

INSTITUTO FEDERAL
GOIANO
Câmpus Rio Verde

BACHARELADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

**USO DA COMPOSTAGEM COMO FERRAMENTA DE
EDUCAÇÃO AMBIENTAL EM ESCOLA PÚBLICA DE RIO
VERDE-GO**

TAIS INÁCIO DA SILVA

Rio Verde – GO

Janeiro, 2020

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
BACHARELADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL**

**USO DA COMPOSTAGEM COMO FERRAMENTA DE EDUCAÇÃO
AMBIENTAL EM ESCOLA PÚBLICA DE RIO VERDE-GO**

TAIS INÁCIO DA SILVA

Trabalho de Curso apresentado ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Prof(a). Me. Andriane de Melo Rodrigues

Rio Verde – GO

Janeiro, 2020

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

Silva, Taís
SS1586 USO DA COMPOSTAGEM COMO FERRAMENTA DE EDUCAÇÃO
u AMBIENTAL EM ESCOLA PÚBLICA DE RIO VERDE-GO / Taís
Silva;orientador Andriane Rodrigues. -- Rio Verde,
2020.
49 p.

Monografia (em Engenharia Ambiental) --
Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2020.

1. Adubo orgânico . 2. desenvolvimento
sustentável. 3. vermicompostagem. 4. resíduos
orgânicos. 5. resíduos recicláveis. I. Rodrigues,
Andriane, orient. II. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

<input type="checkbox"/> Tese	<input type="checkbox"/> Artigo Científico
<input type="checkbox"/> Dissertação	<input type="checkbox"/> Capítulo de Livro
<input type="checkbox"/> Monografia – Especialização	<input type="checkbox"/> Livro
<input checked="" type="checkbox"/> TCC - Graduação	<input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento
<input type="checkbox"/> Produto Técnico e	Educacional - Tipo:

Nome Completo do Autor: Tais Inácio da Silva
Matrícula: 20131.02200740048

Título do Trabalho: Uso da compostagem como ferramenta de educação ambiental em escola pública de Rio Verde – GO

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIIF Goiano: 02/02/2020

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde, 23/01/2020.

Tais Inácio da Silva
Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Cliente e de acordo:


Caroline de Melo Rodrigues
Assinatura do(a) orientador(a)

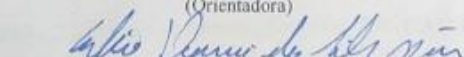
ATA DE DEFESA DO TRABALHO DE CURSO (TC)

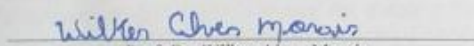
ANO	SEMESTRE
2020	1

No dia 23 do mês de janeiro de 2020 às 8h30min, reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes, Andriane de Melo Rodrigues, Wilker Alves Morais e Édio Damásio da Silva Júnior, para examinar o Trabalho de Curso intitulado: Uso da compostagem como ferramenta de educação ambiental em escola pública de Rio Verde – GO, da acadêmica Tais Inácio da Silva, matrícula nº 2013102200740048 do curso de Engenharia Ambiental do IF Goiano – Campus Rio Verde. Após a apresentação oral do TC, houve arguição da candidata pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela aprovação da acadêmica. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata, que segue datada e assinada pelos examinadores.

Rio Verde, 23 de janeiro de 2020.


Prof. Ma. Andriane de Melo Rodrigues
(Orientadora)


Prof. Dr. Édio Damásio da Silva Júnior
(Membro)


Prof. Dr. Wilker Alves Morais
(Membro)

Observação:

() O(a) acadêmico(a) não compareceu à defesa do TC.

À Deus por ser meu refúgio nos momentos mais difíceis e à minha família pelo apoio incondicional.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu Deus por ter me sustentado nesta jornada e não permitido que eu desistisse do meu sonho, sem Ele eu não teria chegado até aqui.

Aos meus pais Divino Inácio e Ana Maria por todo empenho e dedicação em me fazer alcançar este sonho, por todo amor, carinho e paciência que tiveram por mim, e por me entender nos meus momentos de stress. Espero recompensá-los por isso.

Às minhas tias Sirlei e Simone por me acolherem em suas casas e terem me sustentado durante esses longos anos de faculdade.

Aos meus primos(as) João Vyctor, Ana Laura, Franciele e Priscylla por todo apoio dedicado à realização deste trabalho. Sem vocês este trabalho não existiria.

Ao meu sobrinho Thalles Miguel por ser a razão do meu sorriso e ao meu irmão Uarlos Inácio por todo apoio.

Um agradecimento especial às amigas que a faculdade me deu: Taynara, Liliane, Lísia, Luiza, Ranusa, Edilma e Aline. Obrigada por fazerem parte desta minha jornada, por toda ajuda e companheirismo.

À minha orientadora, Andriane, por toda a paciência que teve comigo. Obrigada por me entender nas minhas dificuldades.

À Escola Estadual Abel Pereira de Castro por ter permitido que eu realizasse este projeto nas dependências da escola e ao professor Ivo pelo apoio.

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde por todo suporte e pelo ensino de ótima qualidade.

RESUMO

SILVA, Tais Inácio da. **Uso da compostagem como ferramenta de educação ambiental em escola pública de Rio Verde - GO.** 2019. 49p. Monografia (Curso Bacharelado em Engenharia Ambiental) -Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde, GO, 2019.

Este estudo de caso foi realizado na escola Estadual Abel Pereira de Castro, localizada no município de Rio Verde – GO, tendo como objetivos promover o gerenciamento dos resíduos sólidos gerados pela escola, utilizando a compostagem como ferramenta de educação ambiental, implantação da coleta seletiva na escola e conscientização da comunidade escolar. Foram realizadas palestras educativas sobre reciclagem e compostagem, e treinamento para a prática da pesquisa. Foram implantadas lixeiras de separação por cores, onde se observou não ser a melhor alternativa para a separação dos resíduos, visto a dificuldade em determinar qual material se encaixa em qual cor, sendo mais indicado o sistema que utiliza apenas três lixeiras: uma para recicláveis secos, uma para resíduos orgânicos e uma para rejeitos. Dois tipos de compostagem foram escolhidos para implantação: a compostagem aeróbia termofílica e a vermicompostagem. Ao final de 45 dias foram coletadas amostras, a cada sete dias, para realização em laboratório das análises de teor de umidade, teor de sólidos totais, fixos e voláteis, pH e condutividade elétrica. Por meio das análises laboratoriais se observou que a degradação da composteira termofílica não estava ocorrendo como esperado, não sendo observado o aquecimento característico da leira. A vermicompostagem apresentou boa taxa de degradação embora com limitações. Concluiu-se que a prática da compostagem é sim uma boa ferramenta de educação ambiental na escola, embora para que esta tenha êxito seja necessário maior engajamento por parte dos demais professores e da coordenação escolar, já que neste trabalho apenas o professor de ciências atuou diretamente.

