciliares para a coleta. Campina Grande, Paraíba, Brasil.	44
Tabela 3. Produção de resíduos sólidos no condomínio residencial vertical Dona Lindu IV, Campina Grande, Paraíba, Brasil (n=3)	57
Tabela 4. Caracterização gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares gerados no condomínio residencial vertical Dona Lindu IV, Campina Grande, Paraíba, Brasil	61
Tabela 5. Condições físicas e químicas iniciais de resíduos sólidos orgânicos domiciliares	64
Tabela 6. Valores médios referentes as concentrações de ovos de helmintos viáveis e não viáveis identificados nos resíduos sólidos orgânicos domiciliares gerados no condomínio residencial vertical Dona Lindu IV	65
Tabela 7. Características físicas, químicas e sanitárias do composto orgânico	75
Tabela 8. Composição da massa final obtida por diferentes tipos de composteiras com a massa inicial (RSOD)	76

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Caracterização física de RSU nas regiões do mundo	23
Quadro 2. Métodos utilizados e frequência da análise dos parâmetros monitorados no processo de tratamento de resíduos sólidos orgânicos domiciliares	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRELPE: Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais

ARENSA: Associação de Catadores de Materiais Recicláveis da Comunidade Nossa Senhora Aparecida

CCR: Composteiras de Concreto Retangular

COT: Carbono Orgânico Total

CPC: Composteiras de Polietileno Cilíndrico

DES.PAD: Desvio Padrão

GGEA: Grupo de Extensão e Pesquisa em Gestão e Educação Ambiental

GIRES: Gestão Integrada de Resíduos Sólidos

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

pH: Potencial Hidrogeniônico

RSD: Resíduos Sólidos Domiciliares

RSOD: Resíduos Sólidos Orgânicos Domiciliares

SESUMA: Secretaria de Serviços Urbanos e Meio Ambiente

STV: Sólidos Totais Voláteis

STF: Sólidos Totais Fixos

U: Umidade

UEPB: Universidade Estadual da Paraíba

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	16
2.1. Geral	16
2.2. Específicos	16
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
3.1 Considerações Gerais Sobre a Problemática Ambiental	17
3.2 Problemática que Envolve os Resíduos Sólidos Urbanos	19
3.3 Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos Urbanos	28
3.4 Compostagem aplicado ao tratamento dos resíduos sólidos orgânicos	31
3.4.1 O Processo de Compostagem	33
3.4.2 Parâmetros Físicos, Químicos e Sanitários que Influenciam o Processo de Compostagem	35
4 MATERIAL E MÉTODOS	40
4.1 Caracterização da Pesquisa e da Área do estudo	40
4.2 Etapas do Trabalho	41
4.2.1 Aproximação para a Comunidade da Geração dos Resíduos Sólidos Domiciliares no Condomínio Residencial Vertical Dona Lindu IV.....	42
4.2.2 Atividades Referentes à Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos (GIRES) no Condomínio Residencial Vertical Dona Lindu IV.....	43
4.2.3 Trabalho Experimental	45
4.2.3.1 Montagem do Sistema de Experimento	45
4.2.3.2 Monitoramento do Sistema de Compostagem dos Resíduos Sólidos Orgânicos Domiciliares	48
4.2.3.3 Caracterização Física, Química e Sanitária do Composto Orgânico	51
4.2.4 Análise de Dados	52
4.2.5 Entrega de Composto Orgânico Resultante da Pesquisa Experimental para a Comunidade do Condomínio Residencial Vertical Dona Lindu IV.....	52
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
5.1 Aproximação à Comunidade do Condomínio Residencial Vertical Dona Lindu IV	54
5.2 Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos (GIRES) no Condomínio Residencial	

Vertical Dona Lindu IV	55
5.2.1 Cenário dos Resíduos Sólidos Domiciliares no Condomínio Residencial Vertical Dona Lindu IV.....	55
5.2.2 Alternativa para Gestão de Resíduos Sólidos no Condomínio Residencial Vertical Dona Lindu IV.....	58
5.2.3 Sensibilização de Moradores do Condomínio Residencial Vertical Dona Lindu IV...	59
5.2.4 Caracterização Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Domiciliares	61
5.2.5 Caracterização Física, Química e Sanitária dos Resíduos Sólidos Orgânicos Domiciliares	63
5.3 Parâmetros do processo de Monitoramento da Compostagem dos Resíduos Sólidos Orgânicos Domiciliares	66
5.3.1 Teor de Umidade	67
5.3.2 Temperatura	68
5.3.3 Potencial Hidrogeniônico - pH	71
5.3.4 Sólidos Totais Voláteis	73
5.4 Caracterização Física, Química e Sanitária do Composto Orgânico	75
6 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÃO	80
REFERÊNCIAS	82
ANEXOS	94
APÊNDICE	96

1 INTRODUÇÃO

Meio ambiente é configurado como um conjunto de condições e influências naturais que cercam os seres vivos e que agem sobre eles (FERREIRA, 2001). Nos últimos tempos, a intervenção humana no planeta Terra além de promover impactos positivos, geralmente traz prejuízos ao meio ambiente, caracterizado por alteração do equilíbrio dos ecossistemas, devido ao uso excessivo dos recursos ambientais. Causando, conseqüentemente o aumento da temperatura global, inundações, queimadas, dentre outras graves de impactos ambientais.

A problemática dos resíduos sólidos é um destes tipos de impactos ambientais, uma vez que, o consumo humano em geral está cada vez mais se elevando, originando o acréscimo 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 foram produzidos aproximadamente de 1,3 bilhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos por ano, ou 1,20 kg/hab.dia, com uma tendência a aumentar para 2.2 bilhões de toneladas por ano em 2025 alcançar o quantitativo per capita de 1,42 kg/hab.dia (HOORNWEG; BHADA-TATA, 2012; KYTE, 2012). Deste quantitativo, o maior porcentual é da parcela orgânica putrescível, e esses resíduos são encaminhados sem nenhuma triagem e nem tratamento ao aterro sanitário (HOORNWEG; BHADA-TATA, 2012).

Para Leite et al. (2007), Cavalcante e Silva (2015) e Mondelli et al. (2016), a parcela orgânica quando não é separada dos demais tipos de 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 originam a degradação do solo, o comprometimento de corpos aquáticos, a intensificação de enchentes e as diferentes formas de poluição.

Diante da problemática, a Gestão Integrada de Resíduos Sólidos aliados à atividade de sensibilização baseado nos princípios da Educação Ambiental e de políticas públicas voltadas à redução, reutilização, reciclagem e ao tratamento adequado desses resíduos, surge como um fator de extrema relevância para mitigação de impactos negativos sobre o meio ambiente e a saúde pública (SILVA et al. 2020; ARAÚJO et al., 2017; BRASIL, 2010; SILVA; LEITE, 2008). As estratégias em Educação Ambiental possibilitam o diálogo entre o ser humano acerca da crise ambiental vivenciada que envolve a mudança de percepção e de atitudes nessa interação, tanto com a natureza quanto a outros seres vivos no ecossistema, proporcionando o alcance dos objetivos da gestão integrada de resíduos sólidos.

Nesse tipo de gestão, constata-se a importância de coleta seletiva que favorece a destinação e disposição adequada dos resíduos sólidos gerados. Silva et al. (2011) e Silva et al. (2020) enfocam que a coleta seletiva deve ocorrer na fonte geradora e os resíduos sólidos recicláveis secos devem ser repassados aos catadores de materiais recicláveis. Da mesma maneira, a parcela orgânica, os autores propõem a compostagem, em razão de não geração de chorume e gás metano por complexidade de tratar estes subprodutos.

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). 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). Cabe ressaltar que, essas atividades geram mudanças na temperatura, no teor de umidade, na composição do substrato, nas populações de microrganismos, no pH e nas concentrações de gases, e fenômenos de reações químicas, em que, a temperatura do substrato é aumentada nos estágios iniciais, de modo que os organismos patogênicos, sobretudo ovos de helmintos presentes no material são destruídos, e os gases danosos e odores desagradáveis são desaparecidos.

Dentre os fatores do desempenho adequado do processo de tratamento aeróbio descentralizado dos resíduos sólidos orgânicos, destacam-se a eficiência na observação e o controle de monitoramento de diferentes parâmetros, como relação C/N, granulometria, temperatura, umidade, aeração, pH, sólidos totais voláteis e concentração de nutrientes. Condições que podem favorecer ou impossibilitar as atividades dos organismos (PAULA; CESAR, 2011; SILVA et al., 2020a). Sendo que, o final do processo de compostagem é caracterizado pela obtenção de níveis de temperatura baixas e constantes, assim como material inorgânico com nutrientes viáveis aos diferentes usos agrícolas, conhecido como composto orgânico, o qual é benéfico à preservação e/ou conservação de solo.

Desta forma, declara-se como motivação para a condução deste trabalho, os resíduos sólidos orgânicos domiciliares que geralmente são coletados e/ou tratados inadequadamente, que além de poluir o meio ambiente, promove o desperdício de nutrientes potencialmente viáveis para ser utilizado na agricultura.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar o desempenho do tratamento biológico aeróbio aplicado à fração orgânica putrescível dos resíduos sólidos domiciliares gerados em condomínio residencial vertical.

2.2 Específicos

- Identificar a quantidade e a composição dos resíduos sólidos domiciliares gerados no condomínio residencial vertical para favorecer a gestão de resíduos sólidos.
- Aplicar estratégias em educação ambiental no processo de sensibilização aos geradores dos resíduos sólidos domiciliares no condomínio vertical para gestão de resíduos sólidos.
- Investigar a incidência de ovos de helmintos nos resíduos sólidos orgânicos domiciliares.
- Analisar a qualidade do composto orgânico resultante da compostagem, considerando os parâmetros físico, químico e biológico, e as instruções normativas estabelecidas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).
- Comparar a influência da geometria dos diferentes tipos de composteiras estudada no presente trabalho.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Considerações Gerais Sobre a Problemática Ambiental

Trigo (2003, p.230) compreende o meio ambiente como um sistema em si no qual interagem os elementos naturais e a sociedade humana em toda a sua plenitude de complexidade. Cunha et al. (1999) apontam que, o bem-estar das futuras gerações, com relação à biodiversidade e aos recursos naturais renováveis, é uma responsabilidade e um dever das atuais gerações para assegurar que sejam usados de maneira adequada, para que se garanta a sua produtividade sustentável no futuro.

A realidade contemporânea, porém, é bem contraditória com essa percepção. Devido aos problemas causados pelas atividades humanas e à poluição, tem se falado muito ultimamente das questões que envolvem o meio ambiente, sendo que, uma das preocupações é a problemática dos resíduos sólidos, especialmente em relação à produção, à destinação e à disposição inadequadas; o que vem gerando problemas graves em nível ambiental, e conseqüentemente, refletem sobre a saúde pública.

Suess et al. (2013) consideram que a percepção, a reação e a resposta de cada ser humano ao seu ambiente é de maneira diferente. Segundo Silva (2016; 2020), geralmente, o ser humano age no meio ambiente, a partir de sua própria imagem. Nesse agir, o ser humano desconsidera as leis naturais, não observando a capacidade de suporte dos diferentes sistemas.

A relação insustentável com a natureza e os impactos negativos vivenciados atualmente, caracterizada pela destruição dos recursos naturais, desequilíbrio ecológico, contaminação ambiental e degradação da qualidade de vida, promoveu o repensar acerca dos princípios morais que guiam a conduta dos seres humanos e que fundamentam a tomada de decisão sobre o uso e a exploração dos recursos naturais (LEFF, 2009). A discussão e a preocupação sobre a crise socioambiental fizeram com que ao longo do tempo que se criasse projetos e políticas de prevenção e de precaução desde convenções, tratados internacionais e medidas governamentais, tais como, a Estratégia Mundial de Conservação – (ONU, 1980) e a Política Nacional do Meio Ambiente – Lei nº 6938/81 (BRASIL, 1981), incluindo também os estabelecimentos de ensino que debatem essa temática, criando boas soluções para essa crise. Estas estão presentes em vários países, independente da caracterização dos seus desenvolvimentos.

Tal preocupação também se relaciona muito estreitamente com o artigo 61 da constituição da República Democrática de Timor-Leste. Neste artigo, proclama o direito de todos a um ambiente de vida humano, sadio e equilibrado, incumbindo o estado de promover

ações de defesa do meio ambiente e o desenvolvimento sustentável da economia (RDTL, 2002). Ao assegurar o cumprimento deste, o Plano Estratégico de Desenvolvimento (PED) 2011-2030 estabelece a necessidade de criar ações para garantir a existência de normas e atividades apropriadas para controlar a poluição, a produção e a gestão de resíduos, aptas a garantir a preservação do património natural de Timor-Leste, à medida que a população e a economia crescem.

Observa-se que os paradigmas globais de desenvolvimento e meio ambiente do final do século anterior (XX) e do início do século atual (XXI) são marcados por uma mudança da visão antropocêntrica que, vê o ser humano como o ser superior aos demais elementos do meio ambiente para a percepção ambiental adequada, conforme alerta Silva (2016; 2020).

A grande parcela da sociedade mundial, no entanto, ainda não é sensibilizada em relação ao conceito de sustentabilidade ambiental e que, conforme as pesquisas de Silva (2000), Silva (2000a) e Silva e Leite (2008), grande parte das pessoas pesquisada ainda apresentou a visão antropocêntrica dominadora, e conseqüentemente, mostrando nas suas próprias ações que contribuem para as modificações negativas e danosas do meio ambiente, pondo em risco a manutenção das variadas vidas no planeta Terra.

Maia (2013) considera que o cenário ambiental no mundo, inclusive no Brasil está cheio de problemas que representam a realidade lamentável, em que passa o planeta Terra, ações como queimadas, desmatamentos, ampliação das lavouras e pastagens sobre as florestas nativas e o despejo de esgotos não tratados nos rios.

Segundo Oliveira et. al. (2009), existe poluentes que colocam em risco a saúde do ser humano e de outros seres vivos que com ele se inter-relacionam, e que conseqüentemente, afeta o equilíbrio ambiental e a vida na sua globalidade, de forma variada.

Leff (2009) salienta que a transformações econômicas e tecnológicas contribuem na alteração do comportamento dos processos dinâmicos que promovem a estabilidade e a produtividade natural da geração de matéria orgânica e o seu processo de decomposição, bem como, dos fluxos de energia, da circulação de nutrientes e dos ciclos hidrológicos. Odum e Barret (2007) esclarecem que quando a capacidade de suporte de um sistema é ultrapassada e a entropia excede os níveis de possibilidades de dispersão, o sistema tende a entrar em colapso e reduzem as probabilidades de alcançar a sustentabilidade.

Araújo (2018) considera que, essas ações causam contínuos impactos negativos sobre os ecossistemas e provocam vários desequilíbrios ambientais, comprometendo a capacidade suporte e colocando em risco a vida de ser humano e de outros seres vivos.

A resolução nº 01/86 do CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente) conceitua impacto ambiental como qualquer alteração ao meio ambiente de ordem física, química e biológica, oriundos das atividades humanas (BRASIL, 1986).

De acordo com Sánchez (2008), O impacto ambiental causado pela atividade humana origina a extinção de diversos elementos do ambiente, a inserção de uma espécie exótica e de componentes construídos no ambiente, e a introdução de fatores de estresse além da capacidade de suporte do meio, gerando desequilíbrio.

Os resíduos sólidos são um dos resultantes da ação humana, e estão intimamente relacionadas à poluição ambiental. Segundo Fagundes (2009), os resíduos sólidos gerados na maioria dos municípios brasileiros, principalmente de pequeno porte, são simplesmente depositados em locais distantes da visão dos moradores, sem que haja a preocupação com os cuidados sanitários para a disposição adequada destes resíduos. Andrade et al. (2011) salienta que, na área urbana das cidades brasileiras, o acúmulo de resíduos sólidos nas ruas, calçadas, em terrenos baldios, e nos corpos hídricos exhibe uma paisagem que contrapõe as leis naturais.

No presente cenário, torna-se necessário promover mudança de percepção dos seres humanos para que eles possam compreender que constituem o meio ambiente e passem a respeitar as leis naturais, de modo que as suas ações contribuam para a valorização e preservação e/ou conservação dos recursos ambientais.

De acordo com Miranda (2010), o meio ambiente como bem de uso comum e na medida em que o ser humano o aproveita e respeita os limites constitucionais e naturais, haverá condições de obter uma sadia qualidade de vida. Desta forma, assegura a ideia da Comissão Mundial de Meio Ambiente e Desenvolvimento (1987) em relação ao desenvolvimento sustentável, na qual “o desenvolvimento deve atender às necessidades atuais, sem reduzir a capacidade das futuras gerações de atender às suas próprias necessidades”.

3.2 Problemática que Envolve os Resíduos Sólidos Urbanos

Os resíduos sólidos urbanos se tornam um problema no contexto da percepção humana, pois os resíduos sólidos não são interpretados de forma sistêmica. Atualmente, ainda existem pessoas que conceituam e expressam os resíduos sólidos como lixos.

Pesquisas realizadas por Dantas (2017) e Dantas, Silva e Leite (2019) num condomínio vertical em Campina Grande mostra que a maioria dos geradores de resíduos

sólidos não conhece o conceito adequado, devido à falta da educação ambiental e da ação do poder público.

O lixo é formado pelo conjunto de produtos não aproveitados das atividades humanas (domésticas, comerciais, industriais, de serviços de saúde) ou gerados pela natureza (folhas, galhos, terra, areia, entre outros) (BRASIL, 2007). O dicionário Aurélio (FERREIRA, 2001) define o lixo como qualquer matéria não aceita por estar suja ou que se descarta por não ter utilidade. São resíduos sólidos resultantes de atividades domésticas, comerciais, industriais e local ou recipiente onde se acumulam estes materiais.

Conforme a Associação Brasileira de Normas e Técnicas (ABNT) instituída pela Norma Brasileira (NBR) n.º. 10004, os resíduos sólidos são todos os resíduos nos estados sólido e semissólido que resultam de atividades da comunidade, de origem industrial, doméstica, de serviços de saúde, comercial, agrícola, de serviços da varrição, além de lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, lodos gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição e determinados líquidos, cujas particularidades tornam inviáveis o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpo de água, ou requeiram para isso, soluções técnicas e economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (ABNT NBR, 2004).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), expressa na Lei 12.305/2010, conceitua resíduos sólidos como todo material, substância, objeto ou bem descartado, resultante de atividades de origem humana, cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólidos ou semissólidos, bem como gases contidos em recipientes e líquidos, tornando inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água (BRASIL, 2010).

Devido ao diversos tipos de resíduos sólidos resultantes das atividades humanas, é necessário ter a sua caracterização. De acordo com a PNRS (BRASIL, 2010), os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) são constituídos por resíduos sólidos domiciliares e resíduos sólidos de limpeza urbana, que se originam de atividades domésticas em residências urbanas e de varrição, limpeza de logradouros, vias públicas e outros serviços de limpeza pública, respectivamente. Ainda nesta Lei, são classificados como Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), aqueles que se originam de atividades comerciais e que dependendo da geração diária de um determinado estabelecimento comercial, sua destinação é de responsabilidade da prefeitura.

Segundo o Sistema de Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos da República Democrática de Timor-Leste (RDTL) instituído pelo Decreto-Lei n.º. 2/2017, os resíduos são quaisquer substâncias ou objetos de que o produtor ou detentor se desfaz ou tem intenção ou

obrigação de se desfazer. Para os resíduos sólidos urbanos, são definidas nesta lei como resíduos provenientes de um bem como outros resíduos que, pela sua natureza ou composição, seja semelhante aos resíduos provenientes de domicílios – nomeadamente os provenientes do setor de serviços ou de estabelecimentos comerciais ou industriais e de unidades prestadoras de cuidados de saúde, desde que, em qualquer dos casos, a produção diária não exceda 1100 litros por produto (RDTL, 2017).

Os resíduos sólidos urbanos (RSU) refletem um grupo heterogêneo, mas a composição é semelhante aos produzidos em domicílios. Portanto, é possível distinguir diferentes tipos de resíduos sólidos urbanos, tais como, resíduos sólidos domésticos, resíduos sólidos de origem comercial ou resíduos sólidos da limpeza pública.

Segundo Leite et al. (2007), a origem dos resíduos sólidos urbanos se dá pelas diversas atividades humanas, tais como, domésticas, industriais, entre outras. A composição destes resíduos é influenciada por fatores da localização geográfica, do nível de desenvolvimento econômico e do clima. Andrade e Ferreira (2011) salientam que a média da geração per capita de resíduos sólidos urbanos é função da quantidade de resíduos sólidos coletada em uma cidade dividida pela população beneficiada por esses serviços. Ela se altera em função de fatores culturais, hábito de consumo, padrão de vida e a renda familiar que define o poder de compra.

A pesquisa do Banco Mundial (2012) aponta que, as regiões mais desenvolvidas no mundo gera maior quantidade de resíduos sólidos urbanos em comparação com os menos desenvolvidos, conforme mostram os dados da Tabela 1. Isso acontece devido ao crescimento industrial muito rápido nas regiões mais desenvolvidas que resulta em grande ampliação de consumo, e conseqüentemente, contribui diretamente para majorar o volume de resíduos sólidos.

Tabela 1. Taxa de geração de RSU nas regiões do mundo.

Região	Taxa de geração	
	t/ano	Kg/hab.dia
África Subsaariana	62.000.000	0,65
África do Norte e Médio Oriente	63.000.000	1,1
América Latina e Caraíba	160.000.000	1,1
Ásia Oriental e Região do Pacífico	270.000.000	0,95
Região da Ásia do Sul	70.000.000	0,45
Europa do Leste e Estados Pós – Soviéticos	93.000.000	1,1
Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico	572.000.000	2,2

Fonte: Kyte (2012) adaptado de Banco Mundial (2012).

No cenário do Brasil, o estudo da Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2017) estimam que no ano de 2016, a geração diária de resíduos sólidos urbanos no Brasil é de 214.405 toneladas, e a geração per capita é de 1,04 kg/hab.dia.

Para a geração anual dos resíduos sólidos no estado da Paraíba é 2.294 toneladas. A produção per capita média de resíduos sólidos é de 0,570 kg/hab.ano (ABRELPE, 2017).

Em quanto à produção per capita média de resíduos sólidos domiciliares no município de Campina Grande é de 0,64 kg/ hab.dia, conforme apresentada pela pesquisa do Sistema Nacional de Informações de Saneamento (SNIS, 2015).

Uma obra desenvolvida por Silva et al. (2016) aponta que a produção *per capita* de resíduos sólidos domiciliares nos apartamentos que compõem o Condomínio Residencial Tom Jobim de 0,51 kg/hab.dia não exibe diferença estatística muito significativa em relação à Campina Grande, estado da Paraíba (0,64 kg/hab.dia) (SNIS, 2015). Sandy et al. (1993) destaca que cada pessoa em uma cidade tropical gera os resíduos sólidos de (0,3 a 1,0) kg/hab. dia.

A natureza dos resíduos sólidos é dividida em resíduos sólidos recicláveis úmidos (orgânicos), resíduos sólidos recicláveis secos (inorgânicos) e resíduos sólidos não recicláveis (rejeitos) (SILVA et al., 2011). Os resíduos sólidos orgânicos incluem resíduos sólidos gerados a partir de bons materiais orgânicos do ser humano, bem como resíduos sólidos provenientes do ambiente circundante. A parcela orgânica tende a se decompor facilmente, com o auxílio de microrganismos. Os resíduos sólidos inorgânicos são resíduos sólidos

provenientes da produção artificial que tendem a ser difíceis de decompor por microrganismos, pois possuem uma cadeia de carbono longa e complexa. O exemplo da parcela inorgânica é plástico, metais, garrafas e entre outros. Enquanto os rejeitos são os resíduos sólidos gerados por ser humano que não têm mais outros fins, tais como cabelos, fraldas descartáveis, absorventes e papel higiênico (LEITE et al., 2007; NASCIMENTO et al., 2017).

De acordo com Monteiro et al. (2001) e Pereira Neto (2007), a composição física dos resíduos sólidos expressa o percentual de cada componente presente nesses resíduos em relação ao peso total da amostra estudada.

Quadro 1. Caracterização física de RSU nas regiões do mundo.

Região	Composição de RSU (%)					
	Orgânico	Papel	Plástico	Vidro	Metal	Outros
África Subsaariana	57	9	13	4	4	13
África do Norte e Médio Oriente	61	14	9	3	3	10
América Latina e Caraíba	54	16	12	4	2	12
Ásia Oriental e Região do Pacífico	62	10	13	3	2	10
Região da Ásia do Sul	50	4	7	1	1	37
Europa do Leste e Estados pós-soviéticos	47	14	8	7	5	19
Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico	27	32	11	7	6	17

Fonte: Kyte (2012) adaptado de Banco Mundial (2012).

A partir dos dados mostrados no Quadro 1, percebe-se que entre os diversos tipos de RSU gerados pela maioria das regiões no planeta Terra, é a parcela orgânica aquela que têm um maior alcance.

Segundo Alcântara (2010), os resíduos sólidos urbanos no Brasil apresentam alto percentual de parcela orgânica formada por restos de comida, cascas de frutas e legumes e resíduos de jardinagem. O estudo realizado pelo Instituto de Pesquisa Econômica e Administrativa (IPEA, 2017) relata que a composição dos resíduos sólidos urbanos descartados no Brasil é de 57,41% da parcela orgânica. Leite et al. (2007) salientam que, pela

quantidade total dos resíduos sólidos urbanos gerado no estado da Paraíba, a média da parcela orgânica putrescível é de 56%.

Os resíduos sólidos são geralmente destinados aos lugares impróprios, afetando a paisagem e provocando a origem de vetores causadores de doenças, além da produção de um líquido de nome lixiviado, são resultantes de avanço crescente populacional e tecnológico (SILVA; CAMPOS. 2009).

O estudo realizado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP, 2004 *apud*. DHOKHIKAH; TRIHADININGRUM, 2012) relata que a maior disposição final dos resíduos sólidos urbanos nos países em desenvolvimento no Sudeste Asiático acontece em lixões, o que corresponde a mais de 50% dos resíduos sólidos produzidos.

Para o contexto brasileiro, principalmente na Paraíba, as pesquisas de Ministério de Meio Ambiente (BRASIL, 2010) e do Instituto Brasileira de Geografia e Estatística (IBGE, 2010) apontam que o percentual de resíduos sólidos orgânicos destinado de forma correta ainda é mínimo, em torno de 2,9%.

Segundo os dados do Plano Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2012), a maioria dos municípios brasileiros (71%) ainda dispõe os resíduos sólidos em aterros controlados e lixões, e apenas 29% dos municípios que tem como disposição final dos resíduos sólidos os aterros sanitários, mesmo estava prevista na Lei 12. 305/ 2010 a erradicação dos lixões no Brasil até 2014. Assim, foi aprovado um novo prazo pelo senado federal, até 31 de julho de 2018 para as capitais e os municípios de região metropolitana. Com base no Censo de 2010, os municípios de fronteira e os que contam com mais de 100 mil habitantes terão um ano a mais para a implementação dos aterros sanitários, para as cidades que têm entre 50 e 100 mil habitantes terão até 31 de julho de 2020 e para os municípios com menos de 50 mil habitantes será até 31 de julho de 2021. Pelo visto, será difícil erradicar os lixões no Brasil, a exemplo de outros países.

A Secretaria de Serviços Urbanos e Meio Ambiente relata que a quantidade dos resíduos sólidos urbanos gerada em Campina Grande, estado da Paraíba, Brasil, é encaminhada sem nenhuma triagem e nem tratamento ao aterro sanitário, situado na zona rural, próximo ao distrito de Catolé de Boa Vista (SESUMA, 2014), exceto aqueles coletados pelas organizações de catadores de materiais recicláveis que atuam em diferentes bairros de Campina Grande, como citam Silva et al. (2020).

O estudo realizado por Silva e Campos (2008), Ferreira (2010) e Silva et al. (2011a) apontam que a destinação imprópria dos resíduos sólidos provoca o acúmulo desses materiais em áreas indevidas, favorecendo a proliferação de organismos, principalmente anaeróbios,

responsáveis pela liberação de gases indesejáveis e pela produção de chorume. Para os autores, alguns desses gases exalam odores fétidos, outros fazem parte do grupo de gases do efeito estufa, contribuindo para o aquecimento global.

Ejaz et al. (2010) e Hamilton et al. (2013) consideram a disposição final inadequada dos resíduos sólidos uma das principais causas para os diferentes tipos de poluição: da água, do solo e do ar. A poluição de água e do solo é causada pela produção de chorume. A poluição do ar com a emissão de gases que constituem o efeito estufa. Rosenfeld et al. (2000) salientam que a poluição do ar é causada por odores, especialmente gases NH_3 , H_2S , CH_3S , $(\text{CH}_3)_2\text{S}_2$, ácidos alifáticos e CO . Alguns componentes desse gás podem ser tóxicos ou explosivos, e outros podem incluir amônia, sulfeto de hidrogênio e outros compostos de organossulfurados que geram o odor desagradável (ZHANG et al., 2014).

Para Brasil (2007) e Yoda et al. (2014), a disposição final inadequada dos resíduos sólidos acarreta problemas sanitários que favorecem a proliferação de vetores transmissores de doenças, tais como: diarreias, amebíase, salmoneloses e helmintoses.

Machado (2004) e Cussiol et al. (2006) consideram que os resíduos sólidos urbanos também podem conter alta concentração de microrganismos, de diferentes níveis de virulência, representando riscos biológicos para a saúde humana e para o ambiente. Iversen (2014) realça que os microrganismos do gênero enterobactérias podem estar presentes no intestino humano e de animais, como também podem ser isolados de ambientes (solo, água e plantas), ambientes clínicos, domésticos e industriais, bem como alimentos. Gomes (2019), analisando resíduos sólidos domiciliares identificou nove gêneros de enterobactérias e 15 espécies.

De acordo com Gracera (2002) em muitos lugares do planeta Terra, as enterobactérias são responsáveis por um terço das infecções respiratórias, mais da metade das infecções entéricas e da maioria das infecções urinárias.

O trabalho de Silva et al. (2010) mostra que os resíduos sólidos orgânicos domiciliares gerados em residências situadas na zona urbana de Campina Grande-PB encontram-se contaminados por ovos de helmintos, expressando potencial patogênico, demandando tratamento antes da disposição final para evitar os impactos negativos sobre o meio ambiente e a saúde pública.

Por outro lado, Silva (2016) considera que os resíduos sólidos possuem matéria prima em bom estado para a confecção de vários produtos úteis aos seres humanos, plantas, animais e outros seres vivos. A autora afirma que os resíduos sólidos são todos os materiais sólidos e semissólidos resultantes das atividades humanas que depois de concebidos para um fim

específico não depositado heterogeneamente em aterro sanitário, aterro controlado, usina de compostagem, galpão de triagem e lixões.

Os resíduos sólidos podem ser considerados como importante indicador socioeconômico, tanto por sua quantidade como também pela sua caracterização. Os fatores econômicos, como crise econômica, refletem diretamente no consumo de bens duráveis e não duráveis, na alimentação e na consequente geração per capita de resíduos sólidos. A análise sobre a mudança da geração per capita de resíduos sólidos pode ser observada em função de diversos modelos, tais como, estudos no domicílio, no município, no estado e no país (BEIGL et al. 2008).

No Brasil, constitucionalmente, é de competência do poder público municipal e da coletividade o gerenciamento dos resíduos sólidos produzidos em suas cidades. Os serviços de manejo dos resíduos sólidos compreendem desde a coleta até a disposição final desses resíduos, e exercem um forte impacto no orçamento das administrações municipais, podendo atingir 20,0% dos gastos do município (BRASIL, 2010).

O presente cenário exige a reeducação e comprometimento do cidadão (PLANETA ORGÂNICO, 2007), e suscita a emergência de uma nova postura ética, de renovação de valores, cidadania e compromisso com o social na forma de perceber, viver e conviver com o ambiente (GADOTTI, 2000). Para Silva e Leite (2008), é necessário ver o mundo como um todo integrado e não uma coleção de partes dissociadas.

Araújo et al. (2017) apontam a mudança na civilização (social, política, econômica e cultural) da sociedade com o meio ambiente como uma solução para a sociedade industrial onde o capitalismo que domina o mercado e a vida da sociedade, para isso, a educação ambiental é considerada como uma lacuna que precisa ser preenchida.

Silva (2017) propõe como solução uma educação ambiental na formação de uma consciência ecológica e de uma postura sustentável da população frente ao consumismo e ao setor produtivo. Nas ciências ambientais contribui na conscientização ecológica e sustentável, no aspecto científico traz conhecimento e informação, no âmbito da economia destaca uma educação que incentive o consumo consciente e faz refletir sobre a produção excessiva e ilimitada de produtos.

Silva e Leite (2008) consideram o processo de sensibilização que pode controlar a tecnologia através do trabalho com a estratificação da sociedade e do conhecimento.

A partir da educação ambiental que há um incentivo para uma consciência sustentável e a consequente transformação de uma civilização. Os aspectos sobre a crise ambiental devem ser discutidos e analisados em diversos ambientes, tais como, em nível de sala de aula

(ensino) e em trabalhos de pesquisa e extensão, disseminando assim, a informação e promovendo ações sustentáveis no âmbito social, político, econômico e cultural, em prol de um mundo ecologicamente correto.

A Lei 9.795 de 1999 conceitua Educação Ambiental como um processo por meio do qual o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimento, habilidades, atitudes e competências que busquem a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade (BRASIL, 1999).

Para Tristão (2002), a Educação Ambiental é entendida como uma prática transformadora e comprometida com a formação de cidadãos críticos e responsáveis por um desenvolvimento econômico e social que respeite as diferentes formas de vida. Desse modo, promove conhecimento e práticas baseadas no princípio da sustentabilidade, princípio fundamental à continuidade da vida no planeta Terra.

A Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura (UNESCO, 1987) compreende a Educação Ambiental como um processo permanente, no qual o ser humano à medida que toma consciência do papel do ambiente que o cerca e conseqüentemente adquirem conhecimentos, valores, habilidades e experiências, torna-se capaz de atuar e resolver problemas ambientais presentes e futuros.

A transformação da realidade é um processo que demanda investimento contínuo, principalmente no que se refere a forma como os indivíduos veem, interpretam e agem em relação ao meio ambiente. É preciso garantir a vida na terra e um dos melhores caminhos é por meio da Educação Ambiental. Desta forma, ela contribuirá na formação de novo indivíduo e de nova sociedade, uma sociedade ecologicamente correta e ambientalmente sustentável (SILVA; LEITE, 2001).

Existem soluções previstas na literatura científica e na legislação ambiental vigente, especialmente na Lei n. 12.305, de 08 de agosto de 2010 que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos e na Lei Complementar de Campina Grande, 087/2014, que estabelece a Política Municipal de Resíduos Sólidos.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, sob a Lei 12.305/2010, a Educação Ambiental se insere como uma ferramenta da gestão integrada de resíduos sólidos que deve estar presente em todos os programas e ações que promovam a sensibilização da população para a não geração, redução, reutilização e reciclagem de resíduos sólidos (BRASIL, 2010), por meio de uma reflexão crítica e uma ação social transformadora.

Para reduzir os problemas relacionados à disposição inadequada dos resíduos sólidos orgânicos, é necessário ter a gestão integrada de resíduos sólidos (REIS et al., 2000; MANNARINO et al., 2016).

3.3 **Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos Urbanos**

De acordo com Zanta et al. (2003), os objetivos de uma gestão de resíduos sólidos urbanos são o manejo desses resíduos ambientalmente correto, fornecimento de emprego e renda, e atribuir o envolvimento da sociedade.

Hoornweg et al. (2012) e Ibam (2011), apontam a gestão integrada de resíduos sólidos (GIREs) que retrata a necessidade de abordar os resíduos sólidos de maneira abrangente, com seleção cuidadosa e aplicação sustentada de tecnologia apropriada, condições de trabalho e estabelecimento de uma licença social entre a comunidade e as autoridades designadas pelo governo local.

O sistema de gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos tem um esforço no controle do crescimento desses resíduos, e que a sua efetivação considera a questão de saúde, economia, meio ambiente. Nesse controle, pode haver a redução da geração dos resíduos sólidos, pois isso está diretamente relacionado ao serviço técnico em campo, desde a geração até a disposição final desses resíduos no aterro sanitário.

Segundo a Diretiva nº 2008/98/CE, a estratégia ambiental de vários países e também da união europeu assumindo o conceito de gerenciamento de resíduos sólidos que integra o princípio 3R, tais como redução, reutilização e reciclagem com o gerenciamento mais próximo possível da fonte geradora. A redução compreende diminuir a quantidade de resíduos sólidos que chega ao aterro sanitário na fonte geradora. A reutilização é um esforço para reaproveitar os resíduos sólidos ou bens que não são mais úteis para um determinado gerador. Enquanto a reciclagem constitui transformar os resíduos em outros bens de valor econômico.

A gestão integrada de resíduos sólidos é estabelecida na Lei 12.305/2010 e explicada como ações de não geração, redução, reciclagem, reutilização, adoção de tecnologias limpas, tratamento, e adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo, aproveitamento energético, e o desenvolvimento de cooperativas ou associação de catadores de materiais recicláveis, com base no princípio da responsabilidade compartilhada, na promoção da Educação Ambiental e à destinação final dos resíduos de forma ambientalmente adequada (BRASIL, 2010). O conceito básico de gerenciar os resíduos sólidos com essas ações é por

comunidade, de comunidade e para comunidade, efetivando vários tipos de gerenciamento simultaneamente para produzir novos produtos a partir daqueles reciclados e tratados. Seguindo o perfil desta lei, no município de Campina Grande a Lei Complementar 087/2014 que instituiu a Política Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, estabelecendo a separação dos resíduos sólidos também na fonte geradora para todos os geradores e a Lei 4900/2010 do Município tornou obrigatória à coleta seletiva para condomínios residenciais.

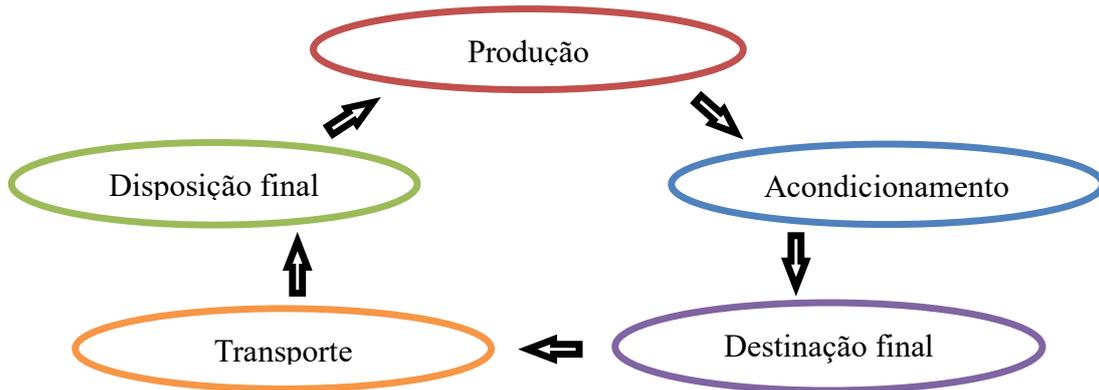
É necessária a criação desse tipo de coleta que alertam e melhorem a relação dos seres humanos com os resíduos sólidos. Na ótica de Cavalcante e Silva (2015) a ausência de coleta seletiva na fonte geradora expõe os catadores de materiais recicláveis ao contato de diferentes tipos de materiais, a exemplo de resíduos de serviço de saúde, resíduos sólidos orgânicos, resíduos sanitários e resíduos potencialmente perigosos.

Os resíduos sólidos antes de sua disposição final no aterro sanitário podem ser processados, primeiro usando os métodos de compostagem, reciclagem e incineração. Antes da preocupação com a destinação correta dos resíduos sólidos, visando à redução de efeitos nocivos da disposição final inadequada, ou o seu desejável reaproveitamento via reuso, reciclagem, compostagem e recuperação energética. Os maiores esforços devem estar nas ações, visando a não geração de resíduos sólidos (GODECKE et al. 2012). O aterro sanitário é um local para devolver com segurança os resíduos sólidos ao meio ambiente (BRASIL, 2010).

A gestão integrada dos resíduos sólidos está intimamente relacionada à fonte de geração, acondicionamento, destinação final, transporte e disposição final, de modo que a sua prática seja fundamental (SILVA; LEITE, 2008; SILVA, 2012). As etapas da gestão dos resíduos sólidos podem ser vistos na Figura 1.

Segundo Silva (2016), a participação dos diferentes segmentos sociais na coleta seletiva pode propicia o acondicionamento adequado dos resíduos sólidos e, a destinação dos materiais recicláveis secos para os catadores de materiais recicláveis, sendo recolhidos pelo serviço municipal de limpeza apenas o resíduo não reciclável, anteriormente denominado de lixo.

Figura 1. Relação entre funções de elementos na gestão de resíduos sólidos urbanos.



Fonte: Silva (2012) e Silva e Leite (2008).

Araújo et al. (2017) realçam que o sucesso da gestão integrada dos resíduos sólidos depende da participação da comunidade, como principal gerador dos resíduos sólidos. Tal participação é a partir da sua forma de separação na fonte geradora dos diferentes tipos de resíduos sólidos como, orgânicos, inorgânicos e rejeitos dentro do sistema de coleta seletiva ou de realização compostagem em escala doméstica e de redução do uso de materiais não biodegradáveis.

Em relação aos catadores de materiais recicláveis, para a cidade de Campina Grande-PB, existem cinco organizações, duas associações: Associação de Catadores de Materiais Recicláveis da Comunidade Nossa Senhora Aparecida – ARENSA, Associação Centro de Artes em Vidros – CAVI e três cooperativas: Cooperativa de Catadores de Materiais Recicláveis de Campina Grande – CATAMAIS, Cooperativa de Catadores de Materiais Reciclados – COTRAMARE e Cooperativa de Trabalho de Catadores e Catadoras de Materiais Recicláveis de Campina Grande- CATA Campina (SILVA, 2020). A autora ressalta que os catadores associados dessas organizações se constituem agentes essenciais na cadeia produtiva da reciclagem e suas atividades contribuem positivamente para o sucesso de gestão dos resíduos sólidos, mesmo que enfrentando diversos problemas quando expostos à radiação solar em excesso.

Além disso, 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), haja vista que, a problemática para os resíduos sólidos acentua-se quando é considerada a parcela orgânica que frequentemente destinadas inadequadamente (SILVA; LEITE, 2008; SILVA, 2020).

3.4 Compostagem Aplicada ao Tratamento dos Resíduos Sólidos Orgânicos

Diante do risco ambiental provocado por gestão inadequada dos resíduos sólidos há necessidade do tratamento da parcela orgânica que visa preservar o meio ambiente, melhorar a qualidade da saúde pública e transformar esses resíduos em um recurso.

Silva (2016) destaca que a matéria orgânica poderia ser transformada em adubo orgânico através do processo de compostagem para evitar os impactos ambientais e sociais negativos, tais como a pulverização de macro e micro vetores e o lançamento de efluentes líquidos e gasosos no meio ambiente, como também contribuir para repor os nutrientes ao solo, especialmente em áreas susceptíveis à desertificação.

De acordo com Kiehl (2004), o intuito da criação de técnica da compostagem é aceleração da estabilização da matéria orgânica com qualidade, transformando os resíduos sólidos orgânicos em adubo orgânico com o auxílio das atividades do grupo de diversos organismos.

Segundo Gomes (2019), a compostagem é conceituada como um processo aeróbio de decomposição controlado, exotérmico e oxidativo de resíduos sólidos orgânicos, desenvolvida pela ação de uma população diversificada de organismos autóctones em ambiente com condições favoráveis para recuperar os nutrientes e propiciar o uso eficiente da energia.

Os resíduos sólidos orgânicos em forma de material orgânico com os elementos principais, como carboidrato, proteína e gordura. A matéria orgânica que apresenta carbono suscetível à degradação, tais como restos de alimentos, frutas, legumes, grama e materiais originários da limpeza de pátios e jardins é capaz de decompor através da compostagem (WANG et al., 2015). O material orgânico com alto teor de umidade também é rico em nutrientes que as plantas precisam.

Segundo Fernandes et al. (1999), as reações que ocorrem no processo aeróbio são de forma seguinte (Equação 1):



Os principais produtos da compostagem são gás carbônico (CO₂), água (H₂O), íons minerais (P, N) e matéria orgânica estabilizada (WANG et al., 2015; WU et al., 2017). Segundo Wu et al. (2017), o processo de compostagem resultam na redução de peso e do volume do material, a diminuição do teor de umidade, novos microrganismos e um material mais estável, conhecido como composto orgânico.

O composto orgânico é o resultado da decomposição biológica parcial de uma mistura de materiais orgânicos que podem ser artificialmente acelerada por uma variedade de comunidades microbianas em condições ambientais quentes, úmidas e aeróbias (WANG et al., 2015).

Para obter o resultado de boa qualidade, é imprescindível a escolha do método de compostagem. Fernandes e Silva (1999) apontam três métodos da compostagem, tais como, sistema de leiras revolvidas (windrow), sistema de leiras estáticas aeradas (static pile) e sistema fechado ou reatores biológicos (In- Vessel). Segundo Brito (2008) e Lima (2018), as vantagens dos sistemas de leiras revolvidas são de baixo custo, o tempo da compostagem é mais rápido em comparação às outras técnicas e geralmente obtém-se bons resultados. Nascimento et al. (2017) consideram essa técnica é mais simples, onde a forma da mistura de substrato em leiras que são revolvidas periodicamente, favorecendo a aeração do substrato.

A oxigenação do sistema de leiras estáticas aeradas ocorre com a utilização do ar forçado que é passado no substrato por meio da sucção contínua do ar, da expiração contínua do ar, da sucção e da expiração do ar combinado e da expiração gradual do ar para manter a temperatura de compostagem abaixo de 60 °C (BRITO, 2008; LIMA, 2018).

Enquanto o sistema fechado ou reatores biológicos possui alguns benefícios, tais como, a realização da compostagem de forma fechada e na condição ambiental aproximadamente homogêneo, de modo que a qualidade do composto também é homogêneo, diminuição de poluição do ar e de lixiviado, e o processo de compostagem é controlado (MCNELLY, 2003).

A compostagem pode realizar tanto no local perto da geração dos resíduos sólidos orgânicos que serve como a matéria prima (sistema de compostagem descentralizado) como também no local distante da geração destes resíduos (sistema de compostagem centralizado) (WAGNER; BELLOTTO, 2008).

Nascimento et al. (2017) e Wagner e Bellotto (2008) destacam que o sistema descentralizado apresenta maior eficiência no monitoramento, diminuição dos gastos com transporte dos resíduos sólidos orgânicos e a possibilidade de aumento ou redução da capacidade de tratamento como as vantagens deste sistema.

A implantação do sistema de tratamento biológico aeróbio descentralizado móvel de resíduos sólidos orgânicos domiciliares por compostagem no bairro Malvinas, mostrou-se viável nos aspectos relativos à estabilização, higienização, à participação efetiva das famílias que selecionaram e repassaram os resíduos produzidos, diminuindo a quantidade de resíduos

encaminhada ao aterro sanitário e os riscos que atingem os catadores de materiais recicláveis (NASCIMENTO et al., 2017).

O trabalho realizado por Silva et al. (2014), mostrou a compostagem como uma tecnologia apropriada para o tratamento de resíduos sólidos orgânicos domiciliares, transformando problemas em solução. Neste caso, consiste em transformar resíduos sólidos orgânicos em composto orgânico com características sanitárias e agronômicas em conformidade com a legislação ambiental vigente e que satisfaz as demandas dos adubos aplicados na agricultura.