Palavras-chave: Adubo orgânico, desenvolvimento sustentável, vermicompostagem, resíduos orgânicos, resíduos recicláveis.

ABSTRACT

SILVA, Tais Inácio da. **Use of composting as an environmental education tool in a public school in Rio Verde - GO.** 2019. 49p. Monograph (Bachelor Degree in Environmental Engineering) - Federal Institute of Education, Science and Technology of Goiás - Rio Verde Campus, Rio Verde, GO, 2019.

This case study was carried out at the State School Abel Pereira de Castro, located in the municipality of Rio Verde - GO, aiming to promote the management of solid waste generated by the school, using composting as an environmental education tool, implementing selective collection in school and school community awareness. Educational lectures were held on recycling and composting, and training for research practice. Were implanted color separation bins, where it was observed not to be the best alternative for the separation of residues, given the difficulty in determining which material fits in which color, the system using only three bins being more suitable: one for dry recyclables, one for organic waste and one for tailings. Two types of composting were chosen for implantation: thermophilic aerobic composting and vermicomposting. At the end of 45 days, samples were collected every seven days to perform in the laboratory the analysis of moisture content, total, fixed and volatile solids content, pH and electrical conductivity. Through laboratory analysis it was observed that the degradation of the thermophilic composter was not occurring as expected, and the characteristic heating of the windrow was not observed. Vermicomposting showed a good rate of degradation although with limitations. It was concluded that the practice of composting is a good tool for environmental education at school, although for this to be successful, greater engagement by other teachers and school coordination is necessary, since in this work only the science teacher acted directly.

Keywords: Organic fertilizer, sustainable development, vermicomposting, organic waste, recyclable waste.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ponto de Entrega Voluntária (PEV) na escola Abel Pereira de Castro.	19
Figura 2 - Lixeiras implantadas na escola.	19
Figura 3 - Palestra educativa com os alunos.	20
Figura 4 - Palestra educativa com os alunos.	20
Figura 5 - Alunos ajudam na pesagem dos resíduos.	21
Figura 6 - À esquerda: local escolhido para montagem da composteira termofílica. À direita: pilha de resíduos orgânicos.	22
Figura 7 - Professor explica aos estudantes a operação da composteira.	23
Figura 8 - (a) Vermicomposteira montado, (b) Vermicomposteira instalado na escola.	24
Figura 9 - Etapas de preenchimento da vermicomposteira. (a) camada de húmus e minhocas, (b) e (c) camadas de resíduos orgânicos e (d) cobertura com serragem.	25
Figura 10 - Revolvimento da pilha de compostagem termofílica.	26
Figura 11 - (a) e (b) Pesagem das amostras, (c) Amostras na estufa, Termofílica (esquerda) e Vermicompostagem (direita).	27
Figura 12 - Pesagem das amostras secas e trituradas.	29
Figura 13 - (a) amostras na mufla, (b) dessecador a vácuo e (c) aferição da massa pós-mufla.	29
Figura 14 - (a) solubilização das amostras, (b) ensaio de pH e (c) ensaio de condutividade elétrica.	30
Figura 15 - Teor de umidade.	33
Figura 16 - Teor de Sólidos Totais.	34
Figura 17 - Teor de Sólidos Fixos.	35
Figura 18 - Composteira termofílica no dia da última coleta de amostras.	35
Figura 19 - Teor de Sólidos Voláteis.	36
Figura 20 – pH.	37
Figura 21 - Condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C)	38
Figura 22 - (a) formigas e (b) vermes.	41
Figura 23 - Composto aos 97 dias.	41

LISTA DE ABREVIACÕES E SÍMBOLOS

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

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

ACV: Avaliação do Ciclo de Vida

CE: Condutividade Elétrica

CF: Constituição Federal

C/N: Relação Carbono/Nitrogênio

EA: Educação Ambiental

FEAM: Fundação Estadual do Meio Ambiente

IPEA: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

MMA: Ministério do Meio Ambiente

MNCR: Movimento Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis

PEV: Ponto de Entrega Voluntária

PNEA: Política Nacional de Educação Ambiental

PNRS: Política Nacional de Resíduos Sólidos

pH: Potencial Hidrogeniônico

RECESA: Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental

RSU: Resíduos Sólidos Urbanos

SABESP: Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

SNIS: Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Legislação	3
2.1.1 Política Nacional de Resíduos Sólidos	3
2.1.1.1 Instrumentos	4
2.1.1.2 Planos de Gestão de Resíduos Sólidos	4
2.1.1.3 Coleta seletiva e logística reversa	4
2.2 Educação Ambiental	6
2.2.1 Importância da educação ambiental nas escolas	7
2.3 Gerenciamento dos Resíduos Sólidos	8
2.3.1 Classificação dos resíduos sólidos de acordo com a NBR 10004	9
2.3.2 Etapas do sistema de gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos	10
2.4 Compostagem	11
2.4.1 Fase inicial	13
2.4.2 Fase termofílica	13
2.4.3 Fase mesofílica	13
2.4.4 Fase de maturação	14
2.5 Relação carbono/nitrogênio (C/N)	14
2.6 Vermicompostagem	14
2.7 Cooperativas de Reciclagem	15
2.8 Características dos Resíduos Sólidos	16
2.8.1 Características físicas	16
3 MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1 Localização e Caracterização da Área de Estudo	18
3.2 Educação Ambiental	19
3.3 Coleta de Dados	22
3.4 Montagem e Operação da Composteira Termofílica	22
3.5 Montagem e Operação da Vermicomposteira	23
3.6 Monitoramento das Composteiras e Medição de Parâmetros	25

3.6.1 Monitoramento	25
3.6.2 Medição de parâmetros.....	26
3.6.2.1 Teor de umidade	27
3.6.2.2 Teor de sólidos voláteis	28
3.6.2.3 pH e condutividade elétrica	30
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
4.1 Educação Ambiental.....	32
4.2 Caracterização Físico-Química	32
4.2.1 Teor de umidade	32
4.2.2 Teor de sólidos totais, fixos e voláteis.....	34
4.2.3 pH e condutividade elétrica	36
4.3 Limitações e Soluções	38
5 CONCLUSÕES	42
REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

A temática dos resíduos sólidos urbanos tem se tornado cada dia mais relevante, visto que à medida que o contingente populacional aumenta mais difícil se torna atender as necessidades do ser humano sem gerar resíduos sólidos, sendo praticamente impossível. Esse fato resulta numa enorme quantidade de resíduo descartado, muitas das vezes de forma inadequada. Assim, faz-se necessário um olhar especial para a questão do gerenciamento dos resíduos sólidos, com vista para a melhor alternativa de descarte para os resíduos gerados nos diferentes setores da sociedade.