3.4.1 O Processo de Compostagem

O processo de compostagem ocorre mantendo um equilíbrio ideal entre o teor de nutrientes, o teor de umidade, o pH, a temperatura e o oxigênio (OLIVEIRA FILHO et al., 2018). A velocidade da compostagem depende das propriedades físicas e químicas do material orgânico compostado, dos organismos que operam na decomposição e das condições ambientais. Segundo Chukwidi et al. (2016), os organismos no processo de compostagem requerem inoculantes para acelerar a reação de compostagem e a qualidade dos seus resultados.

Os organismos que participam na biodegradação da matéria orgânica do processo de compostagem são bactérias, actinomicetos, fungos, e mesoinvertebrados (SANCHES et al., 2006; SILVA et al., 2011e; GOMES, 2019).

Nas reações de compostagem do processo aeróbio, os tipos de bactérias encontrados são *Pseudomonas*, *Staphylococcus*, *Serratia*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Kocuria*, *Microbacterium*, *Bacillus* e *Lactobacillus* (LIMA, 2018; HASSEN et al., 2003; CHRONI et al., 2008; BERNAL et al., 2009; SUNDBERG et al., 2010; WANG et al., 2015; CERDA et al., 2017; SANCHEZ et al., 2017).

As bactérias exercem a função de decompor a açúcar, os amidos, as proteínas, o nitrogênio e entre outros compostos (LIMA, 2018; VALENTE et al., 2009).

Carboidratos como principal fonte de carbono ou energia para microrganismos (SHEN et al., 2013). Para Sanchez et al. (2017), as bactérias heterotróficas usam carboidratos, lipídios, hidrocarbonetos, bem como fontes de carbono.

Os organismos que decompõem os compostos de ferro por oxidação são as bactérias ferro oxidantes. As bactérias *Thiobacillus ferrooxidans* decompõem compostos que contêm ferro em íons de ferro (Fe^{2+}), íons de hidrogênio (H^+) e íons sulfato (SO_4^{2-}). *Thiobacillus*

ferrooxidans também pode oxidar H_2S e trimetilamina para produzir odor. Os minerais de enxofre pelas bactérias beggiatoa são decompostos de sulfeto de hidrogênio em enxofre e água. O enxofre é consumido por bactérias e nelas é oxidado em ácido sulfúrico (Araujo et al., 2019).

As espécies de fungos identificadas em processos da degradação de matéria orgânica através da compostagem pertencem aos gêneros *Aspergillus*, *Alternaria*, *Trichoderma*, *Fusarium*, *Rhizopus*, *Mucor*, *Phanerochaete chrysosporium*, *Monilia* e *Penicillium* (LIMA, 2018; OLIVEIRA FILHO et al., 2018; WANG et al., 2018; HASHEMI et al., 2018).

Para Lacaz et al. (2002), Saranraj e stella (2014) e Lima (2018), os fungos são seres aeróbios e heterotróficos, uma vez que, ao seu desenvolvimento necessitam uma fonte orgânica de carbono, enquanto a fonte de nitrogênio pode ser inorgânica ou orgânica, além de requerer os outros macronutrientes (S, P, K e Mg) e micronutrientes (Fe, Mn, Mo, Ca, Zn e Co). Esses microrganismos atuam na degradação de produtos lignocelulósicos (SARANRAJ; STELLA, 2014). Segundo Sanchez et al. (2017), os fungos *Phanerochaete chrysosporium* nas reações de oxidação e hidrolíticas degradam a lignina em cadeias alifáticas. As enzimas necessárias para a decomposição da lignina são mono-oxigenase e di-oxigenase. Enquanto a hemicelulose será decomposta por microrganismos aeróbios em grupos de açúcar.

Além dos fungos, os actinomicetos também são responsáveis pela degradação do material celulósico. Na qual, os gênero desses organismos encontrados nos processos de compostagem são *streptomyces*, *micromonospora* e *thermoactinomyces* (ARAB et al., 2017).

Os diversos tipos de mesoinvertebrados encontrados durante as diferentes fases da compostagem, tais como, larvas e pupas de dípteros, formigas, ácaros, mesostigmata, isopoda, coleoptera, orthoptera e araneae (ARAUIJO, 2018; SILVA et al. 2011e).

Para Cicková et al. (2015), a principal contribuição dos mesoinvertebrados para a biodegradação é favorecer a aeração mecânica que resulta em aumento da perda de água, amônia e estabelecer condições para o crescimento de organismos aeróbios. Além disso, promovendo a estabilidade do substrato, desempenham através da relação de predatismo, papel importante na redução de microrganismos patogênicos (SILVA et al., 2011e).

Segundo Valente et al. (2009) e Wang et al. (2015), os microrganismos aeróbios produzem enzimas na decomposição da matéria orgânica para obter os nutrientes, tais como, nitrogênio, carbono, fósforo, enxofre, oxigênio, hidrogênio, vitamina, hormônio e entre outros para sua sobrevivência. As enzimas são biocatalisadores no processo de reações químicas. Shen et al. (2013) consideram os principais elementos necessários aos organismos envolvidos na compostagem são carbono (C), nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K).

Em geral, os resíduos sólidos orgânicos consistem em carboidratos (celulose, hemicelulose, lignina, amido, glicose e hidrocarbonetos), proteínas, gorduras e minerais. A matéria orgânica é caracterizada pela estrutura macromolecular básica, tais como, celulose, lignina, amido, pectina e lignocelulose (LIMA, 2018).

A hemicelulose consiste em 50-150 C₅ ou C₆, unidades de açúcar com propriedades quebráveis em comparação à celulose. A celulose é um polímero de glicose 1000-10000. A celulose é mais difícil de quebrar do que a hemicelulose, pois a ligação H é em ordem alta e possui uma estrutura cristalina. A lignina é um número de unidades aromáticas que estão ligadas por uma cadeia alifática muito forte, de modo que o processo de compostagem é degradado na última etapa (LIMA, 2018; SANCHEZ et al, 2017).

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, a duração do processo, aeração, pH, a qualidade química e física da matéria orgânica, o tamanho das partículas, a relação (C/N), temperatura e teor de umidade (RUSSO, 2003; BÜTTENBENDER, 2004; NEKLYUDOV et al., 2008; VALENTE et al., 2009; GOMES, 2011; CHANDNA et al., 2013; RUSCHEL, 2013).

O tempo necessário para ser efetivo nesse processo poderá variar de 60 a 120 dias, dependendo da eficácia dos decompositores, das matérias-primas utilizadas e das condições do próprio sistema (GOMES, 2019; NASCIMENTO, 2015). Na qual, o processo de bioestabilização pode levar de 60 e 90 dias e o processo total, até que o composto atinja a humificação, pode durar entre 90 a 120 dias (BRASIL, 2010a).

3.4.2 Parâmetros Físicos, Químicos e Sanitários que Influenciam o Processo de Compostagem

Para o desempenho adequado do processo de compostagem, é necessário promover as condições ideais à atividade microbiana. Silva et al. (2011a) consideram a necessidade da eficiência na observância e, um bom controle de monitoramento nos diferentes parâmetros no processo biológico de compostagem.

O princípio da compostagem é reduzir o valor da relação C/N da matéria orgânica para o mesmo que a relação C/N do solo. A relação C/N é o resultado de uma comparação entre carboidratos e nitrogênio contidos em um ingrediente (SHEN et al. 2013). Quando a disponibilidade de carbono excessivo, a relação C/N é muito maior. Quando a disponibilidade de carbono é limitada, a relação C/N é muito baixa.

O valor da relação C/N inicial deve ser cerca de 30/1, do qual 67% da parte do carbono são eliminados, como gás e outro 33% são utilizados para sintetizar o protoplasma (KUTZNER, 2008). A relação entre C e N perdida no processo de compostagem mostra a maior quantidade do material inicial de N está disponível ao crescimento dos micróbios e maior quantidade do C disponível é perdida como CO₂ durante o processo de fixação. Os microrganismos agregam o nitrogênio, mas dependem da disponibilidade de carbono.

Para Valente et al. (2009) e Araújo et al. (2019), a atividade biológica dos microrganismos é limitada, quando não há presença tanto do carbono como também do nitrogênio. Se a relação C/N for muito alto, a atividade biológica dos microrganismos será diminuída, devido à limitação da quantidade de nitrogênio. Além disso, são necessários vários ciclos de microrganismos para concluir a degradação do material orgânico compostado, para que o tempo de compostagem seja mais longo, pois o excesso de carbono deve primeiro ser queimado por microrganismos na forma de CO₂. Se a relação C/N for muito baixa, o excesso de nitrogênio (N) que não é usado pelos microrganismos não pode ser assimilado e será perdido pela volatilidade como amônia ou desnitrificação (KIEHL, 2004). O mesmo autor aponta o valor da relação C/N para solo entre 10/1 e 20/1. O material orgânico que possui a mesma proporção C/N do solo permite que o material seja absorvido pelas plantas.

Os testes químicos, incluindo a medição da relação C/N, são um indicador da maturidade do composto (RUSSO, 2003). Se a proporção C/N do composto for 20/1 ou menor, o composto está pronto para uso.

O teor da umidade desempenha um papel muito importante no processo metabolismo microbiano e influencia indiretamente o suprimento de oxigênio. Os microrganismos podem utilizar o material orgânico, se esse for dissolvido em água. Geralmente, os microrganismos podem trabalhar com o teor de umidade em torno de 40-50% (ARAÚJO, 2018). Essas condições devem ser mantidas para que os microrganismos possam funcionar de maneira ideal.

De acordo com Barrington et al. (2002) se o teor da umidade do substrato estiver na faixa de 60%, a fonte de carbono não terá efeito na perda de C e N, devido à evaporação. Um teor da umidade mais alta faz com que os microrganismos não se desenvolvam ou destroem, pois os nutrientes são lavados, o volume de ar reduzido, conseqüentemente, diminuindo a atividade microbiana e a ocorrência da fermentação anaeróbia, causando um odor desagradável. Se o teor da umidade estiver abaixo de 40%, há diminuição da atividade microbiana.

O oxigênio é um elemento essencial no processo da degradação da matéria orgânica cujo processamento biológico, utilizando os organismos aeróbios. Segundo Wu et al. (2017), os mesmos organismos necessitam oxigênio para oxidar a matéria orgânica que serve como seus alimento, uma vez que os principais produtos desse metabolismo biológico são CO₂, H₂O e calor. Silva et al. (2011a) consideram a concentração do oxigênio no processo de compostagem pode ser elevada e a ausência desse elemento dificulta a absorção de oxigênio por microrganismos aeróbios.

O reviramento facilita o fornecimento do oxigênio necessário para os organismos que desempenham nesse processo (NASCIMENTO, 2015). Na prática, o alargamento de oxigênio pela matéria orgânica é fortemente influenciado por teor de umidade do substrato, de modo que, o reviramento pode ser visto como um processo de controle do contato entre o ar e o teor de umidade.

Para obter a eficiência da compostagem, Cerri (2008) recomenda o reviramento do substrato em níveis elevados de umidade, a fim de que todo o material decomposto seja drenado com o oxigênio, sendo que, quanto maior o teor de umidade do substrato, mais concentração de oxigênio será consumida. Em alto teor de umidade, a difusão de oxigênio é mais difícil, devido aos poros do material são preenchidos com água.

De acordo com Silva et al., (2011) e Nascimento (2015), a frequência de dois reviramentos semanais pode ser considerada eficiente no processo de compostagem, por razão de que, essa não constataram diferenças estatística significativas em relação à frequência de três reviramentos semanais.

O tamanho das partículas no processo biológico aeróbio da degradação de matéria orgânica é diretamente relacionado com a aeração do substrato, a atividade adequada dos organismos decompositores e o tempo da decomposição do material. A menor partícula do substrato facilita a ação dos organismos, entretanto, o tamanho bem reduzido possa prejudicam a aeração do sistema. Pelo contrário, quando for muito maior das partículas, demoram a decomposição do material devido a sua menor superfície de contato (CERRI, 2008; CORDEIRO, 2010). Sendo que, os organismos responsáveis pela transformação bioquímica da matéria orgânica têm uma íntima relação com a área de contato a ser degradada (GOMES, 2019).

A temperatura no processo de compostagem é muito importante a ser controlada, a fim de facilitar a atividade dos organismos envolvidos, pois esse parâmetro lida com a velocidade de degradação da matéria orgânica através dessa mesma atividade. A temperatura ideal para o processo aeróbio de compostagem é de 55° C (SILVA, 2008). A autora considera que a alta

temperatura é responsável para a destruição de ovos de helmintos. No entanto, se a temperatura estiver muito alta por longo período de tempo, prejudicará a atividade dos organismos, em razão da possibilidade da inibição da ação de enzimas. Quando a temperatura é relativamente baixa, promovem o bloqueio do funcionamento dos organismos.

Kiehl (2004) relata que durante o processo de compostagem é possível observar três fases: uma primeira, inicial, e rápida de fitotoxicidade ou de composto cru ou imaturo, seguida de uma segunda fase de semi-cura ou bioestabilização, para atingir finalmente a terceira fase, a humificação, acompanhada da mineralização de determinados componentes da matéria orgânica.

A primeira fase do processo de compostagem é conhecida como fase mesófila que predominam temperaturas moderadas, até cerca de 40 °C, com a duração média de dois a cinco dias. Essa fase demonstra o início da biodegradação da matéria orgânica, despreendimento de calor e vapor de água, fitotoxicidade com formação de ácidos (acético, fórmico, propriônico, butírico, capróico e cáprico) e toxinas de curta duração. A segunda é chamada fase termófila, na qual o material atinge temperaturas entre 40 e 65 °C. Nesta fase, ocorrem às reações bioquímicas mais intensas. A duração dessa fase é de poucos dias a meses, dependendo de fatores ambientais, da natureza dos resíduos, do tamanho, dos organismos presentes, do balanço de nutrientes e por fim, do tipo de processo escolhido. Enquanto a terceira é a fase da maturação ou humificação que caracterizada por uma queda na temperatura e ocorre a formação de ácidos húmicos e de mineralização (PEIXOTO, 1998; CHUKWIDI et al., 2016). Os organismos termófilos crescem numa quantidade limitada de tempo funcionam para consumir carboidratos e proteínas, de modo que o material orgânico é decomposto rapidamente em adubo orgânico.

Para acompanhar o nível da degradação de matéria orgânica durante o processo de compostagem, como também a velocidade de estabilização no material compostado, é necessário ter a análise e o controle da concentração de sólidos totais voláteis (SILVA, 2009; SILVA et al., 2011a). Nascimento et al. (2017) afirmam que, os sólidos totais voláteis correspondem a parte orgânica que é degradada ao longo de compostagem e transformada em matéria inorgânica que pode ser assimilada por vegetais. Malavolta et al. (2002) aprofundam que, apesar de matéria orgânica ser fonte de nutrientes liberados de mineralização, as plantas não a consomem. Diante disso, ao longo de processo de compostagem o alcance da estabilização do composto é refletido no decréscimo da quantidade de sólidos totais voláteis (STV) que pode atingir cerca de 70 a 78% de redução em relação ao substrato inicial (SILVA et al., 2011a).

O pH do substrato também desempenha um papel importante na atividade de organismos. A variação do pH serve como um indicativo do estágio do processo de compostagem. O pH inicial deve ser de 6,5 - 6,7, para que os diversos tipos de organismos possam trabalhar em conjunto na decomposição da matéria orgânica. No início da compostagem, o pH se torna ácido, pois a matéria orgânica é decomposta em ácidos orgânicos, mas quanto mais tempo o pH tende ao neutro ou até ao básico (CERRI, 2008).

Outro parâmetro importante a ser avaliado é o grau de sanitização e higienização do composto, por meio da análise de ovos de helmintos, pois, apenas um ovo viável de helminto é suficiente para contaminar um indivíduo (SILVA et al., 2020). Cabe ressaltar que, as condições precárias de saneamento ambiental causam o número expressivo de pessoas infectadas no mundo e no Brasil (SILVA et al., 2020; WHO, 2015). Dessa forma, o análise de ovos de helmintos consiste em um parâmetro sanitário que analisa a eficiência do processo na produção do composto orgânico de boa qualidade (SILVA, 2008a). A norma nº 25/2009 do Ministério da Agricultura e Pecuária que regulamenta as especificações, as tolerâncias, e as garantias dos compostos orgânicos simples, mistos e compostos recomendam a quantidade de ovos de helmintos menor de 1 ovo/gST (BRASIL, 2009; BRASIL, 2016).

O composto orgânico contém macro e micronutrientes e tem a função de melhoramento da estrutura do solo, aumento da absorção de água e nutrientes, aumento da capacidade de ligação do solo arenoso, melhoramento da drenagem e o ar condicionado do solo e facilidade do processo de intemperismo no solo. Na ausência de adubação química, a adição de composto orgânico, gera o aumento da produção de matéria-seca e das quantidades acumuladas de ferro, manganês e zinco na parte aérea de plantas de sorgo (NASCIMENTO et al., 2017).

Destaca-se que, os substratos que apresentam boa composição química baseada apenas na adição de fertilizantes minerais, mas que não possuem material orgânico na sua composição, geralmente é insuficiente para proporcionar o desenvolvimento adequados de culturas (GUIMARÃES et al, 2006). Enquanto, a qualidade do composto orgânico, os estudos recentes apresentam a capacidade de atuação da população de organismos presentes nele contra os agentes patogênicos que atacam determinadas plantações, de forma que, a aplicação da compostagem aliada ao uso agrícola demonstra um potencial de redução de pragas, possivelmente diminuindo as perdas alimentícias e os prejuízos econômicos (GUERMANDI, 2015; MEHTA et al, 2014).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização da Pesquisa e da Área do Estudo

O presente trabalho trata-se além da pesquisa participante para a busca coletiva de solucionar os problemas identificados na comunidade desse estudo (THIOLLENT; SILVA, 2007), constitui também uma pesquisa experimental realizada em escala de campo e laboratorial, possibilitando o tratamento dos resíduos sólidos orgânicos domiciliares (MARCONI; LAKATOS, 2007).

A pesquisa participante foi realizada com os geradores de resíduos sólidos domiciliares que residem no condomínio residencial vertical Dona Lindu IV, situado no bairro de Bodocongó, município de Campina Grande, estado da Paraíba, Brasil. A coleta da parcela orgânica dos resíduos sólidos para tratamento biológico aeróbio ocorreu no mesmo local.

O município de Campina Grande possui 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, tais como norte, sul, oeste e leste (SILVA et al., 2020). 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: Universidade Estadual da Paraíba e Universidade Federal de Campina Grande (IBGE, 2010; SANTOS, 2016).

A escolha do condomínio residencial vertical Dona Lindu IV teve por critérios o número de moradores, a aceitabilidade da administração do condomínio para execução das atividades do projeto. Somada o ordenamento jurídico da gestão resíduos sólidos gerados em condomínios residenciais verticais em Campina Grande, a Lei 4900/2010 e a Lei complementar 087/2014.

Cabe ressaltar que, esse condomínio é uma obra recente, com aproximadamente sete anos de existência, e é considerado de grande porte, com duas ruas, 13 blocos, 234 apartamentos, uma sala de administração e um espaço coberto para o armazenamento temporário de resíduos sólidos. Atualmente, o mesmo condomínio residencial possui cerca de

702 moradores de 234 famílias que vieram de diversas cidades do Brasil, principalmente da Paraíba e conta com 09 funcionários.

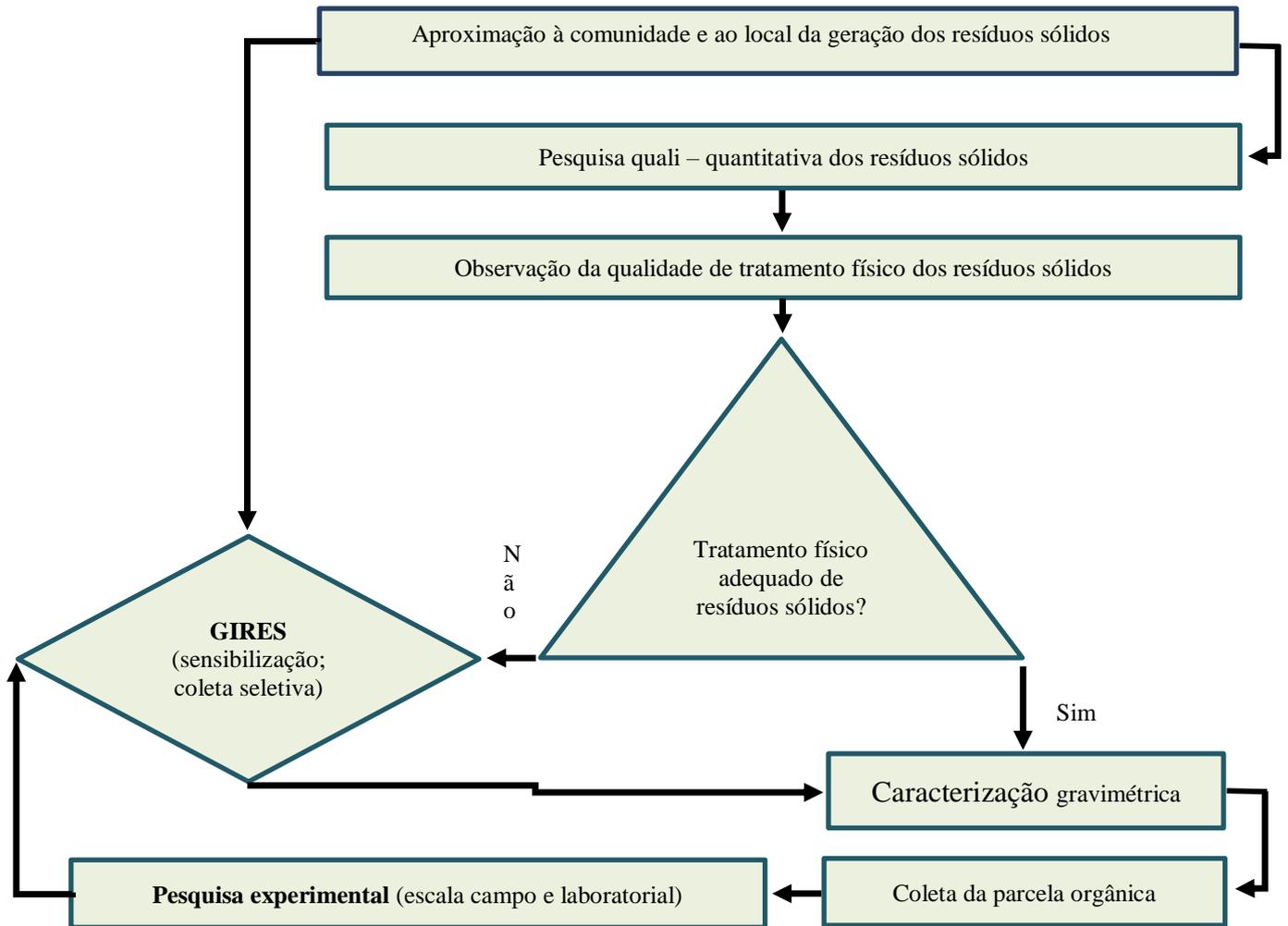
A pesquisa experimental de escala de campo foi realizada nas dependências do Departamento de Ciências Biológicas da Universidade Estadual da Paraíba, Campus I, em Campina Grande, estado da Paraíba. Enquanto, a pesquisa em escala laboratorial teve como local o laboratório do Grupo de Extensão e Pesquisa em Gestão e Educação Ambiental (Lab. GGEA), localizado no Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB/Campus I). Nesse local foram analisados os parâmetros físico, químico e biológico, exceto à análise de macronutrientes que feito no laboratório de Análise de Tecido de Planta da Universidade Federal da Paraíba, Campus II, na cidade de Areia, estado da Paraíba.

A mesma dependência física foi escolhida por razão de ser um local adequado para realizar 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.

4.2 Etapas do Trabalho

As etapas do trabalho pode ser simplificaradamente representado pelo fluxograma mostrado na Figura 2.

Figura 2. O fluxograma das etapas do trabalho. Campina Grande, PB, Brasil.



4.2.1 Aproximação para a Comunidade da Geração dos Resíduos Sólidos Domiciliares no Condomínio Residencial Vertical Dona Lindu IV

O trabalho foi iniciado com a aproximação com os geradores de resíduos sólidos do condomínio residencial vertical Dona Lindu IV por meio de reuniões. Na primeira reunião foi apresentado o projeto de pesquisa à direção desse condomínio e esta submeteu à avaliação ao assessor jurídico. Na segunda reunião o projeto foi apresentado aos moradores e na ocasião, discutiu-se a possibilidade de execução do projeto naquele condomínio. A execução do projeto foi então aprovada por unanimidade pelos moradores que participaram da reunião.

A segunda reunião foi também informativa e contou com a participação das representantes da Associação de Catadores de Materiais Recicláveis da Comunidade Nossa Senhora Aparecida (ARENISA) que já atuavam em algumas áreas de Campina Grande.

Cabe ressaltar que, a partir das reuniões, a direção do condomínio residencial aceitou o termo de cessão de direitos e autorização de uso de imagem nesta pesquisa.

4.2.2 Atividades Referentes à Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos (GIREs) no Condomínio Residencial Vertical Dona Lindu IV

Primeiramente, foram feitas as visitas técnicas que contém a observação do cenário dos resíduos sólidos no condomínio residencial vertical Dona Lindu IV, sempre com o intuito de criar um fluxo bidirecional de apoio e desenvolvimento da organização dos materiais a serem utilizados na implantação da coleta seletiva dos resíduos sólidos nesse ambiente, facilitando ao tratamento da fração orgânica putrescível desses resíduos.

A partir das visitas, foram pintados os coletores existentes no condomínio e adquiriram-se novos coletores, bem como elaboradas as suas sinalizações. As cores usadas foram marrom, azul e cinza para os resíduos sólidos recicláveis úmidos (orgânicos), resíduos sólidos recicláveis secos (inorgânicos) e resíduos sólidos não recicláveis (rejeitos), respectivamente.

Em seguida, realizou-se a pesquisa quali-quantitativa dos resíduos sólidos domiciliares, a fim de estimar a produção *per capita* dos mesmos naquele condomínio com a duração de três dias diferentes em três semanas. No decorrer dessa pesquisa, observou-se a necessidade da realização das essenciais ações relacionadas à formação da Educação Ambiental, visando possibilitar a implantação da coleta seletiva. Visto que, houve a ausência do tratamento físico de resíduos sólidos no condomínio, caracterizado por grande mistura dos diferentes tipos de resíduos.

O tratamento biológico aeróbio da fração orgânica dos resíduos sólidos domiciliares constitui uma das ações da gestão integrada de resíduos sólidos (GIREs), é necessário, porém, a implementação da coleta seletiva apoiada pelas atividades de formação em Educação Ambiental (SILVA et al., 2020).

Dessa forma, realizou-se o processo de sensibilização dos atores envolvidos da geração dos resíduos sólidos no condomínio residencial pesquisado, que ocorreu porta a porta dos apartamentos, no período de sete dias seguidos. Ao longo desse processo, aconteceram vários diálogos com os moradores do condomínio, utilizaram-se as estratégias de entrega de folhetos e envio de vídeo informativo sobre a gestão de resíduos sólidos no condomínio em estudo. O vídeo foi postado no grupo dos moradores do condomínio numa rede social, um dia antes do início da sensibilização porta a porta.

Ao avaliar os impactos decorrentes da implantação da coleta seletiva de resíduos sólidos no condomínio residencial Dona Lindu IV, foram observadas as atividades da coleta seletiva por um período de seis meses.

A partir do processo de sensibilização, foi feita a caracterização gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares que aconteceram em quatro dias diferentes, visando à identificação de quantidade da produção dos resíduos sólidos orgânicos (resíduos sólidos recicláveis úmidos), inorgânica (resíduos sólidos recicláveis secos) e rejeitos (resíduos sólidos não recicláveis) no local pesquisado.

Para realizar o tratamento dos resíduos sólidos orgânicos, foi feita a coleta da fração orgânica putrescível dos resíduos sólidos separados pelas famílias que sensibilizadas se dispuseram a realizar coleta seletiva, diretamente na fonte geradora, durante sete dias consecutivos, totalizando-se sete amostras compostas.

Dentre as famílias que repassaram os resíduos sólidos orgânicos para a coleta, 59 famílias corresponderam ao universo amostral utilizado na pesquisa, 25,2% do total de família residentes no condomínio, conforme a Tabela 2.

Tabela 2. Organização do universo amostral referente às famílias que encaminharam os resíduos sólidos orgânicos domiciliares para a coleta. Campina Grande, Paraíba, Brasil.

Universo Amostral	Quantidade
Nº da família envolvido (unidade)	234
Nº de família que repassou os resíduos sólidos orgânicos domiciliares (unidade)	59
Universo amostral (%)	25,2
Quantidade dos resíduos sólidos orgânicos domiciliares coletados (kg)	239

Fonte: Dados de pesquisa.

Após cada dia de coleta realizada, os resíduos sólidos orgânicos foram embalados e armazenados numa câmara frigorífica, com o intuito de minimizar o processo da degradação antes de seu transporte ao local do experimento.

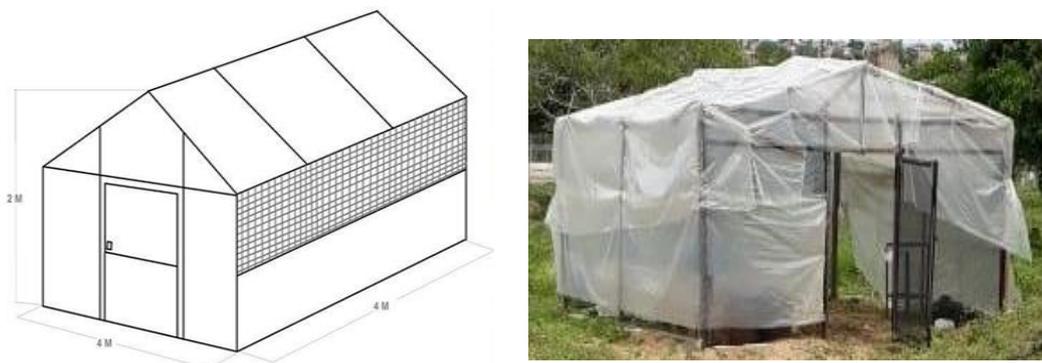
Outro ponto a destacar, nos dias da coleta de fração orgânica putrescível foi feita também a coleta de uma parte dos estruturantes que corresponderam aos resíduos de folhas, flores e jardins gerados no condomínio pesquisado. Sendo que, os estruturantes utilizados no tratamento biológico aeróbio foram compostos por esses mesmos resíduos e os materiais não degradados em outros sistemas de compostagem (constituído de rejeito e farelo). A mesma constituição obteve a partir do peneiramento depois de estabilização da matéria orgânica e utilizada em sistemas de compostagem para além de servirem como materiais estruturantes e

proporcionarem o equilíbrio da relação C/N, favorecer a adequação do teor de umidade para a ação dos organismos autóctones (GOMES, 2019; GUERMANDI, 2015; SILVA et al., 2011).

4.2.3 Trabalho Experimental

Para a realização desse trabalho, foi reorganizada a estrutura do sistema de tratamento biológico aeróbio modificado por Araújo (2018), instalado nas dependências do Departamento de Ciências Biológicas da Universidade Estadual da Paraíba, Campus I, em Campina Grande, estado da Paraíba, conforme a Figura 3.

Figura 3. Estrutura do sistema de tratamento biológico aeróbio instalado na UEPB.



Fonte: Araújo (2018) e Autor (2020).

Destaca-se que, a estrutura do sistema foi desenvolvida em madeira, lonas plásticas e telas de proteção, com intuito de reduzir os fatores ambientais intensos, a radiação solar excessiva durante os dias e decorrentes das fortes chuvas (ARAUJO, 2018), especialmente no período de maio a agosto, onde o sistema de tratamento biológico aeróbio foi instalado.

4.2.3.1 Montagem do Sistema de Experimento

Após a reorganização da estrutura do sistema de tratamento, os resíduos sólidos orgânicos e os estruturantes embalados e armazenados foram depositados nos baldes de 60 litros e transportados ao local da instalação do sistema. Em seguida, os mesmos foram pesados e posteriormente, submetidos ao processo de trituração de forma separada, utilizando-se o triturador de resíduos orgânicos TR-200 TRAPP, conforme Figura 4.

Para evitar a perda de material nesse processo, foi necessário colocar um saco plástico com capacidade de 200 L na saída do triturador. Sem seguida, os resíduos sólidos orgânicos e

os estruturantes triturados foram pesados novamente, visando à comparação de quantidades antes e depois de trituração.

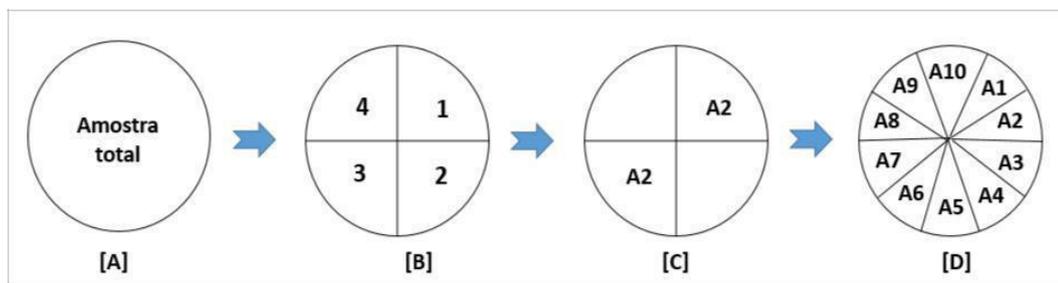
Figura 4. Triturador TR-200 TRAPP dos resíduos sólidos orgânicos.



Fonte: Autor (2020).

A partir da pesagem, foi realizada a composição do substrato, contendo resíduos sólidos orgânicos (80%) + estruturantes (20%). Do total de estruturantes, 24 % constituíram de farelo, 34 % de rejeito, 11 % dos resíduos de folhas, 09 % dos resíduos de flores e 22 % dos resíduos de jardins. Seguida de composição do material, o substrato foi pesado e transferido para lona plástica e homogeneizado. Por último, foram coletadas as amostras compostas para análises físicas, químicas e biológicas dos resíduos sólidos orgânicos domiciliares. O método para determinar a composição dessas amostras foi o de quarteamento múltiplo, apresentado na Figura 5.

Figura 5. 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 foi dividido em quatro partes iguais, o que correspondeu ao primeiro quarteamento e, desta, tiraram-se duas partes opostas da amostra total (A2). Essa

porção foi novamente homogeneizada para a obtenção de dez partes do material final. De cada uma das dez porções foram 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 substrato, e posteriormente, foi encaminhado às composteiras que constituíam o sistema de tratamento. Neste sistema, foram instalados dois subsistemas, tais como, o subsistema da composteira de concreto retangular (CCR) e da composteira de polietileno cilíndrica (CPC). Os subsistemas foram instalados em triplicata (R1; R2 e R3), totalizando seis composteiras móveis em análise na presente pesquisa.

O subsistema de CCR foi desenvolvido no trabalho de Nascimento (2015). Essas composteiras constituem-se de dois compartimentos, com uma redução de 0,25 m em uma das laterais de cada compartimento, para facilitar o reviramento manual entre elas, conforme a Figura 6. As mesmas apresentavam as seguintes dimensões: 0,30 m de largura, 0,50 m de comprimento e altura de 0,50 m. O subsistema CCR fica suspenso em blocos de concreto a 0,5 cm para evitar o contato com a superfície (NASCIMENTO et al., 2017).

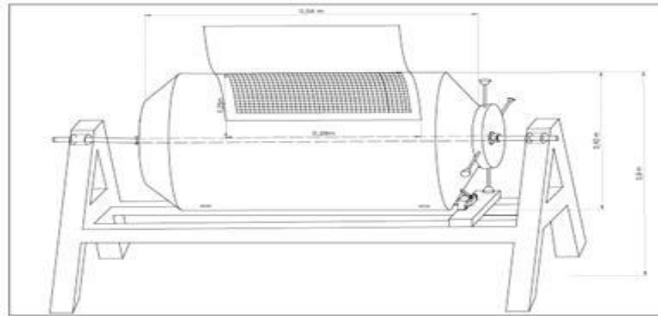
Figura 6. Configuração de composteiras de concreto retangular (CCR).



Fonte: Autor (2020).

Enquanto, o subsistema CPC foi desenvolvido na pesquisa de Gomes (2019) e construído com um único compartimento, com 0,30 m de largura, 0,54 m de comprimento e 0,40 m de altura. Essas composteiras têm uma roda de leme à parede lateral das composteiras para o reviramento do substrato. As mesmas estão suspensas em base de madeira a 1,0 m de altura do solo, como mostra na Figura 7.

Figura 7. Configuração de composteiras de polietileno cilíndrico (CPC).



Fonte: Gomes (2019).

Cada composteira foi alimentada com 24 kg de substrato, totalizando 72 kg em cada subsistema e 144 kg no sistema de tratamento descentralizado de resíduos sólidos orgânicos domiciliares.

O processo de alimentação foi realizado em duas rodadas: na primeira rodada cada composteira recebeu 23 kg e na segunda rodada apenas 1 kg. Esse procedimento foi aplicado para garantir igual quantidade de substrato para todas as composteiras utilizada neste estudo.

4.2.3.2 Monitoramento do Sistema de Compostagem dos Resíduos Sólidos Orgânicos Domiciliares

Para avaliação dos processos físico, químico e biológico do substrato, foi realizado o monitoramento dos diversos parâmetros nos sistemas no decorrer do período de tratamento, conforme o Quadro 2.

Quadro 2. Métodos utilizados e frequência da análise dos parâmetros monitorados no processo de tratamento de resíduos sólidos orgânicos domiciliares.

	Parâmetros	Método utilizado	Frequência
Físico	Temperatura (°C)	Termómetro	Diária
	Aeração	Silva (2008)	Semanal
	Umidade (%)	Gravimétrico	Semanal
	Sólidos totais (%)	Gravimétrico	Inicial e final
Químico	Ph	Potenciômetro	Semanal
	Sólidos totais voláteis (%ST)	Gravimétrico	Semanal
	Nitrogênio total (%ST)	Método Kjeldhal	Inicial e final
	Carbono orgânico total (%ST)	Kiehl (1998) 1,8 x STV	Inicial e final
	Potássio (%ST)	Fotometria de chama	Inicial e final
	Fósforo total (%ST)	Espectrométrico com ácido ascórbico	Inicial e final
Sanitário	Ovos de helmintos (ovos/gST)	Meyer (1978) modificado por Silva (2008)	Inicial e final

Fonte: Autor (2020).

No decorrer do processo de compostagem dos resíduos sólidos orgânicos, foram feitas as análises das variáveis físicas, químicas e sanitárias (Quadro 2).

A caracterização física correspondeu as análises de temperatura, teor de umidade e aeração do substrato. No que diz respeito à temperatura, foram monitorados os dados para alguns pontos de substrato representados nas camadas superior, média e inferior. Os monitoramentos para todas as camadas foram feitas em triplicatas, obtendo-se a média da temperatura diária de cada camada. Do mesmo modo, foi observada a temperatura ambiente do local de instalação do sistema para comparar com as médias. As medições de temperatura foram realizadas todos os dias, sempre no mesmo horário, obedecendo ao horário da montagem do sistema, com a utilização de termômetros de mercúrio.

Para o parâmetro do teor de umidade, o monitoramento seguiu-se o método de Goldin (1987), Nascimento (2015), Araújo (2018) e Gomes (2019). As amostras foram pesadas na balança de precisão e encaminhadas para estufa a 105 °C durante 24 horas. Em seguida, essas amostras foram esfriadas em dessecador e pesadas novamente. O percentual para teor de umidade foi então calculado, conforme Fórmula 2:

$$\text{Umidade (\%)} = \frac{(P_0 - PC) - (P_1 - PC)}{P_a} \times 100 \quad (2)$$

Sendo:

P0 : peso da amostra *in natura* (g)

PC : peso do cadinho (g)

P1 : peso da amostra após secagem (g)

Pa : peso da amostra (g)

Sendo o sistema de tratamento biológico aeróbio, o controle do teor de umidade desempenha um papel indispensável para manter as condições favoráveis dos organismos que atuam na degradação da matéria orgânica. Em função disso, o experimento foi regulado por meio de prática da adição de água quando necessária, além de aeração do substrato, com o intuito de regular a concentração de oxigênio em todos os pontos do substrato. A execução da aeração aconteceu periodicamente em duas vezes por semana (Segunda e quinta-feira), e consistiu do reviramento manual dos substratos, utilizando-se o instrumento agrícola, nomeadamente a pá no caso das composteiras de concreto retangular (CCR) e a roda de leme nas composteiras de polietileno cilíndrico (CPC). Cabe destacar que, em minutos antes da realização do primeiro reviramento semanais, ocorreram as coletas das amostras, retirando de diferentes pontos do substrato, foram homogeneizadas, formando uma amostra composta para as análises.

Os parâmetros químicos analisados neste trabalho foram potencial Hidrogeniônico - pH, sólidos totais voláteis – STV (%ST), carbono orgânico total – COT (%ST), nitrogênio total – NTK (%ST), potássio – K (%ST) e fósforo total – PT (%ST).

Em relação à análise de pH, foram pesados 25 g do substrato e diluídos em 125 mL de água destilada. Em seguida, a solução foi homogeneizada durante cinco minutos, antes de submeter para a medição no pH-metro.

Para análise de sólidos totais voláteis, determinou-se primeiro o percentual de sólidos fixos, que foi utilizado 25 g de cada amostra dos resíduos sólidos orgânicos, colocados em forno do tipo mufla e incinerados a 550 °C durante duas horas. Após esse tempo, a amostra foi pesada e retornada para a mufla por mais uma hora, repetindo o procedimento até obter a constância ponderal, correspondendo o valor de P2 (NASCIMENTO, 2015; ARAÚJO, 2018; GOMES, 2019), como expressada na fórmula 3:

$$\text{STF (\%)} = \frac{(P2-PC)}{ST} \times 100 \quad (3)$$

Sendo:

P2 : peso da amostra calcinada (g)

PC : peso do cadinho (g)

ST : unidade de sólidos totais

A diferença entre sólidos totais e sólidos fixos corresponde aos sólidos totais voláteis, representa o percentual de material orgânico a ser degradado na amostra (NASCIMENTO, 2015). Ou seja,

$$\text{STV (\%)}: \frac{(\text{ST}-\text{SF})}{\text{ST}} \times 100 \quad (4)$$

Sendo:

ST :unidade de sólidos totais

SF : unidade de sólidos fixos

Em relação à análise do parâmetro de carbono orgânico total, conforme sugerem Jiménez e García (1992) e Kiehl (1998), o emprego do método da mufla permite estimar esse parâmetro dos materiais compostados, necessitando, para isso, que se utilize o fator de 1,8 para conversão do percentual de sólidos totais voláteis em carbono orgânico total.

A caracterização biológica foi feita por meio da análise qualitativa e quantitativa da presença ou ausência de ovos viáveis de helmintos (Ovos/gST). A análise de ovos de helmintos foi efetuada utilizando a metodologia descrita por Meyer *et al.* (1978), com as modificações descritas por Silva (2008). As mesmas modificações consistiram na preparação da amostra: peso da amostra (25 g), lavagens prévias com solução de água sanitária a 50% e filtração dupla por filtro de nylon, para garantir o máximo de recuperação de ovos de helmintos. As análises dos resíduos retidos no filtro de nylon mostraram que após a segunda filtração, não são encontrados ovos de helmintos (SILVA, 2008).

A análise da viabilidade de ovos de helmintos foi efetuada através do método de coloração rápida, utilizando-se de solução de safranina a 0,1%, para detectar as trocas de permeabilidade da membrana vitelina dos ovos (ZERBINI *et al.*, 1999).

As análises de ovos de helmintos foram feitas no início e no final do sistema de tratamento, objetivando a avaliação de eficiência da compostagem para qualidade sanitária do composto.

4.2.3.3 Caracterização Física, Química e Sanitária do Composto Orgânico

O sistema de compostagem foi desmontado no local da instalação após completar a fase de maturação em todos os subsistemas. Em seguida, foi realizada a classificação do composto orgânico em tipo pó, farelo e rejeito, conforme a Instrução Normativa do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento nº 25 de 23 de julho de 2009 (BRASIL, 2009), a partir do peneiramento duplo da massa final. Inicialmente, utilizou-se uma peneira aramada de 4 mm para a obtenção do composto tipo farelo, e posteriormente, uma peneira de 2 mm, obtendo o composto tipo pó (BRASIL, 2005).

Seguida da classificação do composto, foi necessária a avaliação da eficiência de compostagem para qualidade sanitária do composto orgânico produzido por dois diferentes subsistemas com três repetições por cada, a partir de análise das concentrações médias das características físico (análise do teor de umidade), químicas (análises de pH, STV, NTK, COT, K e P) e biológica (análise qualitativa e quantitativa de ovos de helmintos) de produto resultante.

4.2.4 Análise de Dados

Os dados dispostos no presente trabalho foram analisados quantitativamente e qualitativamente, utilizando a triangulação, que conforme Thiollent e Silva (2007) consiste em quantificar e descrever os dados obtidos.

Os dados obtidos para os compostos resultantes foram comparados aos dados estabelecidos por Brasil (2009) e Brasil (2016) em relação à caracterização física, química e biológica, e com os dados apresentados nas literaturas.

Os dados referentes à coleta seletiva, principalmente caracterização gravimétrica de resíduos sólidos domiciliares, e aos parâmetros avaliados no tratamento da parcela orgânica, foram processados e comparados, considerando-se os princípios da análise descritiva, através do software Microsoft Office Excel 2007, sendo expressos por meio de gráficos e tabelas em valores médios.

4.2.5 Entrega de Composto Orgânico Resultante da Pesquisa Experimental para a Comunidade do Condomínio Residencial Vertical Dona Lindu IV

Buscou-se incentivar e melhorar sobre a percepção dos moradores referente à problemática dos resíduos sólidos, no intuito provocar a adoção do princípio de

corresponsabilidade e dessa forma, motivar a efetivação e o sucesso da coleta seletiva no condomínio e, conseqüentemente, favorecer a Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.

Foi realizado um encontro com as famílias participantes da pesquisa e a direção daquele condomínio para a entrega de composto orgânico resultante da pesquisa experimental para ser utilizado nos jardins do condomínio.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Aproximação à Comunidade do Condomínio Residencial Vertical Dona Lindu IV

A aproximação com os moradores do condomínio residencial vertical Dona Lindu IV permitiu dialogar sobre a problemática dos resíduos sólidos domiciliares e apontar novos caminhos para ações da gestão desses resíduos, alicerçada nos princípios e objetivos da Educação Ambiental previstos em documentos nacionais e internacionais. Uma vez que, um esforço estratégico para superar tal problemático é envolver e incentivar a participação da comunidade na gestão dos resíduos sólidos, reduzindo o desperdício na fonte geradora.

Segundo Jacobi e Besen (2011), o papel ativo dessa comunidade na participação de gestão dos resíduos sólidos é fundamental, devido ser sujeitos ativos que se transformam.

Para isso, aconteceu a primeira reunião no condomínio residencial vertical Dona Lindu IV entre os autores envolvidos da pesquisa e a síndica desse condomínio, e teve como ponto de pauta a introdução geral do projeto de pesquisa. Apontando que para atingir os objetivos da gestão integrada dos resíduos sólidos é fundamental o gerenciamento desses resíduos da fonte geradora até a disposição final. Um dos ganhos desse procedimento é a minimização dos riscos de contaminação.