A crescente demanda populacional por produtos e outros insumos, junto ao consumo desenfreado de embalagens descartáveis, além da falta de conscientização dos impactos ambientais pela população, vem contribuindo cada vez mais para o problema e saúde pública. O aumento exponencial da geração de resíduos sólidos tem dificultado o seu gerenciamento por parte do poder público, por falta de investimento e devido a população não participar do manejo, principalmente, por falta de conhecimento vinculados a segregação, acondicionamento e descarte ambientalmente adequado.

Em muitos municípios brasileiros a falta de locais adequados para a disposição e destinação dos resíduos sólidos tanto do ponto de vista geotécnico, quanto ambiental, tem contribuído para a geração de áreas de abandono de resíduos (áreas contaminadas) que acarretam na poluição do solo, água e ar, dando origem aos chamados lixões. Os problemas ambientais vinculados à má gestão dos resíduos sólidos têm ganhado notoriedade nas mídias sociais e pesquisas científicas, visto que os impactos causados ao ambiente e saúde humana têm se mostrado cada vez mais alarmantes.

Segundo a Política Nacional de Resíduos sólidos (Lei nº 12.305/2010), no Artigo 15º, o Plano Nacional de Resíduos Sólidos deve contar com metas para a eliminação e a recuperação dos lixões (BRASIL, 2010). Entretanto, ainda existem muitos municípios que não se adequaram às novas regras. Dentre as ferramentas de gerenciamento e destinação adequada dos resíduos sólidos a reciclagem e a compostagem se apresentam como ferramentas importantes, que propiciam melhorias para os problemas apresentados. Além disso, a educação ambiental nas escolas vem sendo um importante instrumento de conscientização das crianças, contribuindo para o melhor gerenciamento dos resíduos, não só no ambiente escolar, como também em suas próprias casas, agindo então como agentes multiplicadores do conhecimento adquirido em sala de aula.

De acordo com o relatório de pesquisa do IPEA (2017), a estimativa dos resíduos orgânicos gerados no Brasil é de 57,41%, ou seja, metade dos resíduos produzidos no país são passíveis de reaproveitamento, a partir de processos de digestão aeróbia ou anaeróbia. No entanto, os resíduos orgânicos, quando não coletados separadamente dos demais resíduos, e encaminhados para o aterro junto dos resíduos inaproveitáveis, podem causar impactos ao solo, às águas superficiais e subterrâneas e ao ar, devido ao processo de decomposição, geração de gases e chorume.

A compostagem, digestão aeróbia, pode ser uma boa alternativa para a problemática da má disposição dos resíduos sólidos orgânicos em aterros e lixões, pois além de desviar o resíduo destes locais, produz um composto rico em nutrientes, que pode ser utilizado como adubo orgânico em plantas e hortaliças. Além disso, a implantação de sistema de compostagem e separação dos resíduos recicláveis podem contribuir para que o material reciclável tenha uma nova utilização em um novo processo, impedindo a saturação do aterro com material de valor e inserindo-o de volta no mercado.

Neste aspecto, este trabalho tem como objetivo promover o gerenciamento adequado dos resíduos sólidos gerados em uma escola pública no município de Rio Verde/GO, por meio da educação ambiental, implantação de coleta seletiva para os resíduos recicláveis, bem como da implantação de sistemas de compostagem, nos quais o composto produzido será utilizado em horta escolar. Espera-se promover a conscientização da comunidade escolar acerca das temáticas ambientais, com foco no descarte correto do resíduo orgânico e reciclável gerado na escola, com participação de alunos e servidores.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Legislação

A Constituição Federal (CF) de 1988 garante em seu art. 225 a preservação do meio ambiente para as presentes e futuras gerações, atribuindo responsabilidades ao Estado e à coletividade para preservá-lo e defendê-lo. O parágrafo 3º do art. 225 deixa claro que “as condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão aos infratores, pessoas físicas ou jurídicas, sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados.”

É importante ressaltar que a Constituição Federal (1988) é a lei maior na hierarquia das leis brasileiras, portanto nenhuma outra pode discordar ou contradizer a ela. Assim sendo, cabe aos responsáveis pela geração dos diferentes tipos de resíduos sólidos o gerenciamento adequado e a destinação correta dos mesmos, sob pena de pagamento de multas e a sanções penais e administrativas caso não cumpram o disposto na referida lei (BRASIL, 1988).

Para Maroun (2006), os danos causados ao meio ambiente, solo, água, ar, bem como à saúde, devem ser reparados pelos responsáveis pelos resíduos, e salienta que os custos e a dificuldade da reparação, em grande parte dos casos, é superior ao que se teria com a prevenção, por exemplo, com o investimento em tecnologia na gestão adequada dos resíduos sólidos.

Neste sentido, a criação da Política Nacional dos Resíduos Sólidos contribui para que este tema seja tratado de forma mais específica, e traz, dentre seus benefícios, o incentivo à indústria da reciclagem, a inclusão social dos catadores de materiais recicláveis junto às cooperativas e a compostagem e reaproveitamento dos resíduos orgânicos na agricultura (BRASIL, 2010).

2.1.1 Política Nacional de Resíduos Sólidos

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), criada por meio da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, regulamentada pelo Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010, constituiu um marco regulatório inovador e fundamental na gestão dos resíduos sólidos, distribuindo a responsabilidade entre o poder público, setor econômico e segmentos sociais (YOSHIDA, 2012).

No artigo 7º da Lei nº 12.305 em que são tratados seus objetivos, destacam-se a necessidade de atenção à saúde pública, qualidade ambiental, bem como a não geração,

redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, apoio as indústrias de reciclagem e da gestão dos resíduos sólidos por meio da articulação entre poder público e empresarial (BRASIL, 2010).

Para Guerra (2012), a PNRS tem um papel significativo na definição das obrigações e direitos dos setores privado, público e consumidores finais no que tange a correta gestão dos resíduos sólidos, pois ao não possuir uma política que defina a responsabilidade dos cidadãos, do setor empresarial e do setor público, cria-se uma insegurança jurídica.

2.1.1.1 Instrumentos

Para a implementação dos seus princípios e objetivos a PNRS define três instrumentos, dentre outros, que merecem destaque. Os planos de resíduos sólidos, a coleta seletiva, e os sistemas de logística reversa e outras ferramentas relacionadas à implementação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos (BRASIL, 2010).

2.1.1.2 Planos de Gestão de Resíduos Sólidos

Os planos de resíduos sólidos são, segundo Guerra (2012) um documento formal, de caráter vinculativo, responsável por reproduzir o modelo de gestão e gerenciamento de resíduos que pauta as ações, consideradas indispensáveis, para que as pretensões e proposições inferidas no plano sejam alcançadas. Este modelo deve ser empregado por determinado ente federativo ou setor empresarial.

Crespo e Costa (2012) defendem que o êxito da PNRS tem por base os planos, pois estes definem o caminho para que se alcance seus objetivos. A gestão efetiva e eficaz do manejo inadequado de resíduos sólidos necessita de um diagnóstico preciso, de metas e diretrizes para sua viabilidade.

A PNRS caracteriza seis planos de resíduos sólidos: nacional, estaduais, microrregionais e de regiões metropolitanas, intermunicipais, municipais e os planos de gerenciamento. “A Lei propõe, portanto, não propriamente uma hierarquia, mas um corolário de articulações possíveis e complementaridades entre as diversas instâncias da Federação.”

2.1.1.3 Coleta seletiva e logística reversa

Constituindo um importante instrumento para a aplicação da PNRS, a coleta seletiva é definida por Guerra (2012) como o processo em que ocorre a separação, respeitando as características físicas e componentes químicos, dos resíduos sólidos constituindo “a fase preliminar dos processos de tratamento e recuperação dos resíduos [...] haja vista que a partir

dela (coleta seletiva) é realizada a separação dos materiais reaproveitáveis ou inservíveis” (GUERRA, 2012, p. 57)

A Lei nº 12.305/2010 conceitua coleta seletiva como “a coleta de resíduos sólidos previamente segregados conforme sua constituição ou composição”, Marchi e Silva (2018) complementam citando como exemplo os resíduos úmidos, secos, industriais, da saúde, da construção civil, dentre outros. Para Bartholomeu, Branco e Caixeta-Filho (2011), a coleta seletiva é o método de segregação dos resíduos potencialmente recicláveis como papel, papelão, plástico, vidro e metal. A coleta dos recicláveis pode ser feita de forma comum, de casa em casa, ou ainda por meio da entrega espontânea pela população em um ponto de entrega voluntária (PEV).

Uma forma de facilitar a coleta seletiva é o incentivo a logística reversa, pois as empresas são responsáveis por gerar uma grande parte dos resíduos sólidos existentes. Estabelecida pela PNRS no art. 3º e inciso XII, a logística reversa é uma ferramenta caracterizada por ações e procedimentos que tem como objetivo viabilizar a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial. Isso torna possível o reaproveitamento deles em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, bem como outra destinação final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010).

Com o aumento do poder de compra da população a quantidade de produtos gerados também se multiplicou. Para Leite (2012), a logística reversa tem como principal atividade o retorno dos produtos gerados pelo setor empresarial ao seu local de origem, depois de utilizados, para recuperação de valor ou destinação adequada, uma vez que esta se viabiliza em função do aumento da quantidade e variedade de produtos a serem restituídos ao setor. “Esses produtos que não retornam por falta de equacionamento da logística reversa constituem a poluição contaminante ou por excesso, gerando diversos inconvenientes para as grandes metrópoles”.

Caixeta-Filho e Gameiro (2011), atribuem como principais razões para o avanço da logística reversa: produtos e embalagens inovadoras e mais baratas, logo, facilmente descartáveis, melhor relacionamento das empresas com os consumidores, necessidade de resguardar as matérias primas produzidas com recursos não renováveis, e o mais importante, conscientização ecológica do impacto sobre o meio ambiente.

Além disso, vale destacar que a própria imagem da empresa contribui para o sucesso da logística reversa, pois a visão da sociedade sobre os seus produtos e embalagens as estimulam economicamente para que se responsabilizem pelo retorno de seus próprios produtos.

A responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto é uma das inovações da PNRS, cujo conceito compreende os deveres não só dos fabricantes, mas também de outros atores envolvidos no processamento e consumo destes produtos, tais como: importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e poder público, este último sendo o responsável pelo serviço de limpeza urbana e pelo manejo dos resíduos sólidos (JURAS; ARAÚJO, 2012).

De acordo com a PNRS em seu art. 3º no inciso IV, o ciclo de vida do produto pode ser entendido como a “série de etapas que envolvem o desenvolvimento do produto, a obtenção de matérias-primas e insumos, o processo produtivo, o consumo e a disposição final” (BRASIL, 2010).

Uma importante ferramenta para a análise do potencial impactante de um produto é a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). Para Soares (2016), por meio da ACV, é possível reconhecer as fases do ciclo de vida que contribuem de forma mais relevante para o impacto ambiental resultante do processo produtivo e/ou do produto em si. Ainda segundo Soares, a ACV favorece a implementação de alternativas ambientalmente mais viáveis, no que se refere aos processos e serviços do produto, pois ela avalia os potenciais impactos desde o momento da extração dos recursos, passando pelo consumo até a sua disposição final.

Guerra (2012), afirma que apesar de ser apresentado como conceito simples, o ciclo de vida dos produtos é indispensável para a dinâmica da PNRS. Isso porque ele se correlaciona, por exemplo, com a responsabilidade compartilhada e o acordo setorial – institutos elencados na Lei 12.305/2010. Já o acordo setorial pode ser compreendido, segundo Guerra (2012), como um documento de natureza contratual, firmado entre poder público e os demais atores envolvidos no processo produtivo e mercadológico dos produtos.

2.2 Educação Ambiental

A Educação Ambiental (EA) é elencada como um importante instrumento para a aplicação da PNRS por representar um canal direto entre a realização da política e a população “tendo como objetivo fundamental o aprimoramento do conhecimento, dos valores, dos comportamentos e do estilo de vida relacionados com a gestão e o gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos.” (GUERRA, 2012, p. 146)

A Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA) definida pela Lei nº 9795/1999, define em seu artigo 1º EA como a construção de “valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de

uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade.” Assim, a PNRS articula-se com PNEA, pois a conscientização representa um fator essencial para a gestão adequada dos resíduos sólidos (BRASIL, 1999).

O art. 225 da Constituição Federal prevê em seu inciso VI que compete ao Poder Público fomentar a EA em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente (BRASIL, 1988). De acordo com Rivelli (2005), a conscientização e consequente ação transformadora configuram meios para que a questão ambiental se solidifique e atraia mais seguidores. Embora destaque que apenas a legislação não tem poder de mudar o cenário sozinha, salienta que “a lei pode facilitar e reforçar iniciativas e ações de mudanças efetivas. É nesse sentido que a PNEA deve ser apreciada, como um instrumento útil ao desenvolvimento das atividades de Educação Ambiental presentes e futuras”.

Luzzi (2005), observa que muitos dos programas de EA restringem seu cuidado à conservação do meio ambiente em detrimento da atenção à vida humana. O autor defende que a EA não pode ultrapassar os movimentos sociais que buscam garantir à população suas necessidades básicas, como saúde, saneamento básico, educação gratuita, moradia, trabalho, cultura e liberdade; e que a EA deve transformar a sociedade para o exercício da cidadania, formando pessoas responsáveis e comprometidas que reconheçam seus direitos e deveres sociais (LUZZI, 2005).