A partir dessa introdução, a síndica do condomínio residencial vertical Dona Lindu IV apresentou a forma do tratamento dos resíduos sólidos gerados no condomínio e as suas fragilidades. Essa condição é agravada pelo estilo de vida instantâneo da comunidade e pelo paradigma da sociedade que ainda considera os resíduos sólidos como algo que deve ser jogado fora e removido. Dessa forma, a comunidade deve mudar seu hábito de descartar esses resíduos, o que geralmente é feito por meio de um sistema de gestão de resíduos sólidos baseado na realidade da comunidade. A gestão que envolve a comunidade ativamente, processando e separando os resíduos sólidos na fonte geradora (coleta seletiva), permite, segundo Araújo et al. (2017) que os resíduos sólidos sejam reciclados, processados e transformados em produtos úteis.

Diante disso, houve o sentimento de interesse por parte da direção daquele condomínio em relação à gestão integrada dos resíduos sólidos apresentado no projeto de pesquisa e de apoio da implantação do projeto no condomínio. Evidenciou-se que o mesmo condomínio está iniciando um novo olhar sobre a questão dos resíduos sólidos que demanda mudanças.

Nesta perspectiva, repetiu-se a segunda reunião do tipo informativo e decisivo de proposta da pesquisa, envolvendo vários segmentos sociais ligados à questão dos resíduos

sólidos como, os autores da pesquisa, a direção, os moradores do condomínio residencial vertical Dona Lindu IV e as representantes da Associação de Catadores de Materiais Recicláveis da Comunidade Nossa Senhora Aparecida (ARENISA).

No tocante ao informe, inicialmente os autores abrangidos na pesquisa foram reapresentados o projeto de pesquisa e as representantes da ARENSA explicaram o funcionamento de atividade de reciclagem realizado por elas, com o intuito de nivelar a compreensão e a análise dos moradores que estavam participando pela primeira vez das discussões. Observou-se que, a motivação foi envolvendo a todos e todas, de modo que maioria dos participantes colocou as suas ideias e relatou os principais fatos naquela reunião. Da mesma forma, verificou-se o sentimento de alegria dos moradores participantes dessa reunião por acreditar na possibilidade de transformação da forma de olhar e do tratamento físico dos resíduos sólidos naquele condomínio. Uma vez que, eles já tinham feito o processo da separação dos seus resíduos dentro dos apartamentos, mas, os mesmos não passaram por uma destinação adequada.

Silva e Leite (2008) e Silva et al. (2011b) afirmam que para diminuir os problemas relacionados à disposição inadequada dos resíduos sólidos, a solução mais indicada é a gestão integrada de resíduos sólidos que compreende um conjunto de alternativas, como a coleta seletiva na fonte geradora, repasse aos catadores de materiais recicláveis dos resíduos sólidos recicláveis secos e o tratamento por meio de compostagem aliados ao processo de Educação Ambiental.

Cabe ressaltar que, a discussão sobre gestão integrada dos resíduos sólidos no condomínio residencial vertical Dona Lindu IV foi muito ativo e mostrou-se muito positivo, no sentido de abrir as possibilidades aos pesquisadores, profissionais e aos moradores do condomínio no tocante à prática dos princípios de corresponsabilidade e sustentabilidade. Fato que constituiu um passo importante ao trabalho coletivo. Em consequência disso, no final dessa reunião os participantes aprovaram de forma unânime a proposta da pesquisa para a sua efetivação naquele condomínio.

5.2 Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos (GIREIS) no Condomínio Residencial Vertical Dona Lindu IV

5.2.1 Cenário dos Resíduos Sólidos Domiciliares no Condomínio Residencial Vertical Dona Lindu IV

As primeiras visitas ao condomínio residencial Dona Lindu IV permitiram observar a realidade das questões relacionadas aos resíduos sólidos desse ambiente.

Analisando-se as condições de acondicionamento intracondomínial dos resíduos sólidos, foram identificados dois coletores de cores semelhantes para cada bloco. Estes coletores foram revestidos internamente por sacos plásticos pretos para possibilitar o acondicionamento e transporte dos resíduos sólidos ao local de armazenamento temporário.

O local destinado para o armazenamento temporário desses resíduos, denominado de “depósito do Lixo”, compreende um compartimento único de aproximadamente 3x7 m², revestido por cerâmica de cor branca. Há uma pia para a higiene dos trabalhadores e duas portas; uma voltada para fora e outra para a rua situada nos fundos do referido condomínio. Esta é usada para encaminhar os resíduos sólidos armazenados para coleta municipal.

A forma de acondicionamento dos resíduos sólidos naquele condomínio, embora vislumbre o processo de seleção na fonte geradora, não ocorreram de forma correta, uma vez que, a disposição de apenas dois coletores para receber os diferentes tipos dos resíduos sólidos e ainda sem sinalização para sua distinção, não expressa uma forma correta de separação na fonte desses resíduos. Situação que contribuiu de modo efetivo para a contaminação da parcela orgânica, como foi constatada neste trabalho.

Os resíduos sólidos orgânicos gerados no condomínio em estudo eram acondicionados misturados aos resíduos sólidos recicláveis secos e aos rejeitos. Cabe salientar que, o tipo único de saco para o revestimento interno de dois coletores também não favoreceu a distinção dos resíduos sólidos no momento do recolhimento e transporte, visando o armazenamento temporário intracondomínial. Em consequência, no armazenamento temporário verificou-se a mistura dos diversos tipos de resíduos, constituindo um potencial problema aos moradores e à comunidade no seu entorno, além de contribuir para a disposição final inadequada dos mesmos.

Ferreira (2010), Silva e Campos (2008), e Silva et al. (2011a) afirmam que, o acúmulo dos diferentes tipos de resíduos sem segregação prévia, pode favorecer a proliferação de organismos, principalmente os anaeróbios, responsáveis pela liberação de gases indesejáveis, dentre eles, há alguns que exalam odores fétidos, comprometendo a saúde humana.

Em relação à quantidade de resíduos sólidos produzida no condomínio residencial vertical Dona Lindu IV, constatou-se que em média são produzidos diariamente 200,95 kg, resultando na produção média *per capita* de 0,29 kg/hab.dia e de 0,87 kg/apto.dia,

representando a geração de 105,85 kg por habitante ao ano, como pode ser ratificado pelos dados apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Produção de resíduos sólidos no condomínio residencial vertical Dona Lindu IV, Campina Grande, Paraíba, Brasil. (n=3).

Coleta ¹ (kg/dia)			Total coleta (kg)	Média (kg/dia)	Desvio padrão (kg/dia)
1 ^a	2 ^a	3 ^a			
172,95	182,60	247,30	602,85	200,95	49,4

¹pesquisa realizada com 229 apartamentos (97,86% dos apartamentos do condomínio).
Fonte: Dados de pesquisa.

Esta expressiva quantidade de resíduos sólidos domiciliares pode está contribuindo para ampliar e intensificar os impactos negativos ambientais, sociais e econômicos, pois, não foram observadas ações que favorecessem a destinação e disposição corretas. A forma como o condomínio está manejando os resíduos sólidos produzidos naquele condomínio está causando contaminação e poluição, afetando adversamente os distintos sistemas e a própria saúde humana.

Gomes et al. (2017) afirmam que o acúmulo de resíduos sólidos no aterro sanitário e a falta de seleção adequada na fonte geradora provocam consequências de ordem ambiental, econômica, sanitária e social. Segundo Silva (2016), a ausência de separação e higienização prévias (coleta seletiva) dos resíduos sólidos provoca vários impactos negativos, como, por exemplo, a transformação de recursos naturais em lixo, atualmente denominado de rejeito, por meio da lei brasileira 12.305/2010, favorecimento de criadouros do mosquito *Aedes aegypti*, diferentes tipos de poluição, uso e ocupação indevida do solo, redução do valor econômico dos resíduos sólidos originados, prejuízos ao exercício profissional de catadores de materiais recicláveis e aumento dos riscos à saúde dos trabalhadores que lidam direta e indiretamente com estes resíduos.

Por outro lado, Silva et al. (2010) destacam que os resíduos sólidos úmidos e os secos gerados no Brasil podem ser reutilizados e reciclados, favorecendo a reintrodução desse material no setor produtivo, além de beneficiar os catadores de materiais recicláveis, por ser uma fonte de renda para os mesmos, porém, esta alternativa não se efetiva, refletindo-se na disposição final inadequada e em impactos socioambientais negativos.

Desta forma, deve ser de responsabilidade de todos os geradores de resíduos sólidos utilizarem formas adequadas de manejo. Essas preocupações fizeram com que ao longo do tempo fossem elaboradas políticas de prevenção e educação ambiental desde convenções, tratados internacionais e medidas governamentais, tais como, a Política Nacional do Meio Ambiente – Lei nº 6938/81 (BRASIL, 1981). Somada a Lei 12.305/2010 que estabeleceu os princípios, objetivos e estratégias para gestão integrada de resíduos sólidos, com o intuito de prevenir e/ou mitigar os problemas relativos aos resíduos sólidos no Brasil. Também foi estabelecido no ensino sobre essa temática, criam mecanismos de gestão e aproveitamento, chamados outrora de produtos secundários.

5.2.2 Alternativa Para Gestão de Resíduos Sólidos no Condomínio Residencial Vertical Dona Lindu IV

No contexto da problemática de resíduos sólidos, a presença da gestão destes resíduos desde a fonte geradora até a disposição final é indispensável para minimizar os riscos de contaminação, como afirmam Silva et al. (2011b) e Silva (2016) que para diminuir os problemas relacionados à disposição inadequada dos resíduos sólidos, a solução mais indicada é a gestão integrada de resíduos sólidos que compreende um conjunto de alternativas, como a coleta seletiva na fonte geradora, repasse aos catadores de materiais recicláveis dos resíduos sólidos recicláveis secos e o tratamento por meio de compostagem aliados ao processo de Educação Ambiental.

No condomínio residencial vertical Dona Lindu IV, foi implantada a coleta seletiva a partir da disponibilização de três coletores de diferentes cores com capacidade igual à de coletores que já estavam dispostos nas áreas de lado de cada bloco, adaptando-se as indicações de Dantas (2017) e Dantas, Silva e Leite (2019): 1) Coletor de cor verde para resíduos sólidos recicláveis secos: papel, papelão, plástico, vidro e metal. 2) Coletor de cor marrom para resíduos sólidos recicláveis úmidos: cascas de frutas e de verduras, restos de comidas e folhas. 3) Coletor de cor cinza para os resíduos sólidos não recicláveis (rejeito ou lixo): fraldas descartáveis, absorvente, papel higiênico e cabelos.

Destaca-se ainda que, foram disponibilizados também três sacos plásticos de cores iguais às cores de cada coletor, de maneira a favorecer a seleção dos três tipos de resíduos sólidos no momento de recolhimento, transporte e acondicionamento temporário.

Em relação ao acondicionamento no interior dos apartamentos, sugeriu-se que os moradores utilizassem três tipos de coletores: coletor com capacidade de 5 L para os resíduos

sólidos recicláveis úmidos; coletor com capacidade de 15 L para os resíduos sólidos recicláveis secos; e coletor com capacidade de 7 L para os resíduos sólidos não recicláveis, ou seja, para os rejeitos.

Em relação ao depósito para armazenamento temporário de resíduos sólidos no local denominado anteriormente de “depósito do lixo”, e neste trabalho de local de armazenamento temporário de resíduos sólidos (LATRES), foram instalados três coletores com capacidade grande para armazenar os resíduos sólidos durante o período necessário ao seu recolhimento pelos catadores de materiais recicláveis secos e pelo serviço municipal de limpeza urbana: um coletor para resíduos sólidos recicláveis secos (Inorgânicos); um para os recicláveis úmidos (Orgânicos) e outro para resíduos sólidos não recicláveis (Rejeitos).

De acordo com o perfil dos moradores e o perfil da estrutura física do condomínio, foram pintados os coletores que estavam dispostos no condomínio, e para complementá-los, foi comprado mais quantidades dos mesmos coletores no mercado.

5.2.3 Sensibilização de Moradores do Condomínio Residencial Vertical Dona Lindu IV

Para a execução adequada da coleta seletiva dos resíduos sólidos domiciliares, foi necessária a realização da sensibilização dos moradores a fim de promover a difusão do conhecimento sobre a problemática dos resíduos sólidos, bem como das alternativas previstas na legislação ambiental, pois, os objetivos da gestão integrada de resíduos sólidos não serão alcançados sem o processo de sensibilização, formação e mobilização dos atores envolvidos, como atestam Araújo et al. (2017) e Silva et al. (2020, 2020a e 2020b).

Maia et al. (2015) chamam a atenção para a responsabilidade compartilhada pelos resíduos sólidos, cabendo a cada gerador dar destinação adequada aos resíduos sólidos produzidos. Uma vez que, o problema está diretamente ligado à forma como cada sociedade lida com os resíduos sólidos.

No processo de sensibilização foram discutidos com os moradores de 97,86% dos apartamentos do condomínio os impactos negativos decorrentes da falta de gestão dos resíduos sólidos gerados naquele condomínio e a necessidade de implantação de coleta seletiva e do tratamento da parcela orgânica.

A partir desse processo de sensibilização, verificou-se que a maioria dos moradores participantes da discussão compreendeu como a falta de gestão compromete a saúde pública e afeta os recursos naturais. Porém, houve dificuldade de apontar uma solução adequada para esse problemática. Visto que, alguns desses moradores afirmaram que já realizavam a

separação dos seus resíduos no interior do apartamento, no entanto, mostraram-se inicialmente, desanimados, porque não conseguiam identificar a eficiência desse procedimento, por falta de destinação adequada.

Para tal problemática, a Lei 12.305/2010 da Política Nacional de Resíduos Sólidos considera a importância de “proteção da saúde pública e da qualidade ambiental por meio de redução, reutilização, reciclagem e tratamento, estímulo à adoção de padrões sustentáveis [...] incentivo à indústria da reciclagem [...]” (BRASIL, 2010), e de reaproveitamento e tratamentos que impliquem em medidas corretivas, podendo valorizar os resíduos, diminuir a poluição e o uso de recursos naturais (SILVA, 2016).

Desta forma, o interesse dos geradores de resíduos sólidos pela implantação da coleta seletiva no condomínio, com o repasse da parcela reciclável seca aos catadores de materiais recicláveis organizados, e o encaminhamento da parcela orgânica putrescível para o tratamento foi fundamental e animador.

Em consequência disso, foi aprovada a separação desses resíduos já no interior dos apartamentos, seguido do transporte para o LATRES, respeitando-se também os critérios de separação e por último, a destinação correta conforme o tipo de resíduo. Apenas não recicláveis deveriam ser encaminhados à coleta pública municipal, os recicláveis úmidos ao tratamento pelo método de compostagem e os recicláveis secos destinados à ARENSA.

Com a implantação da coleta seletiva, os resíduos sólidos recicláveis secos gerados naquele condomínio, passaram a ser coletados semanalmente de forma separada pelos catadores de materiais recicláveis associados à ARENSA para a realização de triagem, a fim de separar os materiais que poderiam ser comercializados.

A importância do processo de sensibilização é ratificada neste trabalho e confirma que sem educação ambiental a gestão de resíduos sólidos não acontece, logo, não atinge os objetivos delineados tanto na legislação ambiental, quanto nos documentos nacionais e internacionais. Entretanto, demanda um trabalho contínuo de educação ambiental e vontade e compromisso dos gestores públicos e privados.

Na ótica de Silva et al. (2020b, p. 28754) “Educação Ambiental constitui ferramenta indispensável à gestão municipal de resíduos sólidos. Na ausência de formação há entraves ao alcance dos objetivos previstos na Política Nacional de Resíduos Sólidos”. Gomes et al. (2017) e Silva et al. (2011b) compreendem a importância do processo de sensibilização para aprofundar o conceito, favorecer mudança de percepção e de ação.

5.2.4 Caracterização Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Domiciliares

A mudança de ação identificada a partir do processo de sensibilização foi considerada como principal sustentador para a realização do segundo levantamento quantitativo da pesquisa, denominada a caracterização gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares. Os resíduos sólidos gerados no condomínio residencial vertical Dona Lindu IV começaram a ser armazenados de forma separada, facilitando desse modo, a sua caracterização.

A caracterização gravimétrica foi efetuada para identificar a produção de cada tipo naquele condomínio. O resultado dessa caracterização está exposto na Tabela 4.

Tabela 4. Caracterização gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares gerados no condomínio residencial vertical Dona Lindu IV, Campina Grande, Paraíba, Brasil.

Resíduos sólidos	Coleta (kg/coleta)				Total	Média	*DP
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a			
Orgânicos	85,2	52,3	36,9	65	239,4	59,8	20,4
Inorgânicos	37,3	16,7	11,6	36,4	102	25,5	13,2
Rejeito	76,4	58,1	35,8	65,6	235,9	59,0	17,1
Total	198,9	127,1	84,3	167	577,3	144,3	-

*DP: Desvio padrão.

Fonte: Dados de pesquisa.

A média de resíduos sólidos recicláveis orgânicos ou putrescíveis constatada durante os quatro dias de caracterização (59,8 kg) foi maior do que a média de resíduos sólidos recicláveis secos (25,5 kg). Surpreendentemente, a média para rejeitos foi próxima a dos resíduos sólidos orgânicos (59,0 kg), apontando que a coleta seletiva, embora tenha sido implantada e compreendida pelos moradores ainda carecia de várias modificações, relativas à forma de segregação na fonte geradora.

Observou-se, todavia, que a geração dos resíduos sólidos orgânicos com potencial para o reaproveitamento produzidos na cozinha (casca de frutas, verduras, restos de alimentos) e no jardim (folhas e flores) e dos recicláveis secos (plásticos, metais, papeis, vidros e papelões) foi maior comparada aos não recicláveis (cabelos, papel higiênico, absorventes e fraldas descartáveis).

Nesse sentido, pode-se verificar que o maior percentual dos resíduos sólidos produzido no condomínio que estava anteriormente sendo encaminhado ao aterro sanitário, devido à falta da seleção prévia poderia ser aproveitado. Ressalta-se, todavia, que o resultado obtido,

segue o perfil de outros condomínios geradores de resíduos sólidos em Campina Grande, como mostraram os trabalhos de Dantas (2017) e Dantas, Silva e Leite (2019). Destaca-se também que na oportunidade da caracterização havia uma catadora informal que recolhia parte dos resíduos sólidos orgânicos para alimentação animal.

Compreende-se que a forma da utilização dessa parcela, possivelmente constitui um risco à saúde pública. Uma vez que, a carne dos animais alimentados por resíduos sólidos orgânicos que foram misturados com outros tipos dos resíduos sólidos ao serem consumidos por seres humanos, pode compor um veículo de organismos patogênicos como, por exemplo, ovos de helmintos.

Silva et al. (2010) destacam que a quantidade e a péssima qualidade sanitária dos resíduos sólidos, nesse caso especial, gerados em municípios do semiárido paraibano mostram que estes constituem importante fonte de contaminação ao meio ambiente e ao ser humano. Os autores realçam ainda que o acúmulo desses resíduos em áreas impróprias favorece a ação de organismos anaeróbios, conseqüentemente, contribui para a geração de chorume e gases indesejáveis. Contudo, quando os resíduos sólidos são tratados de forma apropriada, a parcela orgânica pode ser transformada em compostos orgânicos sanitizados e com características agrônomicas ideais à aplicação em diferentes tipos de solo, onde agem como adubos e melhoria do solo e os inorgânicos podem voltar para o ciclo reprodutivo. Visto que, nos territórios agrícolas as pessoas cultivam os alimentos básicos, tais como, mandioca, arroz e batata doce para consumo doméstico e plantas para ornamentação, que demandam adubos orgânicos que favoreçam o seu crescimento.

No cenário anunciado reafirmou-se a necessidade de elaboração e implantação do Plano de Gestão de Resíduos Sólidos no condomínio residencial vertical Dona Lindu IV, conforme prevê a Lei Municipal n. 4900 de dezembro de 2010, a qual determina a gestão dos resíduos sólidos desde a fonte geradora até a sua disposição final, por meio da coleta seletiva aliada às atividades da educação ambiental.

A seleção dos resíduos sólidos na fonte geradora primariamente facilitará o exercício profissional dos catadores de materiais recicláveis e diminuirá a quantidade de rejeitos encaminhada ao aterro sanitário. Na sua ausência, além de prejudicar o meio ambiente dificulta a transformação dos resíduos sólidos recicláveis secos em novos objetos, aumenta a pressão sobre os recursos naturais, reduz a renda dos profissionais relacionados a estes resíduos e ainda põe em risco a saúde humana.

Cavalcante e Silva (2015) afirmam que, a ausência de coleta seletiva na fonte geradora expõe os catadores de materiais recicláveis em contato com diferentes tipos de

materiais, a exemplo de resíduos de serviço de saúde, resíduos sólidos orgânicos, resíduos sanitários e resíduos potencialmente perigosos que submetem estes profissionais a diferentes tipos de riscos, principalmente os biológicos.

Assim, Silva et al. (2017) atestam que a implantação da gestão integrada de resíduos sólidos em condomínio situada em Campina Grande favorece a redução da quantidade de resíduos sólidos encaminhada ao aterro sanitário localizado em Catolé de Boa Vista; diminui o percentual de resíduos sólidos que seria transformado em rejeito (lixo); contribui para o retorno de materiais recicláveis ao setor produtivo (indústria), amortizando a extração dos recursos naturais; melhora a qualidade dos materiais recicláveis recolhidos pelos catadores de materiais recicláveis; aumentando a renda desses profissionais; reduz os gastos da prefeitura de Campina Grande com transporte e aterramento dos resíduos sólidos, evitando dessa forma, os impactos negativos acarretados ao meio ambiente e à sociedade; minimiza ainda, a proliferação de vetores causadores de doenças, a exemplo do mosquito *Aedes aegypti*; descarte final ambientalmente viável dos resíduos sólidos; e cumprimento do Artigo 225 da Constituição Federal do Brasil e da Lei Federal 12.305/2010 que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

5.2.5 Caracterização Física, Química e Sanitária dos Resíduos Sólidos Orgânicos Domiciliares

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

Na Tabela 5 encontram-se as condições físicas e químicas dos resíduos sólidos orgânicos domiciliares analisados no início da pesquisa experimental da escala laboratorial.

Tabela 5. Condições físicas e químicas iniciais dos resíduos sólidos orgânicos domiciliares.

Parâmetros	Valores
pH	5,58
Teor de umidade (%)	66,27
Sólidos Totais (%)	33,73
Sólidos Totais Voláteis (%ST)	79,01
Carbono Orgânico Total (%ST)	43,89
Nitrogenio Total (%ST)	1,52
Potásio (%ST)	1,07
Fósforo Total (%ST)	0,42

Fonte: Dados de pesquisa.

O valor do pH inicial dos resíduos sólidos orgânicos domiciliares do presente estudo apresentado na Tabela 5 foi baixo devido à reação da matéria orgânica de origem vegetal ser normalmente ácida (KIEHL, 2004). Mesmo assim, o valor de 5,58 observado para o mesmo parâmetro foi superior aos encontrados nos estudos de Araujo et al. (2019) e Guermendi (2015) que trataram os resíduos sólidos orgânicos domiciliares gerados em Campina Grande/Paraíba e os urbanos gerados em São Carlos/ São Paulo, respectivamente, em que obtiveram os valores de pH de 4,62 e 4,72, respectivamente.

A partir dos dados apresentados na Tabela 5, pode-se verificar para a constituição dos resíduos sólidos orgânicos que, a porcentagem dos sólidos totais foi menor à do teor de umidade no presente estudo.