Para Mano, Pacheco e Bonelli (2010), uma sociedade ambientalmente educada contribui juntamente para um meio ambiente saudável e com condições de vida melhor, e destacam que a educação pode ser uma solução para os problemas ambientais enfrentados pelo planeta, garantindo que as futuras gerações tenham acesso a um meio ambiente saudável e equilibrado.

Assim sendo, Luzzi (2005, p. 398), complementa “[...] a EA não pode ser reduzida a uma simples visão ecologista, naturalista ou conservadora sem perder legitimidade social [...]”, a solução para os problemas ambientais está centrada no âmbito político e social, com o fim da pobreza, do analfabetismo, com melhores oportunidades e, por fim, com o esforço coletivo da população.

2.2.1 Importância da educação ambiental nas escolas

Segundo Ghiraldelli, Santos e Valério (2012), educação e meio ambiente compõem a educação ambiental. Por meio desta é possível entender a dualidade entre sociedade e natureza, pois dessa forma se cria uma nova visão de mundo na qual são priorizados valores e

atitudes que tenham como objetivo ensinar cidadãos a se tornarem mais conscientes ambientalmente (GHIRALDELLI; SANTOS; VALÉRIO, 2012).

Para Souza (2012), essa educação cidadã deve agir de forma que transforme a realidade existente e promova o desenvolvimento cognitivo dos cidadãos, inserindo no ambiente escolar a educação ambiental, que deve ser vista através de uma ampla ótica integrando-a as demais disciplinas do currículo escolar, e não apresentada de forma isolada como um conteúdo único e disperso. Também é necessário que haja uma participação de toda a comunidade, de forma que os objetivos da educação ambiental sejam atingidos, além de ajudarem os alunos a refletirem melhor sobre a temática ambiental (SOUZA, 2012).

Neste sentido, Moraes (2012a), defende que a entidade de maior importância para o êxito da educação ambiental é a escola, que deve funcionar como uma ponte entre alunos e sociedade, e ajudar a garantir que as presentes gerações possuam consciência crítica e entendam de fato a necessidade de proteção do meio ambiente.

Ainda segundo Moraes (2012a), o gestor da escola é o responsável por criar a ponte entre a escola e o mundo externo, devendo reconhecer as necessidades da comunidade na qual a escola está inserida e garantir que o que é ensinado dentro dos muros do colégio consiga transpor as barreiras físicas e causar um real impacto na vida dos cidadãos. Representando um exemplo a ser seguido, as autoridades escolares devem mostrar boas práticas ambientais e suas virtudes, para que os alunos se inspirem e consigam levar o aprendizado para dentro de seus lares e transferir todo conhecimento adquirido aos seus pais e familiares (MORAES, 2012a).

Apesar de evidências que demonstrem os benefícios de uma educação ambiental que unifique escola e comunidade, o modelo atual é técnico e não contempla plenamente a comunidade. Mesmo que realizar adequadamente esse processo não garanta a preservação do meio ambiente, são ações como essa que ajudam a reverter, mesmo que lentamente, a atual situação do planeta e o que torna melhor a qualidade de vida de todos (MORAES, 2012b).

2.3 Gerenciamento dos Resíduos Sólidos

O gerenciamento dos resíduos sólidos compreende, segundo a PNRS (BRASIL, 2010), um conjunto de ações envolvendo direta ou indiretamente, a coleta, o transporte, o transbordo, o tratamento e a destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos, bem como a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos; ações estas que devem estar inclusas no plano de gerenciamento de resíduos sólidos.

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), na NBR 10004/2004, os resíduos sólidos podem ser definidos como:

Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

Lange et al (2006), interpretam da norma que os resíduos sólidos são provenientes de várias fontes ou atividades geradoras, e apresentam diversos estados físicos. Os autores destacam ainda que, a referida lei classifica os resíduos de acordo com o grau de periculosidade à saúde pública e ao meio ambiente.

Souza, Carvalho e Barbosa (2018), ressaltam a dificuldade que muitas prefeituras tem no gerenciamento de seus resíduos, uma vez que, com o desenvolvimento acelerado dos núcleos urbanos tem-se um aumento dos depósitos irregulares dos resíduos sólidos, o que ocasiona um grave problema de saúde pública e ambiental.

No Brasil, a forma de disposição final de resíduos sólidos mais utilizada são os aterros sanitários. Entretanto, a falta de recursos pelas prefeituras acaba ocasionando problemas no sistema de gestão destes resíduos, propiciando a subsistência dos aterros controlados e, no pior dos casos, dos lixões (SOARES, 2016).

2.3.1 Classificação dos resíduos sólidos de acordo com a NBR 10004

A Norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), NBR 10004, objetiva a classificação dos resíduos sólidos (excluindo os radioativos) segundo os riscos que estes possam vir a causar ao meio ambiente e à saúde pública, visando o seu gerenciamento adequado. Segundo a NBR 10004, de 2004, os resíduos sólidos podem ser divididos em três grupos, de acordo com sua periculosidade (ABNT, 2004):

Classe I (Perigosos): São os resíduos que podem causar danos à saúde pública (mortalidade e incidência de doenças), bem como danos ao meio ambiente. Apresentam periculosidade e podem possuir propriedades de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade (ABNT, 2004).

Classe II A (Não perigosos e não inertes): Não apresentam as características de periculosidade citadas para classe I, embora possam ter propriedades de biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água (ABNT, 2004).

Classe II B (Não perigosos e inertes): São aqueles que não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor (ABNT, 2004).

De acordo com a PNRS, os resíduos ainda podem ser classificados segundo a sua origem: resíduos domiciliares, de limpeza urbana (originários da varrição, ou outros serviços de limpeza pública), resíduos sólidos urbanos, comerciais, resíduos dos serviços públicos de saneamento básico, industriais, de serviços de saúde, da construção civil, agrossilvopastoris, serviços de transportes (os originários de portos, aeroportos e outros) e resíduos de mineração (BRASIL, 2010).

Para Lange et al. (2006, p. 2), os resíduos podem ser classificados ainda pelo “grau de biodegradabilidade; fração seca e úmida; fração reciclável e não reciclável, entre outros”.

2.3.2 Etapas do sistema de gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos

O gerenciamento integrado dos resíduos sólidos é composto por fases, que incluem desde a geração, acondicionamento, armazenamento, coleta e transporte, tratamento, até a disposição final dos resíduos. A seguir serão apresentados os conceitos básicos de cada uma destas etapas (BRASIL, 2010).

A geração é a fase inicial do sistema de gerenciamento, é nesta etapa que os resíduos são produzidos. Para Cunha e Caixeta Filho (2002, p. 144), o volume de resíduos gerados pela população pode variar em função de fatores como “renda, época do ano, modo de vida, movimento da população nos períodos de férias e fins de semana e novos métodos de acondicionamento de mercadorias.”

O acondicionamento é o ato de preparar e embalar os resíduos sólidos para a coleta e transporte, de forma sanitariamente adequada, onde cada resíduo deverá ser colocado em recipiente próprio e adequado, a depender do tipo e quantidade de resíduos descartados (RECESA, 2007b).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, na NBR 12.235 de 1992, define armazenamento de resíduos sólidos como “contenção temporária de resíduos, em área autorizada pelo órgão de controle ambiental, à espera de reciclagem, recuperação, tratamento ou disposição final adequada, desde que atenda às condições básicas de segurança.” (ABNT, 1992)

De acordo com Ferreira e Zanta (2003), a coleta e o transporte dos resíduos sólidos é o ato de recolher os resíduos gerados e acondicionados pela população, para transportá-los a uma estação de tratamento ou destinação final, podendo ser efetuada de forma seletiva ou não.

Vale (2002), define tratamento como metodologia técnica com intuito de alterar as características dos resíduos com foco na minimização dos impactos causados ao meio ambiente e à saúde pública. O autor ressalta ainda que o tratamento pode levar à uma valoração econômica dos resíduos, que contribui na redução dos custos de tratamento, podendo inclusive gerar ganhos maiores que estes custos.

O art. 3º da Lei 12.305 de 2010, diferencia a destinação final de disposição final. A destinação final ambientalmente adequada é definida pela referida lei em seu inciso VII, como sendo a destinação dos resíduos à um novo processo de aproveitamento, podendo tais resíduos serem reciclados; compostados, no caso dos resíduos orgânicos; ou ainda serem utilizados para geração de energia (BRASIL, 2010).

Já a disposição final ambientalmente adequada é definida, ainda no art 3º, inciso VIII, da mesma lei, como a “distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos” (BRASIL, 2010).

No Brasil a forma de disposição final mais utilizada são os aterros sanitários ou ainda os aterros controlados, embora existam inúmeros casos de lixões à céu aberto de municípios que ainda não se adequaram às novas regras, definidas pela PNRS.

De acordo com dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - Abrelpe, em 2017 foram gerados um total de 78,4 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos (RSU) no Brasil, onde o índice de cobertura de coleta foi de 91,2%. Apesar disso, 6,9 milhões de toneladas de resíduos tiveram destinação imprópria.

Ainda segundo a Abrelpe (2017), cerca de 59,1% dos resíduos coletados foram dispostos em aterros sanitários, e 40,9% tiveram destinação inadequada em lixões ou aterros controlados por 3.352 municípios, somando mais de 29 milhões de toneladas de RSU.

O aterro sanitário é considerado a forma ideal para disposição final ambientalmente adequada dos RSU, apesar disso cerca de 60% dos municípios brasileiros ainda realizam a disposição de forma inadequada, o que acarreta em danos diretos à saúde pública e ao meio ambiente, pois os aterros controlados e os lixões não dispõem do conjunto de medidas e sistemas necessários para a proteção do solo e das águas subterrâneas (ABRELPE, 2017).

2.4 Compostagem

A matéria orgânica descartada nos domicílios urbanos é, em suma, resto de alimentos constituídos por carboidratos, proteínas e vegetais; enquanto que na zona rural além destes

tem-se também resíduos de animais, folhas e grama, ricos em nutrientes que propiciam a decomposição pelos micro-organismos, transformando essa matéria-prima em um rico adubo orgânico (MANO; PACHECO; BONELLI, 2010).

A compostagem é o processo de degradação da matéria orgânica sob condições aeróbias, no qual espera-se obter condições ideais de umidade, oxigênio e nutrientes (carbono e nitrogênio), para propiciar o desenvolvimento dos micro-organismos responsáveis pela decomposição do resíduo orgânico, tomando-se o devido cuidado para evitar o aparecimento de insetos e vetores (MENDES; SANDES, 2018).

Para Shueler, Mahler e Guião Jr. (2012), a compostagem é uma forma de reciclagem onde a porção orgânica do resíduo tem suas características modificadas, para a obtenção de um composto estável que pode ser utilizado na agricultura, melhorando a estrutura do solo e aumentando sua resistência à erosão. Além disso, os autores destacam a importância da compostagem, pois esta contribui para a diminuição das emissões gasosas nos aterros, assim como minimiza a produção de chorume (líquido decorrente da decomposição da matéria orgânica).

Mesmo sendo uma atividade de enorme importância para o meio ambiente, os dados sobre compostagem deixam a desejar. O Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento - SNIS (2019) divulgou que em 2018, no país estava em funcionamento 1030 unidades de triagem, sendo galpões de triagem e usinas. Esse número é bem maior que o das unidades de compostagem que somaram em todo o Brasil apenas 70. Considerando que o diagnóstico levou em conta 3.468 municípios que representam um total de 151 milhões de habitantes é possível perceber a defasagem em termos numéricos da quantidade de unidades existentes no país principalmente se considerado o potencial dos resíduos produzidos (SNIS, 2019).

Dados do Ipea (2017), mostram que do total de resíduos gerados no país cerca de 57,41% é matéria orgânica (sobras de alimentos, alimentos deteriorados). Os resíduos orgânicos apresentam um bom potencial de reciclagem, podendo ser compostados em escala doméstica ou, até mesmo, industrial (MMA, 2017). Já segundo o SNIS (2019) no país, aproximadamente 50% dos resíduos gerados era matéria orgânica.

Os materiais recicláveis recuperados representaram 1.7% do total de resíduos produzidos no país, ou seja, 1,1 milhão segundo os dados do SNIS (2019). Mas esse valor é extremamente baixo dado o potencial dos materiais recicláveis secos existentes nos resíduos sólidos domiciliares e públicos. Poderiam ter sido reciclados 18.840.000 de toneladas de um total de 62.8 milhões. Se somados a compostagem e os resíduos recicláveis secos representam 80% dos resíduos que poderiam obter outro fim que não os lixões ou aterros (SNIS, 2019).

Todo esse material possui um alto potencial financeiro. No país já são empregados 333 mil trabalhadores formais que trabalham no manejo dos resíduos sólidos SNIS (2019). Esse valor desconsidera os trabalhadores informais que trabalham diariamente na coleta e na reciclagem dos produtos. Além disso, o tratamento correto dos materiais secos recicláveis representa ganhos financeiros por voltarem ao ciclo produtivo. Eles serão recuperados, o que gera ganhos expressivos ao meio ambiente, gerará renda financeira para os trabalhadores e voltarão para os consumidores.