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% e os 50% restantes que correspondem ao teor de umidade. Os autores salientam que, a concentração dos sólidos está referida ao 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 79,01% de sólidos totais voláteis (Tabela 5) é elevado devido ser pela constituição predominantemente orgânica dos resíduos sólidos orgânicos analisados (GUERMANDI, 2015). Tal valor inicial de sólidos totais voláteis foi aproximado aos valores observados por Gomes (2019) e Nascimento (2015) que trabalharam com resíduos sólidos orgânicos domiciliares, também 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, além de ser possivelmente ao período de alta temperatura capaz de provocar o processo de evaporação no momento de homogeneação dos resíduos sólidos orgânicos triturados, que resulta na perda do teor de umidade de forma rápida. Sendo que, a faixa ideal do teor de umidade inicial do substrato a ser tratado está compreendida entre 50 a 60% (KUTZNER, 2008; NOGUERA, 2011; RUSSO, 2003; SANTOS; SANTOS, 2008; TEIXEIRA et al., 2005), mas, houve a necessidade de controle adequado do sistema durante o processo de compostagem. Uma vez que, o teor de umidade 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 dos parâmetros macronutrientes indicam que os resíduos sólidos orgânicos domiciliares não podem ser dispostos em lugares impróprio, inclusive nos locais pertos das plantações. É fundamental aplicar tratamento para os mesmos resíduos, resultando em um potencial de nutrientes que possa ser aplicado em culturas agrícolas. No final do tratamento, espera-se a transformação destes resíduos em composto orgânico estabilizado e sanitizado.

O resultado do parâmetro sanitário dos resíduos sólidos orgânicos domiciliares analisados no início da pesquisa experimental da escala laboratorial é apresentado na Tabela 6 que expressa os valores médios de ovos de helmintos identificados nesses resíduos.

Tabela 6. Valores médios referentes as concentrações de ovos de helmintos viáveis e não viáveis identificados nos resíduos sólidos orgânicos domiciliares gerados no condomínio residencial vertical Dona Lindu IV.

Prevalência Helmintos	Helmintos (ovos/g ST)			Viável (%)
	Viável	Inviável	Total	Prevalência (%)
<i>Áscaris lumbricoides</i>	1,3	1,0	2,3	50,0
<i>Ancylostoma sp.</i>	1,0	1,0	2,0	43,5
<i>Hymenolepis nana</i>	0,3	0,0	0,3	6,5
Total	2,6	2,0	4,6	100,0

Fonte: Dados de pesquisa.

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%. Essa quantidade foi inferior a encontrada por Araújo et al. (2019) que trataram os resíduos sólidos orgânicos domiciliares gerados em Campina Grande-PB, de 14,3 ovos/g ST. Contudo, a quantidade encontrada no presente estudo foi superior a registrada por Gomes (2019) e Silva et al. (2011a), 4,1 ovos/gST e 0,6 ovos/gST, respectivamente, também analisando resíduos sólidos orgânicos gerados em domicílios situados em Campina Grande. De qualquer forma, os valores registrados neste trabalho e nos demais trabalhos citados alerta para os riscos de contaminação que envolvem esse tipo de resíduos quando não são tratados.

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 alerta 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 dos 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.

5.3 Parâmetros do Processo de Monitoramento da Compostagem dos Resíduos Sólidos Orgânicos Domiciliares

Ao longo do processo de monitoramento da compostagem dos resíduos sólidos orgânicos domiciliares foi observada a característica do substrato. Verificou-se nesse monitoramento a tendência de estabilização em menor espaço de espaço nas composteiras em polietileno cilíndrico (CPC), comparando-se com as composteiras em concreto retangular (CCR).

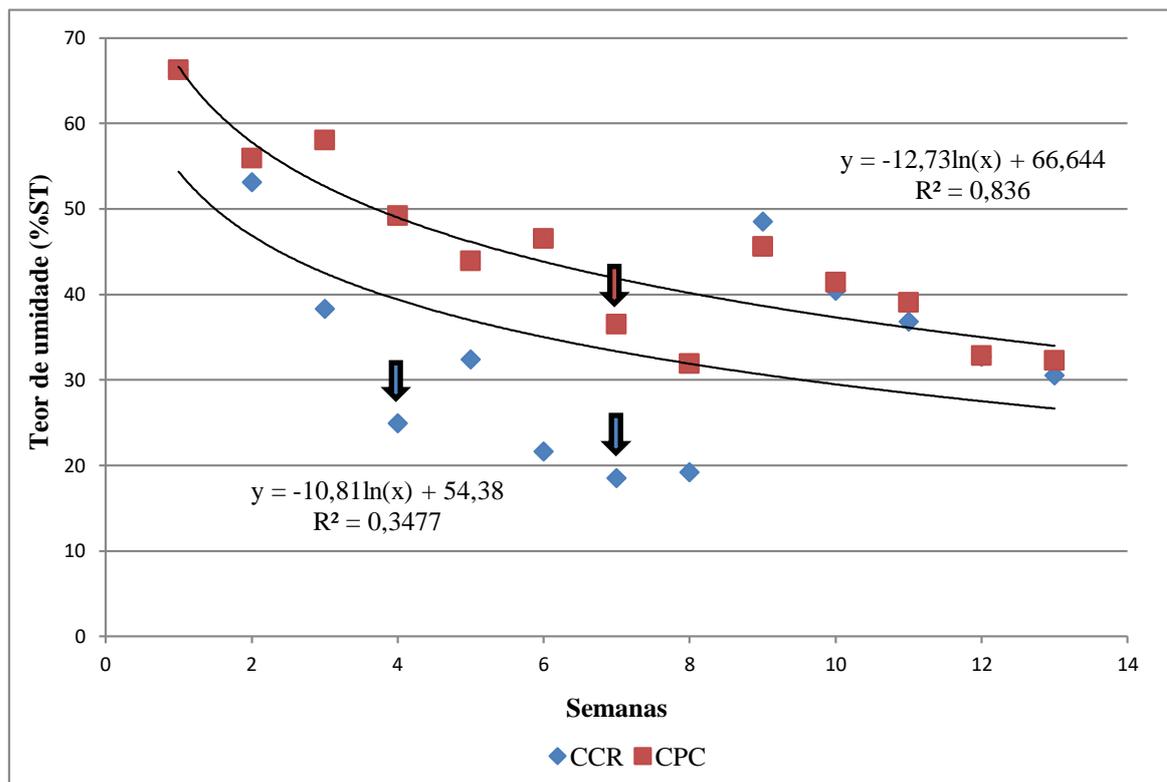
O monitoramento sistemático dos parâmetros físicos (teor de umidade e temperatura) e químicos (pH e STV) durante esse processo foi fundamental a fim de conhecer as alterações nas características físicas e químicas do substrato e assegurar que o produto final fosse de boa qualidade, como também se atendia às normatizações pertinentes.

5.3.1 Teor de umidade

Na Figura 8 apresenta-se o comportamento da variação temporal do percentual de umidade da massa de resíduos sólidos orgânicos domiciliares na fase de biotransformação.

Os valores do teor de umidade dos substratos obtidos para as composteiras de concreto retangular (CCR) e composteiras de polietileno cilíndrico (CPC) apresentaram comportamento de picos e decréscimos nos diferentes instantes ao longo do tempo de monitoramento da compostagem.

Figura 8. Comportamento da variação temporal do percentual de umidade.



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

Fonte: Dados de pesquisa.

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. Porém, a partir de quinta até sétima semana e de nona até decima terceira semana houve a diminuição de forma lenta por razão de 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, conforme a Figura 8, a fim de regular o teor de umidade do substrato para a faixa adequada de 40-50% (ARAUJO et al., 2019). Uma vez que os organismos decompositores da matéria orgânica só podem realizar suas atividades com o teor de umidade suficiente. São as condições ideais para ação desses organismos que 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 temperatura (Figuras 9 e 10 do próximo item), o que conforme Guermandi (2015) pode ser uma explicação de que, houve a necessidade da renovação da água aos organismos decompositores para a manutenção de suas atividades metabólicas, apesar de composto possuía uma boa capacidade de retenção de água indicada por permanência da umidade no interior do substrato mesmo sem ter adição de água em algum tempo de monitoramento.

Cabe destacar que, a frequência de reviramento duas vezes por semana foi importante e suficiente para aerar e homogeneizar a massa dos substratos, assim como favoreceu o controle do teor de umidade.

5.3.2 Temperatura

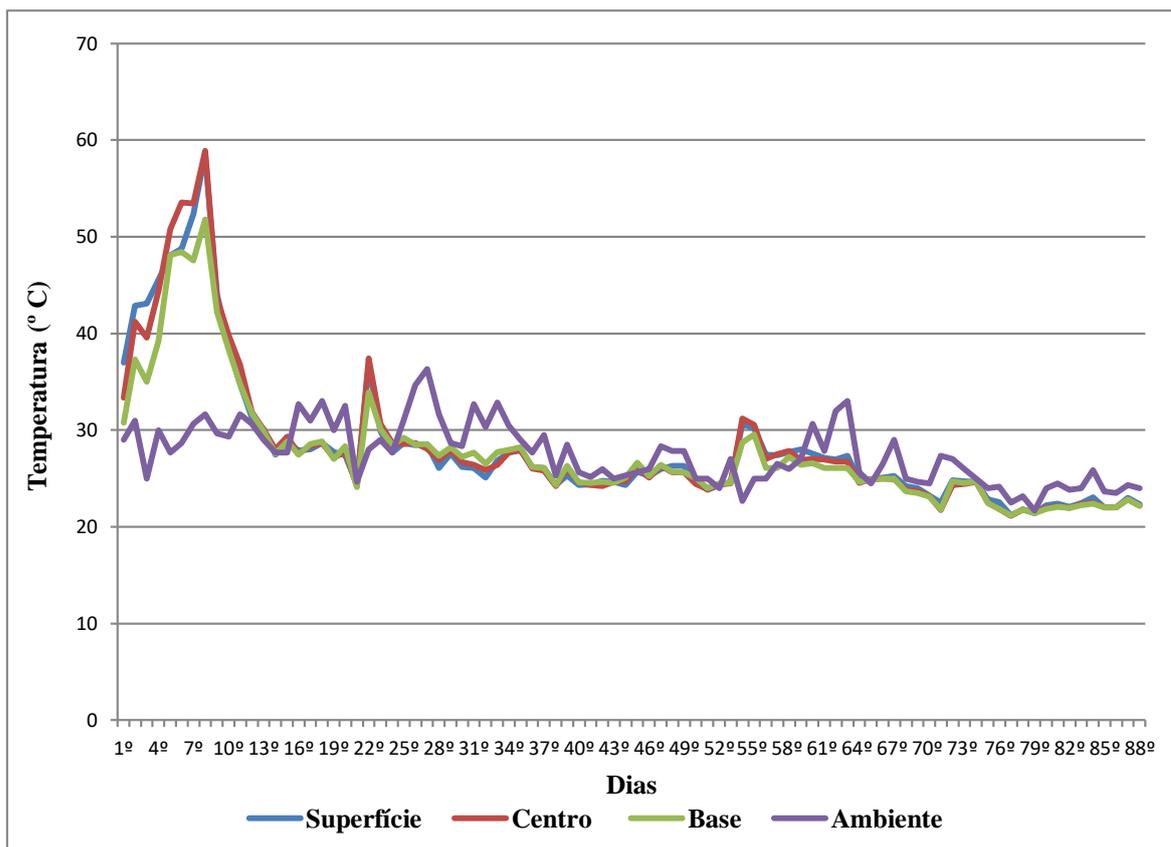
A observação da temperatura foi realizada na presente pesquisa para determinar as mudanças na atividade do microrganismo, uma vez que, a mesma é considerada como um indicador na decomposição da matéria orgânica.

A evolução temporal da temperatura média registrada ao longo do processo de tratamento aeróbio dos resíduos sólidos orgânicos domiciliares nas composteiras de concreto retangular (CCR) e nas composteiras de polietileno cilíndrica (CPC), bem como, a variação da temperatura ambiente no local da instalação do sistema estão representadas nas Figuras 9 e 10.

Em cada composteira do sistema a temperatura média foi obtida a partir da verificação de temperatura em três zonas (superfície, centro e base) das leiras do substrato, sendo que, para cada zona foi feita a verificação em três pontos de forma reduzir as probabilidades de erros e de garantir o reconhecimento da estabilidade desse parâmetro físico tão importante para o tipo de tratamento adotado neste trabalho.

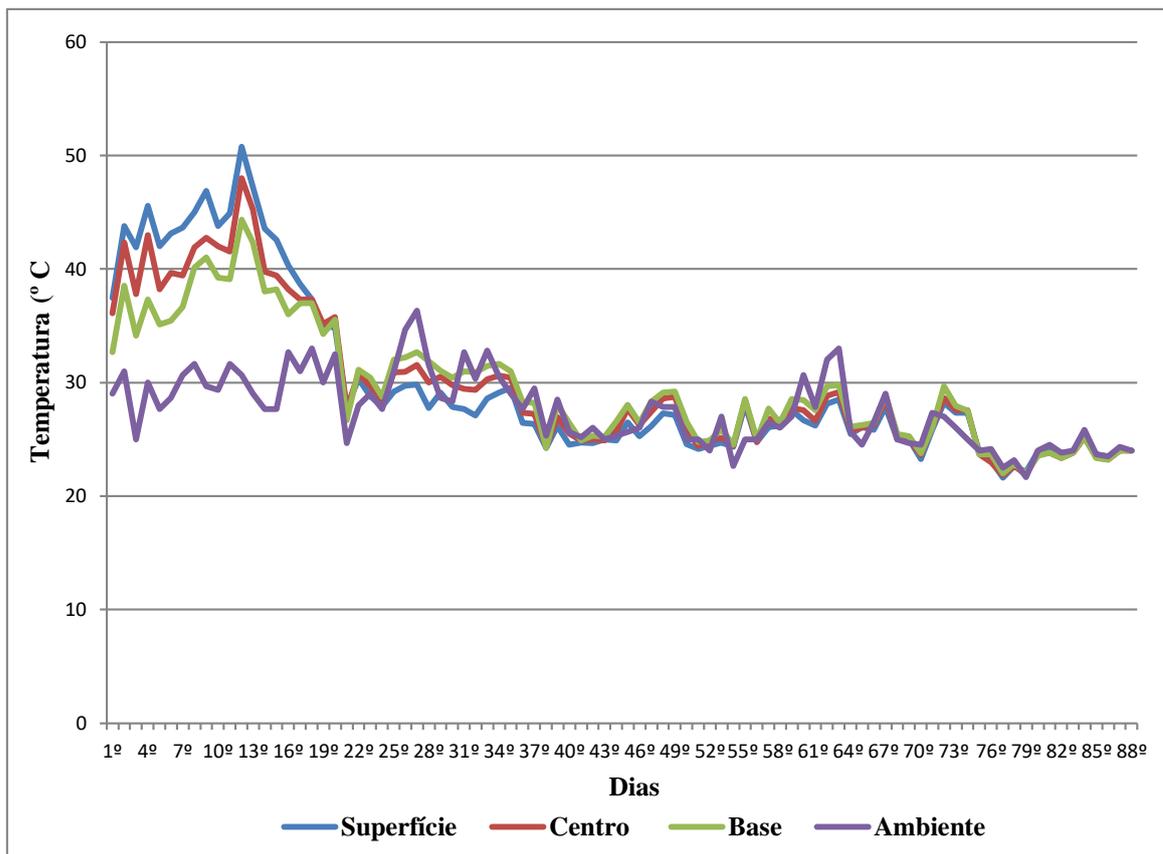
Para ambas as composteiras houve o aumento das temperaturas médias do substrato no início da compostagem (Figuras 9 e 10) devido à ocorrência de disponibilidade da decomposição da matéria orgânica por vários organismos, que resulta na tendência da redução do calor exotérmico. Visto que, a faixa de temperatura média adequada para o desenvolvimento de microrganismos 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 estava em torno de 43° C a 56° C, e de quarto ao décimo segundo dia de compostagem em CPC estava em torno de 41° C a 47° C. Nestas faixas de temperatura o papel dos organismos mesófilos foi substituído por organismos termófilos.

Figura 9. Temperatura média registrada no sistema de composteiras de concreto retangular (CCR).



Fonte: Dados de pesquisa.

Figura 10. Temperatura média registrada no sistema de composteiras de polietileno cilíndrico (CPC).



Fonte: Dados de pesquisa.

Destaca-se que os níveis de temperatura dos dois sistemas de compostagem foram quase sempre superiores aos níveis de temperatura ambiente, reafirmando a ideia citada por Silva (2008) de que os organismos autóctones presentes durante o processo de compostagem são exotérmicos, desse modo, enquanto degradam a matéria, dissipam calor que aquece o sistema e favorece a destruição de organismos patógenos.

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 matéria orgânica e destruir os organismos patógenos, neutralizar sementes de pragas, como moscas, e eliminar sementes de gramíneas indesejáveis que podem comprometer a qualidade sanitária do produto final.

A alta temperatura no sistema de compostagem desta pesquisa foi atingida possivelmente pela 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 alto, fazendo com que o substrato não perca calor rapidamente. Cabe destacar que, a partir da primeira semana de compostagem registrou-se alta temperatura no centro da leira para CCR e na zona superior da leira para CPC, conforme Figuras 9 e 10, respectivamente.

Silva et al. (2011a) afirmam que em sistema com percentual do teor de umidade alto 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 no décimo ao décimo terceiro dia e no décimo sexto ao vigésimo segundo dia de compostagem para CCR e CPC, respectivamente. Com uma faixa de temperatura de 30 – 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.

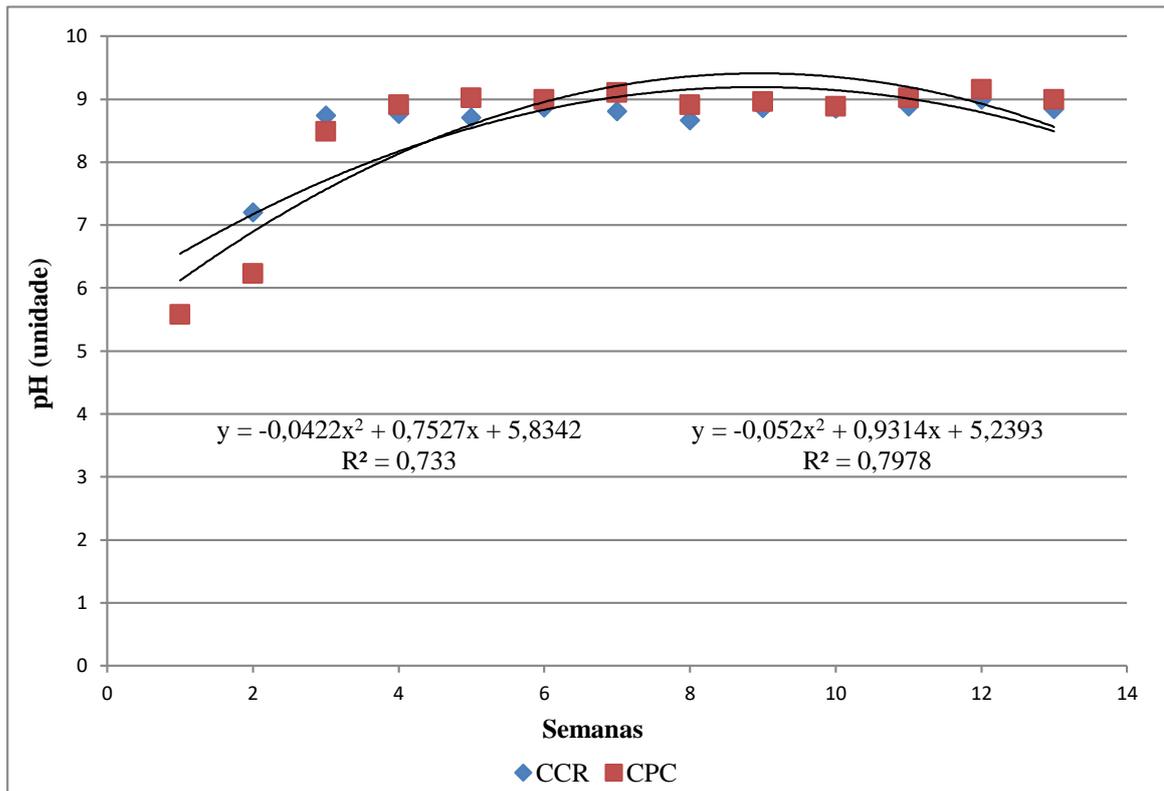
A partir do décimo quarto dia e do vigésimo terceiro dia, respectivamente, para CCR e CPC, o comportamento da temperatura do substrato começou a se aproximar da temperatura ambiente e manteve-se a partir desses momentos no intervalo do valor médio de 21° C a 29° C até o último dia de verificação da temperatura, indicando o processo normal de compostagem.

5.3.3 Potencial Hidrogeniônico – pH

A análise do pH foi feita no presente estudo para observar a ocorrência do processo de decomposição, pois, além da temperatura, Silva et al. (2011) compreendem o pH como um fator ambiental importante para os microrganismos decomponem a matéria orgânica na leira.

A mudança 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 11.

Figura 11. Comportamento da variação temporal do valor de pH.



Fonte: Dados de pesquisa.

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 foi significativo, devido a amonificação do nitrogênio orgânico, seguida da hidrólise da amônia, gerando íons amônio e hidroxilas (GUERMANDI, 2015), enquanto, nas demais semanas o aumento aconteceu de forma lenta, até chegar na última semana do monitoramento do sistema.

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 11. Tal diferença deve ser pela frequência semanal da análise de pH que possibilita os substratos em diferentes composteiras apresenta o nível 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 essas composteiras (SILVA et al., 2011e).

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 Guermandi

(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.

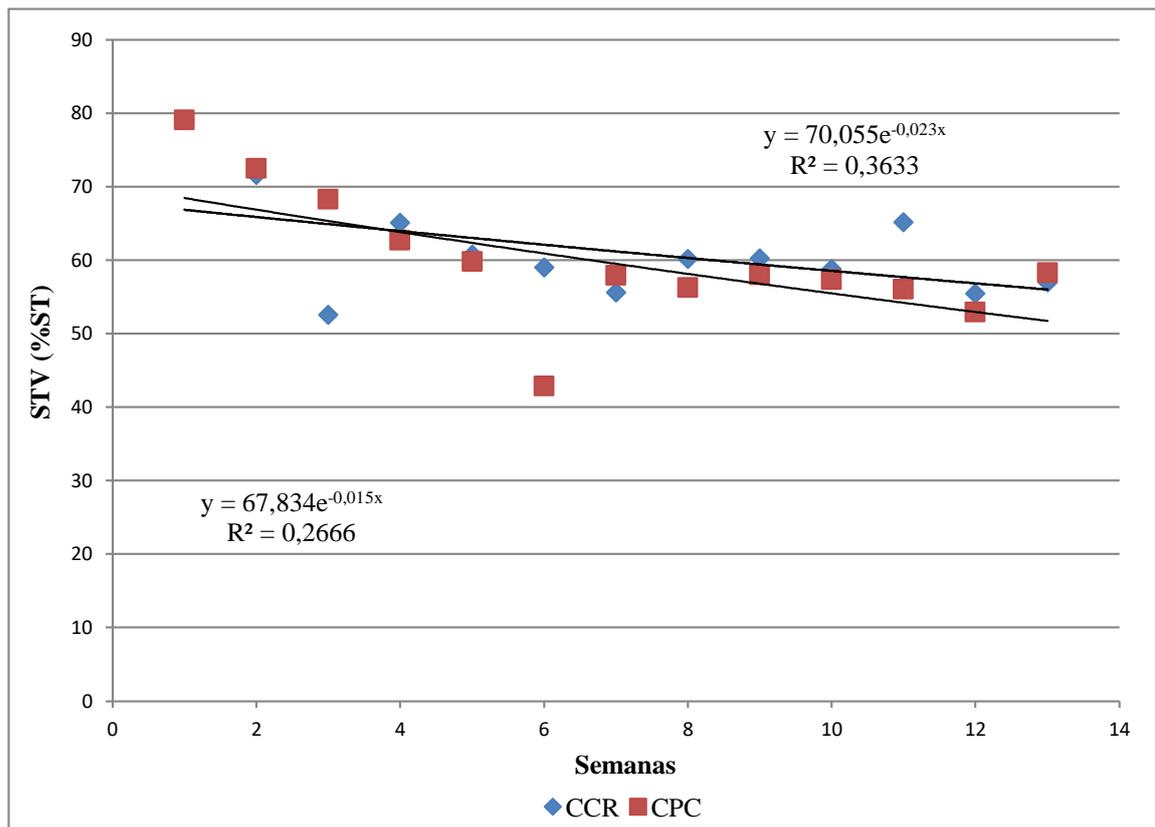
De forma que, os valores de pH em nível básico obtidos no presente estudo não comprometem para a qualidade do processo de compostagem. Segundo Brito (2008) e Lima (2018), essa ocorrência em razão da pequena produção de CO₂, pois, a habilidade de neutralizar altos e baixos valores durante a compostagem se deve a formação de ácido fraco (CO₂) e base fraca (NH₃), sendo difícil encontrar valores fora da faixa de 5,0-8,5.