Pode-se dividir o processo de compostagem em quatro fases: inicial, termofílica, mesofílica e de maturação; cada qual com um período de duração, micro-organismos e temperaturas diferentes, onde ocorrem processos químicos específicos (MENDES e SANDES, 2018).

2.4.1 Fase inicial

Nesta fase, tem-se a colonização e expansão dos micro-organismos mesofílicos, elevando rapidamente a temperatura da massa de resíduos para em torno de 45°C, podendo durar de 15 a 72 horas, a depender das características do resíduo e da metodologia adotada; o pH é ácido e a relação carbono/nitrogênio é alta (SHUELER; MAHLER; GUIÃO JR., 2012; MMA, 2017).

2.4.2 Fase termofílica

Aqui a temperatura supera os 45°C, atingindo um intervalo de 50°C a 70°C, onde predominam os micro-organismos termofílicos aeróbios (principalmente bactérias). Nesta fase ocorre a formação de água metabólica, vapor d'água e intensa decomposição, o que pode provocar depleção do oxigênio; o pH começa a diminuir devido a volatilização da amônia. Ocorre então a intensificação da aeração por meio do processo de convecção, onde o ar quente (menos denso) sobe, permitindo que o ar frio (mais denso) entre pela parte inferior da leira (SHUELER; MAHLER; GUIÃO JR., 2012; MMA, 2017).

2.4.3 Fase mesofílica

A temperatura começa a cair, voltando aos 45°C, devido à diminuição da ação das bactérias, e a partir de então tem-se um aumento da presença de fungos e actinomicetos. Nesta fase ocorre a degradação da matéria orgânica mais resistente e há perda de umidade. Se o processo de compostagem for natural (sem ação externa), pode durar cerca de 60 a 90 dias para a digestão completa; este período tende a baixar se utilizadas técnicas como

revolvimento e oxigenação forçada (SHUELER; MAHLER; GUIÃO JR., 2012; MMA, 2017).

2.4.4 Fase de maturação

Nesta fase, que dura cerca de 30 a 60 dias, a temperatura e a relação C/N se estabilizam e o pH se conserva neutro; ocorre então a formação de húmus, quando o composto deixa a forma orgânica e passa a ser mineral, facilitando a absorção pelas raízes e melhorando a qualidade do solo, pois apresenta alto teor de material coloidal. Como resultado, tem-se um composto orgânico estabilizado, rico em nutrientes e pronto para ser utilizado (SHUELER; MAHLER; GUIÃO JR., 2012; MMA, 2017).

2.5 Relação carbono/nitrogênio (C/N)

A degradação da matéria orgânica sofre influência direta de fatores como umidade, temperatura, aeração e a relação C/N. O carbono e o nitrogênio são fundamentais para o desenvolvimento dos micro-organismos presentes; enquanto o carbono atua como fonte de energia, o nitrogênio é utilizado para a síntese de proteínas (MMA, 2010).

A matéria orgânica para ser degradada necessita de uma relação adequada de C/N, que deve ser (em termos químicos) de 30 átomos de carbono para um de nitrogênio (30:1); na prática pode se obter esta relação combinando 2/3 em volume de material seco (rico em carbono) com 1/3 de material úmido (rico em nitrogênio). Outras condições que favorecem a degradação biológica é manter a umidade em 50% com temperaturas na faixa de 40°C e 50°C, podendo alcançar os 70°C quando a atividade microbiana no interior da pilha alcança níveis máximos (MANO; PACHECO; BONELLI, 2010; MMA 2017).

Deve-se atentar para relação adequada de C/N, pois o excesso de material rico em carbono (como palha e serragem) pode impedir a fermentação, enquanto o excesso de material nitrogenado (como macarrão, carnes e arroz) levará a perdas de nitrogênio na forma de amoníaco (MMA, 2017).

2.6 Vermicompostagem

Outra forma de compostagem é vermicompostagem, que segundo Ricci (1996) é um processo que utiliza minhocas para promover a transformação biológica dos resíduos orgânicos de forma mais rápida. O húmus de minhoca é, conforme Ricci (1996), um excelente adubo orgânico com propriedades que auxiliam no plantio e melhora da qualidade do solo. Na

vermicompostagem “o resíduo orgânico que serve como alimento para minhocas, ao passar por seu trato digestivo, sofre transformações que favorecem a formação de matéria orgânica estabilizada” (AQUINO, 2009, pg. 1).

Ainda de acordo com Aquino (2009), é necessário observar com cuidado a temperatura do meio, que deve ser controlada, pois as minhocas são sensíveis ao calor e podem fugir ou morrer. Além da relação C/N, outro ponto importante para viabilizar o processo é triturar os resíduos em partículas menores, facilitando a disponibilidade de alimento para os microrganismos e reduzindo o tempo de degradação (AQUINO, 2009).

2.7 Cooperativas de Reciclagem

De acordo com o Movimento Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis (MNCR, 2012) em uma época em que pouco se falava em reciclagem, o MNCR já era um importante ator na luta pelo reconhecimento do papel social dos catadores de materiais recicláveis brasileiros, além de lutarem para que se promulgasse o marco regulatório referente aos resíduos sólidos, no que tange a sua produção e destinação final. Em 2001, ocorreu o primeiro Congresso Nacional de Catadores de Materiais Recicláveis com a reivindicação do estabelecimento da coleta seletiva como modelo de gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos e a erradicação dos lixões (MNCR, 2012).

Marchi e Santana (2018), destacam que a coleta seletiva no Brasil já é realizada há muito tempo pelos catadores de forma informal, mas que as prefeituras não devem transferir a responsabilidade pelo gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos para as cooperativas ou associações de catadores, devendo, no entanto, manter uma relação de parceria com estas instituições, buscando o cumprimento dos objetivos previstos pela PNRS.

As cooperativas e catadores prestam um importante serviço à sociedade e ao meio ambiente, pois atuam fortemente no engajamento das questões ambientais, seja por meio da coleta seletiva solidária, realizada de porta em porta, quanto pela educação ambiental, que permite a interação entre a cooperativa e a comunidade (MNCR, 2012). O MNCR acredita que:

Como a compreensão social do trabalho realizado pelos catadores é maior, aumenta também o número de pessoas que colaboram com a separação dos resíduos. O trabalho organizado insere definitivamente os catadores excluídos da sociedade no funcionamento da cidade, a incorporação não é mais pelo assistencialismo, mas pela parceria, colaboração e troca. O impacto na autoestima das pessoas é imediato (MNCR, 2012, pg. 427).