5.3.4 Sólidos Totais Voláteis – STV

A análise de sólidos totais voláteis foi realizada a fim de acompanhar a degradação de matéria orgânica contida na massa do substrato e a velocidade de estabilização do substrato durante o processo de compostagem (SILVA et al, 2011a).

Na Figura 12 encontram-se os resultados do parâmetro de sólidos totais voláteis ao longo do processo de monitoramento do sistema de compostagem de resíduos sólidos orgânicos domiciliares.

Figura 12. Comportamento da variação temporal do valor de STV (%ST).



Fonte: Dados de pesquisa.

O comportamento da concentração dos sólidos totais voláteis do substrato obtidas em CCR e CPC, apesar de ter certo grau de oscilação nas medições, apresentou uma tendência de decréscimo em função do tempo de monitoramento, mas, 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 1^a e 3^a semanas para CCR e às 1^a e 6^a semanas para CPC, respectivamente, conforme Figura 12.

A ocorrência dessa oscilação pode ser em virtude do problema de amostragem relacionado à heterogeneidade do substrato analisado, sendo que, antes da coleta da amostra, esse substrato passou pelo revolvimento para homogeneização das camadas, fazendo com que possivelmente acontece a coleta de materiais complexos, cuja degradação é mais difícil, conseqüentemente retardada o processo de compostagem, como citam Gomes (2019) e Guermandi (2015).

Enquanto, 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), e demonstra a constituição do conteúdo orgânico facilmente biodegradável, como açúcares, proteínas, lipídios, amido e entre outros no substrato, o que resultou em maior atividade dos organismos presentes, aumentando 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 por organismos, aumentando o total de matéria mineralizada (GUERMANDI, 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, conforme a Figura 12, em virtude de componentes lábeis da matéria orgânica que são degradados por organismos heterotróficos na fase termófila da compostagem, seguindo-se os raciocínios de Cáceres, Floats e Marfa (2006) e Guermandi(2015).

Verificou-se que o percentual médio de redução dos sólidos totais voláteis alcançou 56,95% para CCR e 58,27% para CPC, conforme Figura 12. Em termos comparativos, os dois subsistemas estudados não apresentaram diferença significativa para redução dos sólidos totais voláteis, logo, apresentaram igual tempo de estabilização da matéria orgânica: doze semanas, ou seja, 84 dias, um 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).

5.4 Caracterização Física, Química e Sanitária do Composto Orgânico

A caracterização do composto orgânico produzido no presente estudo 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 helmintos.

Os resultados de análise da qualidade do composto orgânico podem ser vistos na Tabela 7.

Tabela 7. Características físicas, químicas e sanitárias do composto orgânico.

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 nº 25 de 23 de julho de 2009 (BRASIL, 2009) e Instrução Normativa nº 7 de abril de 2016 (BRASIL, 2016).

Fonte: Dados de pesquisa.

Observa-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; BRASIL, 2016), conforme a Tabela 7.

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 no nível de ácido forte fará com que o consumo de oxigênio aumente e terá resultados negativos ao meio ambiente, além de elemento nitrogênio do composto se transforme em amônia, no entanto, em nível de ácido fraco fará com que alguns microrganismos destroem (NASCIMENTO et al., 2017).

Seguindo a conjuntura verificado para pH, exceto ao fósforo e aos sólidos totais, os resultados obtidos para os demais parâmetros enquadram nas especificações exigidas nas instruções normativas nº 25 de 2009 (BRASIL, 2009) e nº 7 de 2016 (BRASIL, 2016).

Porém, os valores médios para fósforo dos dois sistemas se aproximaram ao valor recomendado pelas mesmas normativas (> 1), conforme Tabela 7 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.

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 ovos de helmintos, conforme Tabela 7. 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). Logo, os compostos orgânicos resultantes do tratamento aplicado neste trabalho alcançaram a sanitização, está livre de ovos de helmintos, importante indicador de sanitização conforme Silva (2008).

A constituição do composto orgânico produzido por diferentes tipos de composteiras de compostagem do presente estudo são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8. Composição da massa final obtida por diferentes tipos de composteiras com a 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
Total	144	3,66	13,37	6,09	12,5	31,96	22,77
Média	72	1,84	6,69	3,04	6,25	15,98	22,77

Fonte: Dados de pesquisa.

Observa-se o percentual de transformação dos resíduos sólidos orgânicos domiciliares em compostos orgânicos foi baixo: 24,10% para as composteiras CCR e 21,44% para as composteiras 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 o composto em rejeito entorno de duas e uma vez e meia superior que em farelo e em pó, respectivamente.

Os rejeitos gerados 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 usado 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

Para a elevada porcentagem de rejeito encontrada em CPC no presente estudo, ocorreu possivelmente em razão de menores temperaturas termófilas encontrados. Conforme Ogunwande, Ogunjimi e 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, conforme a Tabela 8. 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.

Para aprofundar e incentivar o conhecimento do condomínio residencial vertical Dona Lindu IV construído ao longo do processo de sensibilização sobre o comportamento dos resíduos sólidos domiciliares, principalmente os orgânicos em relação à crise ambiental, e a estratégia sustentável com investimento nos mesmos resíduos, foi necessário acontecer uma reunião entre pesquisadores e a comunidade geradora dos resíduos sólidos domiciliares naquele condomínio a fim de compartilhar os dados de pesquisa e ao mesmo tempo discutir a problemática dos resíduos sólidos com base desses dados.

No momento em relato, observou-se que a direção do condomínio acolheu positivamente os pesquisadores e os moradores participantes da reunião, em consequência de uma discussão ativa entre todo o sujeito a cerca de importância da Gestão Integrada de Resíduos Sólidos no condomínio.

A comunidade participante da reunião compreendeu a importância do projeto de pesquisa e apontou a necessidade de constante contribuição por parte de todos os atores sociais ligadas à geração dos resíduos sólidos naquele condomínio, por meio da prática de coleta seletiva. De forma que, considerou a pesquisa como uma solução sustentável para a gestão dos resíduos sólidos domiciliares, pois, verificou que a pesquisa em conjunta de coleta seletiva e do sistema de compostagem foi compreendida como um esforço alternativo para a redução de impactos ambientais e sociais causados por mesmos resíduos, além de produzir o composto orgânico viável para a fertilização das plantações.

Cabe destacar que, a sustentabilidade de uma determinada tecnologia depende do amplo processo de Educação Ambiental, como por exemplo, a aplicação da estratégia de sensibilização e mobilização social que possibilitou na discussão do planejamento das atividades necessárias à efetivação das etapas previstas para realização do da pesquisa experimental, propiciou o despertar para os impactos negativos decorrentes da ausência de gerenciamento dos resíduos sólidos domiciliares, proporcionou mudanças na percepção em relação à destinação dada para a parcela orgânica e permitiu a reciclagem da parcela inorgânica e o aproveitamento da parcela orgânica por meio da transformação em composto orgânico (SILVA, 2008).

Além da discussão no momento, foi distribuído diretamente para as famílias participantes da pesquisa presentes na reunião e indiretamente às ausentes na reunião através da direção do condomínio o composto orgânico em pó resultante do presente estudo, com a quantidade de 100 gramas por cada família.

Observou-se que houve mais mudança na percepção da comunidade ao verificarem que os resíduos sólidos orgânicos domiciliares, embora apresentem péssima qualidade sanitária, ao serem coletados adequadamente e submetidos a um tratamento, transformam-se em composto orgânico com características viáveis nutricionais e biológicas para ser usado na agricultura, expressando excelente potencialidade agrônômica.

Cabe ressaltar que, na oportunidade houve a apresentação do projeto de outros pesquisadores para a continuidade de tratamento biológico aeróbio dos resíduos sólidos orgânicos com a coleta no mesmo condomínio, a fim de analisar por comunidade para a sua aprovação. Sendo a função desse tipo de tratamento dos resíduos sólidos orgânicos domiciliares um dos elementos importantes da Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos (SILVA, 2012; SILVA; LEITE, 2008), o participante da reunião aprovou-se tal projeto com a unanimidade na eleição.

Enquanto isso, a parte de composto em farelo e rejeito resultante da presente pesquisa experimental foi utilizada como estruturante naquele novo sistema de compostagem para possibilitar a aeração do meio e servir como fonte de carbono.

Essas características do composto são consideradas como exemplos dos materiais porosos, além de outros materiais, como casca de arroz, os resíduos de Jardim (gramas e folhas), o esterco bovino, serragem, bagaço de cana-de-açúcar, restos de vegetais secos e serragem proveniente de madeira não tratada, evitando a presença dos componentes químicos capazes de inibir a atividade dos organismos decompositores (NASCIMENTO et al., 2017; ROVATI; PESSIN, 2011).

6 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÃO

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 à temperatura termófila.

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 segregação 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 da compostagem e da coleta seletiva baseada em processo de sensibilização como os elementos essenciais no princípio de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, necessitando o estímulo desse tipo de programas e de procedimentos visando à satisfação de qualidade ambiental, uso adequado dos recursos naturais, desenvolvimento econômico e melhoria social.

Em vários lugares de Timor Leste (País do mestrando) e do Brasil, inclusive nos diferentes condomínios verticais, a disposição dos resíduos sólidos domiciliares, principalmente a fração orgânica putrescível se encontra em condições inadequadas, causando uma série de problemas ambientais, econômicas 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.

Diante disso, o presente estudo avaliou o desempenho do tratamento biológico aeróbio aplicado à fração orgânica putrescível dos resíduos sólidos domiciliares gerados em condomínio residencial vertical e como forma de praticar e popularizar os conhecimentos recomenda-se, a implantação da Gestão Integrada de Resíduos Sólidos em tais lugares mencionados anteriormente, principalmente nos diferentes condomínios verticais a fim de

gerenciar os resíduos sólidos gerados desde a fonte geradora até a sua disposição final para minimizar os riscos de contaminação e poluição, a partir de vários elementos essenciais nela envolvidos, como por exemplo, o sistema de coleta seletiva que possibilita a separação adequada desses resíduos e de compostagem que transformam a fração orgânica desses resíduos em composto orgânico com características significantes no que se refere a sua aplicação no setor agrícola. Visto que, o sistema de compostagem é o processo biológico aeróbio de degradação da matéria orgânica contida em restos de alimentos de origem animal ou vegetal, cascas de frutas, folhas, flores, dentre outros.

Sendo assim, os resíduos sólidos orgânicos domiciliares, embora apresentem péssima qualidade sanitária, ao serem submetidos a um tratamento, transformam-se em composto orgânico com características viáveis nutricionais e biológicas para ser usado na agricultura, expressando excelente potencialidade agrônômica.

Para o sistema de coleta seletiva, aconselha-se a aplicação dos questionários à comunidade participante que lida com o processo de geração e separação dos resíduos sólidos para verificar a sua percepção referente à problemática dos resíduos sólidos com mais aprofundamento antes e depois de implantação desse tipo de coleta.

Enquanto ao sistema de compostagem, sugere-se que seja utilizada a composteira capaz de permitir a leira do substrato um pouco mais alta, de forma que a temperatura da fase termófila dure por mais de três dias.

REFERÊNCIAS

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR, 10004: 2004. **Resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004**
- ABRELPE – **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil – São Paulo 2010**: Disponível em: <http://www.wtert.com.br/home2010/arquivo/noticias_eventos/Panorama2010.pdf>. Acesso em: 10 de mar. 2019.
- ABRELPE – **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil – 2010**: Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/panorama_envio.cfm?ano=2016>. Acesso em: 22 de feb. 2019.
- ALCANTARA, A. J. O. **Composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos e caracterização química do solo da área de disposição final do município de Cáceres-MT, Cáceres - MT**, 2010. 88f. Dissertação (Programa de pós-graduação em Ciências Ambientais), Universidade do Estado do Mato Grosso, Cáceres. 2010.
- ANDRADE, R. M; FERREIRA, J. A. A Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil frente às questões da Globalização. **Revista Eletrônica do PRODEMA**, Fortaleza, v. 6, n. 1, p.7-22, mar. 2011.
- APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard methods for the examination of water and wastewater. 22 ed. Washington, DC: APHA-WEF, 2012.
- ARAB, G.; RAZAVIARANI, V.; SHENG, Z.; LIU, Y.; MCCARTNEY, D. Benefits to decomposition rates when using digestate as compost co-feedstock: Part II – Focus on microbial community dynamics. **Waste Management**, V, 68, p.85-95, 2017.
- ARAÚJO, E. C. S.; COSTA, M. P.; NASCIMENTO, C. R.; SILVA, A. V.; SILVA, M. M. P. Estratégias em educação ambiental: contribuições para gestão integrada de resíduos sólidos no âmbito municipal. **Anais**. 29º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. São Paulo-SP: ABES, outubro de 2017.
- ARAUJO, E. C. S. **Organismos que participam das diferentes fases do tratamento aeróbio de resíduos sólidos orgânicos domiciliares, Campina Grande – PB**. 2018. 176f. Dissertação (Mestrado em ciências e tecnologia ambiental) Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande. 2018.
- ARAÚJO, E. C. S.; SILVA, M. M. P.; SILVA, A. V.; SANTOS SOBRINHO, J. B. **Tratamento aeróbio de resíduos sólidos orgânicos domiciliares em sistemas descentralizados móveis**. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2019. Anais do 30º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro-RJ: ABES, 2019.
- BARRINGTON, S.; COINIÈRE, D.; TRIGUI, M.; KNIGHT, W. Effect of carbon source on compost nitrogen and carbono losses. **Journal Bioresource Technology**, Lakeshore, v. 83, n. 3, p.189 – 194, jan. 2002
- BEIGL, P.; LEBERSRGER, S.; SALHOFER, S. **Modelling municipal solid waste generation: review**. Vienna, Austria: Institute of Waste Management, Department of Water,

Atmosphere and Environment, BOKU – University of Natural Resources and Applied Life Sciences, 2008.

BERNAL, M. P.; ALBUQUERQUE, J. A.; MORAL, R. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. **Bioresource Technology**, v. 100, n. 22, p. 5444 – 5453, nov. 2009.

BRASIL. **Política Nacional do Meio Ambiente**. Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981.

BRASIL. **Resolução 001/1986 do CONAMA**. Estabelece definições, responsabilidades, critérios básicos e as diretrizes gerais para implementação da Avaliação de Impacto Ambiental. Brasília-DF: CONAMA, 23 de janeiro de 1986.

BRASIL. **Política Nacional de Educação Ambiental**. Lei 9.795 de 27 de abril de 1999.

BRASIL. Programa de ação nacional de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca; PAN-BRASIL. Ministério do Meio Ambiente; Secretária dos Recursos Hídricos. Brasília-DF: Diário Oficial da União, p. 207, 2005.

BRASIL. **Fundação Nacional de Saúde**. Manual de saneamento. 3. ed. rev. - Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2007.

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.

BRASIL. Lei nº 12305 de 02 de agosto de 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**. Brasília, DF, 2010.

BRASIL. Manual para Implantação de Compostagem e de Coleta Seletiva no Âmbito de Consórcios Públicos. Ministério do Meio Ambiente – MMA, Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. Melhoria da gestão ambiental urbana no Brasil. Brasília-DF, 2010. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/>>. Acesso em: 10 de out. 2019.

BRASIL. Plano Nacional de Resíduos sólidos. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, 2012.

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

BRITO, M. J. C. **Processo de compostagem de resíduos urbanos em pequena escala e potencial de utilização do composto como substrato, Aracaju - SE**. 2008. 124f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Tiradentes, Aracaju, 2008.

BÜTTENBENDER, S. E. **Avaliação da compostagem da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos provenientes da coleta seletiva realizada no município de Angelina/SC, Angelina - SC**, 2004. 123f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2004.

CÁCERES, R.; FLOTATS, X.; MARFÀ, O. Changes in the chemical and physicochemical properties of the solid fraction of cattle slurry during composting using different aeration strategies. **Waste Management**, New York, v.26, n.10, p.1081-1091, 2006. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0956053X05001911>>. Acesso em: 12 jan. 2015.

CAMPINA GRANDE. **Lei Municipal 4900/2010** – obrigatoriedade da coleta seletiva para condomínios residenciais, dentre outros, com mais de 30 unidades individuais. Campina Grande: Gabinete do Prefeito. 14 de janeiro de 2010.

CAMPINA GRANDE. **Lei Complementar 087/2014**. Política Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. Campina Grande, 2014.

CAVALCANTE, L. P. S.; SILVA, M. M. P. Influência da organização de catadores de materiais recicláveis em associação para melhoria da saúde e minimização de impactos socioambientais. **Revista Monografias Ambientais**, Santa Maria, v. 14, n. 1, p. 01-13, 2015.

CERDA, A.; ARTOLA, A.; FONT, X.; BARRENA, R.; GEA, T.; SÁNCHEZ, A. Composting of food wastes: Status and challenges. **Bioresource Technology**, v. 248, p. 57–67, jan. 2018.

CERRI, C. E. P. Compostagem. Piracicaba, 2008. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Compostagem_000fhc8nfqz02wyiv80efhb2adn37yaw.pdf>. Acesso em: 04/01/2020.

CHANDNA, P.; NAIN, L.; SINGH, S.; KUHAD, R. C. Assessment of bacterial diversity during composting of agricultural byproducts. **BMC Microbiology**, New Delhi, v.13, n.1, may 2013.

CHRONI, C.; KYRIACOU, A.; MANIOS, T.; LASARIDI, K. E. Investigation of the microbial community structure and activity as indicators of compost stability and composting process evolution. **Bioresource Technology**, Oxford, v. 100, n. 15, p. 3745–3750, aug. 2009.

CHUKWUDI O.; ONWOSI V. C.; IGBOKWE J. N.; ODIMBA I. E. EKE MARY O.; NWANKWOALA I. N.; IROH L. I. E. Waste stabilization composting technology: on methods, challenges and future perspectives. **Journal of Environmental Management**, 2016.

CORDEIRO, N. M. **Compostagem de Resíduos Verdes e Avaliação da Qualidade dos Compostos Obtidos - Caso de Estudo da Algar S.A.** 2010. 102f. Dissertação (mestrado em Engenharia do Ambiente) - Instituto Superior de Agronomia, Lisboa. 2010.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. Avaliação e Perícia ambiental. – Rio de Janeiro; Bertrand Brasil, 1999. 266p.

DANTAS, M. T. N. S. **Gestão de resíduos sólidos em condomínio vertical: possibilidades e desafios, Campina Grande – PB.** 2017. 104f. Dissertação (Mestrado em ciências e tecnologia ambiental) Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande. 2017.

DANTAS, Manoel Thiago Nogueira da Silva; SILVA, Monica Maria Pereira; LEITE, Valderi Duarte. **Possibilidades na Gestão de resíduos sólidos em condomínio vertical**. In: SILVA, Helenton Carlos (org.). Engenharia Hidráulica e Sanitária. Ponta Grossa-PR: Atena Editora, p. 177-189. 2019

DHOKHIKAH, Y.; TRIHADININGRUM, Y. Solid waste management in Asian developing countries, 2012. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/284942823%0ASolid>>. Disponível em: 04 feb. 2020.

EJAZ, N.; AKHTAR, N.; NISAR, H.; ALI NAEEM, U. Environmental impacts of improper solid waste management in developing countries: a case study of Rawalpindi City. **WIT Transactions on Ecology and the Environment**, Inglaterra. v. 142, n. 9, p. 379 – 387, 2010.

FAGUNDES, D. C. Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos em Tarumã e Teodoro Sampaio – SP. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 21, n. 2, p. 159-179, ago. 2009.

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: 15 de jun. 2019.

FERREIRA, C. M. A. **Catramare: Estudo sobre as atividades desenvolvidas pelos catadores(as) na cidade de Campina Grande-PB**. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande. 2010.

GADOTTI, M. **Perspectivas atuais da educação**. Porto Alegre: Artmed, 294p., 2000.

GODECKE, M. V.; NAIME, R. H.; FIGUEIREDO, J. A. S. O Consumismo e a Geração De Resíduos Sólidos Urbanos No Brasil, **Rev. Elet. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 8, n. 8, p. 1700-1712, dez. 2012. Disponível em: <https://mail.google.com/mail/u/0/#search/mangabeiraleite%40gmail.com?projector=1>.

GOLDIN, A. Reassessing the use of loss-on-ignition for estimating organic matter content in noncalcareous soils. *Commun. Journal Communications in Soil Science and Plant Analysis*, Vancouver, v. 18, n. 10, p. 1111-1116, 1987.

GRAGER A. A. B. Infecciones por enterobacterias. **Elservier**, v.8, p. 3385-3397, 2002.

GOMES, A. P. O. **Monitorização de uma instalação laboratorial de compostagem**. 2011. 77f. Dissertação (Mestrado integrado em Engenharia Química) – Universidade de Coimbra. 2011.

GOMES, R. B.; SILVA, M. M. P.; OLIVEIRA, W. S. Formação em educação ambiental para uma gestão integrada de resíduos sólidos em Juazeirinho – PB. In: NERY, L. F. Diálogos e experiência no município de Juazeirinho – PB. Queimadas: Copias e Papeis, 2017. p. 189-218.

GOMES, I. **Comportamento de enterobactérias em sistemas de tratamento aeróbio descentralizado de resíduos sólidos orgânicos domiciliares**. 2019. 129f. dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental/UEPB). Campina Grande-PB: UEPB, 2019.

GRAGERA, A. B. Infecciones por enterobacterias. **Elsevier**, Barcelona, v.8, p. 3385-3397, 2002.

GUERMANDI, J. I. **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 Paulo/SP**. 2015. 181p. (Mestrado em engenharia hidráulica e saneamento) – Universidade de São Paulo, 2015.

GUIDONI, L. L. C.; BITTENCOURT, G.; MARQUES, R. V.; CORRÊA, L. B.; CORRÊA, É. K. Compostagem domiciliar: implantação e avaliação do processo. **TECNO-LÓGICA**, Santa Cruz do Sul, v. 17, n. 1, p. 44-51, jan. 2013.

HAMILTON, S. F.; THOMAS, W. P.; SUNDING, D.; ZILBERMAN, D. Environmental policy with collective waste disposal. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 66, n. 2, p. 337–346, sep. 2013.

HASHEMI, H.; ABBASI, F.; SAMAEI, M. R.; & KHODADADI, H. Determination of Fungi Species Variety in Thermal Phases of Compost Production and Related Operational Parameters. **Journal of Environmental Engineering**, v. 144, n.8, Aug. 2018.

HASSEN, A.; BELGUITH, K.; JEDIDI, N.; CHERIFIF, A.; CHERIF, M.; BOUDABOUS A. Microbial characterization during composting of municipal solid waste. **Bioresource Technology**, v. 80, n. 3, p. 217-225, 2001.

HOORNWEG, D.; BHADA-TATA, P. A Global Review of Solid Waste Management. Washington. **Urban Development Series – Knowledge Papers, Wasshintong**, n.15, 2012. Disponível em: <www.worldbank.org/urban>. Acesso em: 5 out. 2019.

IBAM. **Manual gerenciamento Integrado de resíduos sólidos**, 2011.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, p. 59-60, Rio de Janeiro, 2010.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2016. Campina Grande – PB. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/campina-grande/panorama>>. Acesso em: 13 de nov. 2019.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. População, 2019. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/campina-grande/panorama>>. Acesso em: 04 mar. 2020.

IPEA - INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA E ADMINISTRATIVA. **Dados sobre a reciclagem no Brasil e a forma de organização dos trabalhadores desse segmento**. 2017. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=29296>. Acesso em: 04 mar. 2019.

JOCOCI, R. P.; BESEN, G. R. **Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade**. Revista Estudos avançados. v. 25, n.71, p. 135-158, abril 2011.

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem**. Piracicaba: Editora Ceres, 1998.

KIEHL, E. J. **Manual da compostagem: Maturação e qualidade do composto**. 4 ed. Piracicaba: Degaspari, 2004.

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.

KYTE, R. Foreword. *What a Waste: a Global Review of Solid Waste Management*, Washington, v.15, p. 7, março 2012.

LACAZ, C.S.; PORTO, E.; MARINS, J.E.C.; HEINS-VACARRI, E.M.; MELLO, N.K. *Tratado de micologia médica Lacaz*. 9.ed. São Paulo: Sarvier, 2002. 1104p.

LEFF, E. **Ecologia, capital e cultura: a territorialização da racionalidade ambiental**. Petrópolis, Rio de Janeiro: Vozes, 439p., 2009.

LEITE, V. D.; DANTAS, A. M. M.; PRASAD, S.; LOPES, W. S.; ATHAYDE JÚNIOR, G. B.; SOUSA, J. T. Comportamento dos Sólidos Totais em Reator Anaeróbio Tratando Resíduos Sólidos Orgânicos. *Anais. XXVIII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental*. Cacún. Mexico. 2002.

LEITE, V. D.; SILVA, S. A.; SOUSA, J. T.; MESQUITA, E. M. N. Análise qualitativa 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.

LEVY, J. Q.; CABEÇAS, A. J. *Resíduos Sólidos Urbanos - Princípios e Processos*. Lisboa, 1ª Edição, 2006.

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

MACHADO, C. F. **Avaliação da presença de microrganismos indicadores de contaminação e patogênicos em líquidos lixiviados do aterro sanitário de belo horizonte**. 2004. 140f. Dissertação (Programa de Pósgraduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2004.

MAIA, H. J. **Gestão integrada de resíduos sólidos para geração de renda e valorização de catadores de materiais recicláveis organizados em associação, Campina Grande – PB**. 2013. 85f. Dissertação (Mestrado em recursos naturais) Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2013.

MAIA, H. J. L.; FREITAS, J. P.; ALENCAR, L. D.; CAVALCANTE, L. P. S.; BARBOSA, E. M. Legislação ambiental da Paraíba: contribuições à gestão integrada de resíduos sólidos. **Revista Monografias Ambientais**, Santa Maria, v.14, n.1, p.14-19, 2015.

- MALAVOLTA, E; GOMES, P. F; ALCARDE, J. C. **Adubos e Adubações. 1. ed.** São Paulo: Nobel, 2002.
- MANNARINO, C. F.; FERREIRA, J. A.; GONDOLLA, M. Contribuições para a evolução do gerenciamento de resíduos sólidos urbanos com base na experiência Européia. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v.21, n.2, p.379-385, 2016.
- MARCONI; M. A; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica.** 6° ed, São Paulo: Atlas, 2007.
- Mcnelly, J. J. Recirculating composting system. **US Patent B2**, v.6, p. 524-848, 25 feb. 2003.
- MEHTA, C. M.; PALNI, U.; FRANKE-WHITTLE, I. H.; SHARMA, A. K. Compost: Its role, mechanism and impact on reducing soil-borne plant diseases. **Waste Management**, New York, v. 34, n. 3, p. 607-622, mar. 2014.
Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2013.11.012>>. Acesso em: 12 Dec. 2014.
- 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.
- MIRANDA, R. N. Direito ambiental – 2. ed. – São Paulo: Rideel, 2010.
- MONDELLI, G.; GIACHETI, H. L.; HAMADA, J. 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**, v.21, n.1, p. 169-182, jan/mar. 2016.
- 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.
- 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. Anais do 29° Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro: ABES, 2017.
- NEHER, D. A.; WEICHT, T. R.; BATES, S. T.; LEFF, J. W.; FIERER, N. Changes in bacterial and fungal communities across compost recipe, preparation methods and composting times. **Journal PLoS ONE**, Washington, v.8, n.11, nov. 2013.
- NEKLYUDOV, A.D.; FEDOTOV, G.N.; IVANKIN, A.N. Intensification of composting processes by aerobic microorganisms: a review. **Applied Biochemistry and Microbiology**. Russia, v.44, n.1, p.6-18, 2008.
- NEVES, David Pereira. **Hymenolepis nana; capítulo 27.** In NEVES, David Pereira; MELO, Alan Lane; LINARDI, Pedro Marcos; VITOR, Ricardo W. Almeida. Parasitologia Humana. 11ª ed. São Paulo-SP: Atheneu, 2005. 494 p.

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

ODUM, E.; BARRET, G. W. **Fundamentos da ecologia**. 5. Ed. São Paulo: Thomson Learning, 2007. 612 p.

OGUNWANDE, G. A.; OGUNJIMI, L. A. O.; FAFIYEBI, J. O. Effects of turning frequency on composting of chicken litter in turned windrow piles. *International Agrophysics*, v. 22, p. 159-165, 2008.

OLIVEIRA, J. F. S.; Mendes, B.; Lapa, N. *Resíduos-Gestão, Tratamento e Sua Problemática em Portugal* (Lidel-Ed). Lisboa – Portugal, (2009).

OLIVEIRA NETO, R.; SOUZA, L. E.; PETTER, C. O. Avaliação da gestão integrada de resíduos sólidos urbanos no Brasil em comparação com países desenvolvidos. *Remoa*, v. 13, p. 3702-3712, 2014.

OLIVEIRA FILHO, J.; CAMARA, C.; SOUSA, T.; CRUZ; EGEA, M.; FALCÃO, H.; SILVA, E. Caracterização microbiológica do processo de compostagem de resíduos orgânicos em pequena escala. *Colloquium Agrariae*, América do Norte, v.13, n. 2, p. 130-136, jan. 2018.

PED – **Plano Estratégico de Desenvolvimento 2011 – 2030 de Timor Leste**: Disponível em: <http://timor-leste.gov.tl/wp-content/uploads/2012/02/Plano-Estrategico-de-Desenvolvimento_PT1.pdf>. Acesso em: 07 jan. 2019.

REIS, M. F.P.; REICHERT, G. A.; BRITO, M. J. P. Segregação na Origem: uma solução para a qualificação do composto produzido em unidade de triagem e compostagem de resíduos sólidos. **In XXVII CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**, Porto Alegre, 2000, Artigo: Porto Alegre-RS, ABES 2000.

REIS, M. F. P. **Avaliação do processo de compostagem de resíduos sólido urbanos**. 2005. 239f. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto alegre, 2005.

ROSENFELD, P. E.; HENRY, C. L. Wood and ash control of odor from biosolids application. *Journal of Environmental Quality*, San Diego, v. 29, n. 5, p. 1662-1668, sep. 2000.

ROVATTI, D.; PESSIN, N. Análise da Viabilidade de Implantação de Um Sistema de Compostagem de Biosólidos Utilizando Resíduos da Indústria Moveleira. In 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Anais. Porto Alegre – RS: ABES. 25 a 29 de setembro de 2011.

RUSCHEL, C. B. V. **Compostagem de resíduos vegetais por diferentes métodos de aeração**. 2013. 60f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alagre, 2013.

RUSSO, M. A. T. **Tratamento de resíduos sólidos**. 2003. 196f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade de Coimbra, Coimbra, 2003.

SANCHES, S. M.; SILVA, C. H. T. P.; VESPA, I. C. G.; VIEIRA, E. M. A Importância da Compostagem para a Educação Ambiental nas Escolas. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 23, p. 10-13, mai. 2006.

SÁNCHEZ, L. E. Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos. 2ª ed. São Paulo: **Oficina de Textos**, 2013.

SÁNCHEZ, Ó. J.; OSPINA, D. A.; MONTOYA, S. Compost supplementation with nutrients and microorganisms in composting process. **Waste Management**, New York, v. 69, p. 136-153, 2017.

SANDY, C.; FEACHEM, R. G. Environmental health engineering in tropics. 2nd ed. New York, 1993.

SANTOS, J. G. R.; SANTOS, E.C. K.R. **Matéria orgânica do solo**. In: Agricultura orgânica: Teoria e prática. Campina Grande-PB: EDUEP, 2008. Cap. 2, p.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**. 2016. 103f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 2016.

SARANRAJ, P.; STELLA, D. Impact of sugar mill effluent to the environment. **A Rev. World Applied Science Journal**, Tamil Nadu, v. 30, n. 3, p. 299-316, 2014.

SESUMA. Secretaria de Serviços Urbanos e Meio Ambiente. Plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos do município de Campina Grande: PMGIRS Campina Grande. **Diagnóstico da situação atual dos resíduos sólidos urbanos gerados no município de Campina Grande**. Campina Grande, 2014. Cap. 7, item 7.4, p.132.

SHEN, Z.; ZHONG, S.; WANG, Y.; WANG, B.; MEI, X., LI, R.; RUAN, Y.; SHEN, Q. Induced soil microbial suppression of banana fusarium wilt disease using compost and biofertilizers to improve yield and quality. **European Journal Soil Biology**, V, 57, p. 1–8, 2013.

SILVA, M. M. P. **Estratégias em educação ambiental**. 2000. 121f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente/PRODEMA) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2000.

SILVA, M. M. P. Percepção ambiental dos educadores de biologia. XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Anais**. Porto Alegre, 2000a.

SILVA, M. M. P.; LEITE, V. D. Percepção de relação ser humano e meio ambiente de educadores do ensino fundamental da cidade de Campina Grande/PB. In CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL 21. 2001, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa-PB: ABES, 2001.

SILVA, M. M. P.; LEITE, V. D. Estratégias para realização de Educação Ambiental em escolas do ensino fundamental. **Revista eletrônica de Mestrado em Educação Ambiental**, Rio Grande, v. 20, 2008.

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**. 2008a. 219f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2008a.

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**, Rio de Janeiro-RJ: ABES, v.13, n.01, p. 88-96, jan/mar, 2008.

SILVA, M. M. P. **Sistema de tratamento descentralizado de resíduos sólidos orgânicos domiciliares para Campina Grande-pb; uma contribuição para sustentabilidade territorial**. Projeto (Programa de Iniciação Científica- Quota 2009-2010) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2009.

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**, Mossoró, v. 23, n.2, p.87-92, 2010.

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: 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Anais**. Porto Alegre – RGS: ABES. 25 a 29 de setembro 2011.

SILVA, M. M. P.; OLIVEIRA, S. C. A.; OLIVEIRA, A. G. Sensibilização e formação para empoderamento de tecnologias de resíduos sólidos orgânicos domiciliares em Santa Rosa, Campina Grande – PB. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 26, 2011b, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ABES, 2011b.

SILVA, M. M. P.; SOUSA, J. T.; CEBALLOS, B. S. O.; ARAÚJO, E. A.; LEITE, V. D. 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, 2011e.

SILVA, Monica Maria Pereira. **Manual teórico metodológico de Educação Ambiental**. ISBN 978 85 62198-8. Campina Grande-PB: Maxgraf Ltda., 2016. 174 p.

SILVA, J. B.; MENDES, A. T. Mundo Sustentável 2: novos rumos para um planeta em crise. São Paulo: Globo, 2012. **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, Rio Grande, v. 34, n.1, p. 330-336, jan/abr., 2017.

SILVA, Monica Maria Pereira. **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, 2020. 233 p.

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. 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**, v.6, n.5, p.31402-31428, 2020.

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. Prevalência de helmintos em resíduos sólidos orgânicos domiciliares; um risco à saúde ambiental e humana. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 5, p. 28689-28702, 2020a.

SILVA, Monica Maria Pereira; LIMA, Roseane Araújo; GOMES, Rosilene Barros; MENDES, Raniele Araújo; SANTOS SOBRINHO, José Belarmino; ARAUJO, Elaine Cristina dos Santos; LIMA, Vanderlânea Galdino da Silva; BARBOSA, Giceli Ferreira. Educação ambiental: ferramenta indispensável à gestão municipal de resíduos sólidos. **Brazilian Journal of Development**. ISSN 2525-8761, v. 6, n.5, p. 28743-28757, 2020b.

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**. São Paulo, n. 3, p. 449-461, set. 2006.

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

SOUZA, F. T. **Participação popular na gestão integrada dos resíduos sólidos orgânicos: experiências na Paraíba**. 2013. 218f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2013.

SUESS, R. C.; BEZERRA, R. G.; SOBRINHO, H. C. Percepção Ambiental de Diferentes Atores Sociais Sobre o Lago do Abreu em Formosa—GO. **HOLOS**, v. 6, p. 241-258, 2013. Disponível em: [ile:///C:/Users/lu/Documents/ESTRADO/Novo %20Projeto/corre%C3%A7%C3%B5es/1287-5844-3-PB%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/lu/Documents/ESTRADO/Novo%20Projeto/corre%C3%A7%C3%B5es/1287-5844-3-PB%20(1).pdf). Acesso em: 15 ago. 2018.

SUNDBERG, C.; FRANKE-WHITTLE, I. H.; KAUPPI, S.; YU, D.; ROMANTSCHUK, M.; INSAM, H.; JÖNSSON, H. Characterisation of source-separated household waste intended for composting. **Bioresource Technology**, v. 102, n. 3, p. 2859-2867, 2010.

TEIXEIRA, L. B.; GERMANO, V. L. C.; OLIVEIRA, R. F; FURLAN, J. R. J. Processo de Compostagem Usando Resíduos das Agroindústrias de Açaí e de Palmito do Açaizeiro. **Circular Técnica**, Belém, 2005, p. 01-06. Disponível em: <http://google.com.br/>. Acesso em: 10/06/2014.

Timor Leste. Meio ambiente. Artigo nº 61 de 20 de maio de 2002.

Timor Leste. Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos em Timor-Leste. Decreto-Lei nº 2/2017, de 22 de março de 2017.

TRIGO, L. G. G. **Turismo. Como aprender, como ensinar.** – 3ª ed.- São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2003.

TRAUTMANN, N. M.; KRASNY, M. Composting in the classroom: scientific inquiry for high school students. 126p. 1997.

UNESCO – Organização das nações unidas para educação, ciência e cultura. **Educação ambiental, situação espanhola e estratégia internacional.** *In:* Congresso internacional unesco/pnuma sobre la educacion y la formacion ambientales, Moscou: DGMA-MOPU, 1987. v.44, n. 1, p.6-18, 2008.

VALENTE, B. S.; XAVIER1, E. G; MORSELLI, T. B. G. A.; JAHNKE, D.S.; BRUM JR.; CABRERA, B. R. P.; MORAES, P. O.; E LOPES, D. C. N. Fatores que Afetam o Desenvolvimento da Compostagem de Resíduos Orgânicos. **Archivos Zootecnia**, v. 58, p.59-85, 2009.

WAGNER, A. G; BELLOTTO, V. R. Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário: Análise Econômica de Alternativas para Municípios Litorâneos - Estudo de Caso – Balneário Camboriú e Itajaí (SC), Brasil. **Rev. Gestão Costeira Integrada**, v. 6, n. 1, p. 93-108, 2008.

YANG, X; WANG, H. Pathogenic E. coli. Canada: **Elsevier**, v.1, p.695-701. 2014.

WANG, X.; CUI, H.; SHI, J.; ZHAO, X.; ZHAO, Y.; WEI, Z. Relationship between bacterial diversity and environmental parameters during composting of different raw materials. **Bioresource Technology**, v.198, p.395-402, 2015.

WANG, K.; YIN, X.; MAO, H.; CHU, C.; & TIAN, Y. Changes in structure and function of fungal community in cow manure composting. **Bioresource Technology**, v. 255, p. 123–130, 2018.

WHO: WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Investing to overcome the global impact of neglected tropical diseases.** Third who report on neglected tropical diseases. Document production services, Geneva, Switzerland, 2015.

WU, J.Q.; ZHAO, Y.; QI, HS.; ZHAO, X,Y.; YANG, T.X.; DU, Y.Q.; ZHANG, H.; WEI, Z.M. Identifying the key factors that affect the formation of humic substance during different materials composting. **Bioresource Technology**, v, 244, n. 1, p.1193-1196, 2017.

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: ABES, 1999.

ZHANG, X.; CAO, Y.; TIAN, Y.; LI, J. Short-term compost application increases rhizosphere soil carbon mineralization and stimulates root growth in long-term continuously cropped cucumber. **Scientia. Horticulturae.** V, 175, p. 269–277, 2014.

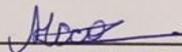
ANEXOS

Anexo 1 – Termo de Cessão de Direitos e Autorização de Uso de Imagem.

TERMO DE CESSÃO DE DIREITOS E AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM

Eu, Maria Cristina Cardoso de Oliveira, autoriza o pesquisador ANTÔNIO FRAGA FREITAS a utilizar imagens do *Condomínio Dona Lindú IV* para fins acadêmicos relacionados à Dissertação do Mestrado: *Tratamento aeróbio de resíduos sólidos orgânicos gerados em condomínio vertical; estratégia à sustentabilidade territorial*. Mas, é necessário o devido cuidado para não ferir a honra e dignidade dos moradores, bem como não por em risco a saúde dos mesmos.

Campina Grande, 09 de fevereiro de 2019.



Maria Cristina Cardoso de Oliveira
Síndica

Anexo 2 – Imagens Referentes à pesquisa.



APÊNDICE

Apêndice 1 – Material de Apoio na Sensibilização.

Tipos de resíduos sólidos domiciliares

Recicláveis secos: materiais que podem ser reutilizados e/ou reciclados que conforme legislação ambiental devem ser entregues separados e higienizados aos catadores de materiais recicláveis. Estes após triagem encaminham ao setor produtivo (indústria), evitando que se transformem em lixo, diminuindo desse modo, vários impactos ambientais negativos.



Recicláveis úmidos: materiais orgânicos que devem separados dos demais resíduos sólidos e tratados, especialmente por meio da compostagem. Deste tratamento resulta um composto estabilizado e higienizado viável ao uso agrícola em jardins e hortas.



Não recicláveis (lixo ou rejeitos): materiais que não podem ser reutilizados e/ou reciclados, logo, não podem ser entregues aos catadores de materiais recicláveis. Devem ser encaminhados à coleta municipal, e consequentemente, ao aterro sanitário. São exemplos de resíduos sólidos não recicláveis: absorventes, fraldas descartáveis, papéis sanitários, dentre outros.

Como podemos reverter a problemática referente aos resíduos sólidos no Condomínio Residencial Dona Lindu IV?

Para reverter o cenário negativo referente ao manejo de resíduos sólidos gerados no Condomínio Residencial Dona Lindu IV, de acordo com Silva (2016), é necessário implantar a gestão integrada de resíduos sólidos (**GIRES**).

GIRES compreende um conjunto de estratégias que permite reduzir os impactos negativos em decorrência da geração de resíduos sólidos, tais como: coleta seletiva na fonte geradora, repasse aos catadores de materiais recicláveis dos resíduos sólidos recicláveis secos e o tratamento da parcela orgânica por meio de compostagem associado à Educação ambiental.

Como você pode ajudar?

Você pode ajudar selecionando os seus resíduos sólidos na fonte geradora (no seu próprio apartamento) em três grupos: recicláveis secos, recicláveis úmidos e não recicláveis.

Os recicláveis secos requerem higienização para evitar contaminação e favorecer o acondicionamento semanal, porque os catadores de materiais recicláveis recolhem estes materiais uma vez por semana.

Com a seleção na fonte geradora é possível destinar e dispor de forma correta os resíduos sólidos produzidos no Condomínio.

Desenhos: Larissa Macena
Fotos: Monica Maria
Fonte: Autores

Projeto: Gestão de Resíduos Sólidos no Condomínio Residencial Dona Lindu IV, Campina Grande-PB



Autor do Projeto
 António Fraga Freitas
 (mestrando/PPGCTA/UEPB)

Orientador
 Prof. Dr. Valderi Duarte Leite (PPGCTA/UEPB)

Coorientadora
 Profa. Dra. Monica Maria Pereira da Silva

Contamos com sua colaboração para promover saúde e melhor qualidade ambiental!

Ativar o Wi
Acesse Configu

Problemática dos resíduos sólidos

A questão dos resíduos sólidos é um problema socioambiental que a modernidade enfrenta, pois, grande parte de sua produção não tem destinação e disposição corretas. Muitos recursos aproveitáveis são desperdiçados e enterrados!

Simonetto e Borenstein (2007) em pesquisa realizada em diferentes estados brasileiros constataram que os programas de coleta seletiva instalados nos municípios, usualmente, funcionam de forma ineficiente.

Segundo Silva (2016), a destinação e disposição de resíduos sólidos sem a separação e higienização prévias (coleta seletiva) provocam vários impactos negativos, dentre os quais, transformação de recursos naturais em lixo, favorecimento de criadouros do mosquito *Aedes aegypti*, diferentes tipos de poluição, uso e ocupação indevida do solo, prejuízos ao exercício profissional dos catadores de materiais recicláveis e aumento dos riscos à saúde dos trabalhadores que lidam direta e indiretamente com estes resíduos.

Em Campina Grande, de acordo com Silva (2016), apenas 10% dos resíduos sólidos gerados constituem realmente lixo (não recicláveis ou rejeitos).

Cenário em Campina Grande-PB

A Secretaria de Serviços Urbanos e Meio Ambiente (CAMPINA GRANDE, 2014) estima que é gerada diariamente a média de 580,29 toneladas de resíduos sólidos urbanos em Campina Grande-PB.

Os resíduos sólidos produzidos em Campina Grande são encaminhados misturados ao aterro sanitário privado localizado no Sítio Estreito, Distrito de Catolé de Boa Vista.

Destacamos que não são dispostos no referido aterro sanitário os resíduos sólidos recicláveis entregues aos catadores de materiais recicláveis que atuam em Campina Grande em associação e cooperativas, ou mesmo na informalidade.

Cenário no Condomínio Residencial Dona Lindu IV

No Condomínio Residencial Dona Lindu IV, conforme a nossa pesquisa, é gerada diariamente a média de 200,95 kg de resíduos sólidos, resultando na produção média *per capita* de 0,858 kg/apto.dia e 0,286 kg/hab.dia.

Seguindo o perfil de outros geradores de Campina Grande, estes materiais são encaminhados ao aterro sanitário sem seleção prévia, exceto parte dos resíduos sólidos orgânico recolhida por uma senhora para alimentação animal.

Compostagem dos recicláveis úmidos (orgânicos)

O material orgânico, proveniente da cozinha e das plantas ornamentais do prédio, pode ser tratado e convertido em adubo, para ser utilizado pelos próprios moradores em suas plantas domésticas ou nas áreas comuns do condomínio.

Casca de frutas e verduras
Folhas
Sobras de comida



Compostagem
Adubo orgânico

Papel
Papelo
Plástico
Metal
Vidro



Coleta
Reciclagem

Papel higiênico
Fraldas descartáveis



Coleta municipal
Aterro sanitário

Quais são os benefícios da GIRES?

- ✓ Redução do desperdício de recursos naturais e possibilidade de retorno de matéria prima ao ciclo produtivo;
- ✓ Maior vida útil dos aterros;
- ✓ Diminuição dos impactos ambientais negativos e consequentes efeitos nocivos ao ser humano;
- ✓ Valorização social através da geração de fonte de renda dos catadores de materiais recicláveis;
- ✓ Saúde Ambiental e Humana

Ativar o Wi
Acesse Configu