A PNRS atesta a importância da atividade de catação quando reconhece que os catadores devem receber pelos serviços que prestam à sociedade ao recuperar e preservar resíduos que seriam descartados e inutilizados em aterros e lixões, para serem utilizados e reaproveitados em outros processos, impedindo assim a necessidade de extração de novas matérias-primas (BRASIL, 2010; MNCR, 2012). Mas para que este pagamento aos catadores seja de fato efetuado, é necessário, por parte dos municípios, planejamento e vontade política (MNCR, 2012).

2.8 Características dos Resíduos Sólidos

Segundo Soares e Mahler (2012), as características dos resíduos sólidos podem variar em função de fatores sociais, geográficos, climáticos, culturais, econômicos, nível de educação, hábitos da população, entre outros. Para os autores, os resíduos sólidos urbanos diferenciam-se ainda quanto às suas características biológicas, físicas e químicas.

Lange et al (2006, p. 3), afirma que “as características físicas, químicas e biológicas dos resíduos sólidos podem ser identificadas em qualquer etapa do gerenciamento dos resíduos desde o momento da geração até a sua disposição final.”

De acordo com Monteiro et al (2001), as características biológicas são definidas pela ação dos microrganismos e agentes patogênicos encontrados nos resíduos sólidos.

As características físicas influenciam diretamente em aspectos como peso, volume e forma dos resíduos, que por consequência afetam o dimensionamento do sistema de coleta e a disposição dos resíduos sólidos (SOARES E MAHLER, 2012).

Para Ferreira e Zanta (2003), as características químicas permitem a escolha da melhor técnica de tratamento e de disposição final dos resíduos sólidos. As autoras destacam como características químicas importantes o “poder calorífico, pH, composição química (nitrogênio, fósforo, potássio, enxofre e carbono) e relação teor de carbono/nitrogênio, sólidos totais fixos, sólidos voláteis e teor de umidade” (FERREIRA E ZANTA, 2003, P. 7).

2.8.1 Características físicas

De acordo com Alves e Luz (2017), pode-se classificar fisicamente os resíduos sólidos em: geração *per capita*, composição gravimétrica, peso específico aparente, teor de umidade e compressibilidade.

A Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM, 2015), considera a geração *per capita* como um parâmetro quantitativo, que pode ser encontrado por meio da pesagem dos

resíduos produzidos em um dia, numa determinada região, dividido pelo número de habitantes. Esta característica permite a estruturação de um plano de gestão adequado para a coleta e tratamento dos resíduos (FEAM, 2015).

A composição gravimétrica é dada pela razão entre a massa individual do componente amostrado em relação a massa total de resíduos, expressa em porcentagem, que permite o dimensionamento e otimização da coleta (RECESA, 2007a).

Para Soares e Mahler (2012, p. 24),

O conhecimento da composição gravimétrica permite uma avaliação preliminar da degradabilidade, do poder de contaminação ambiental, das possibilidades de reutilização, reciclagem, valorização energética e orgânica dos resíduos sólidos urbanos, sendo, portanto, de grande importância na definição das tecnologias mais adequadas ao tratamento e disposição final dos resíduos.

Monteiro et al (2001), define peso específico aparente como o peso dos resíduos em relação ao volume que estes ocupam, antes de serem compactados, medido em kg/m^3 . Os autores ressaltam a importância da determinação do peso específico aparente para o adequado dimensionamento de equipamentos e instalações.

Para Simões et al (2005), o teor de umidade está ligado à água que constitui a massa de resíduos e com a água absorvida da atmosfera, sendo dependente das condições climáticas, das práticas de coleta e principalmente da composição do lixo. Os resíduos orgânicos são os principais responsáveis pelo alto teor de umidade que compõe a massa de resíduos sólidos urbanos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e Caracterização da Área de Estudo

O presente estudo foi realizado na Escola Estadual Abel Pereira de Castro, localizada na cidade de Rio Verde – GO, cujo nível de ensino é o fundamental (2ª fase), que vai do 6º ao 9º ano, e conta com aulas nos turnos matutino, vespertino e noturno.

A pesquisa foi feita por meio de visitas *in loco*, reuniões com a coordenação escolar e professores, trabalho prático de educação ambiental por meio de implantação de sistema de compostagem, material fotográfico e pesquisa bibliográfica.

A abordagem foi quali-quantitativa, ou seja, mista. A abordagem qualitativa procurou investigar os valores, crenças, atitudes e hábitos do grupo de indivíduos. Enquanto que a abordagem quantitativa buscou indicadores e tendências observáveis, utilizando técnicas de compostagem que foram transformadas em dados (números) com o intuito de posterior análise e classificação (TRIGUEIRO et al, 2014).

A cidade de Rio Verde conta com uma cooperativa de reciclagem – a Cooprecicla, que com apoio da prefeitura realiza a coleta seletiva na cidade. Segundo dados da prefeitura de Rio Verde, em 2018, a cooperativa coletou mais de 400 toneladas de resíduos recicláveis, que antes seriam depositados no aterro controlado (PREFEITURA DE RIO VERDE, 2019).

Até o momento essa coleta seletiva se dá apenas de forma voluntária, por meio dos PEV's (Ponto de Entrega Voluntária), ou seja, a coleta não é feita de porta em porta, cada cidadão segrega seus resíduos em casa e os leva voluntariamente a algum dos PEV's colocados em pontos estratégicos, tais como escolas, prédios públicos, universidades, entre outros.

A escola Abel Pereira de Castro foi uma das contempladas com a implantação de um PEV (Figura 1), quando na oportunidade foi realizada uma palestra com alunos e servidores da instituição a respeito dos resíduos sólidos recicláveis e inclusão social. Além disso, a coordenação da escola, no intuito de continuar o trabalho de conscientização dos alunos, fez a aquisição e implantação de lixeiras para a segregação dos resíduos, como pode ser observado na Figura 2.



Figura 1 - Ponto de Entrega Voluntária (PEV) na escola Abel Pereira de Castro.
Fonte: Arquivo Pessoal



Figura 2 - Lixeiras implantadas na escola.
Fonte: Arquivo pessoal.

3.2 Educação Ambiental

Num primeiro instante, realizou-se visitas à escola Abel Pereira de Castro para identificação do cenário em que se encontrava a gestão dos resíduos e reuniões com a diretora, coordenadora, professores e profissionais responsáveis pela cozinha da escola. Nesse encontro foi possível explicar a necessidade da compostagem dos resíduos orgânicos, o processo de implantação, e a importância do produto final para a horta escolar já existente.

Após a etapa de identificação e reuniões com os funcionários da escola, a coordenação selecionou três turmas de 7º anos (ensino fundamental) do período vespertino, para participarem de forma direta do projeto. A exposição do tema aos alunos foi realizada por meio de palestra educativa (Figura 3 e 4) e banners explicativos a respeito dos impactos

causados ao ambiente e à saúde pública em função da destinação inadequada dos resíduos sólidos, apresentando a reciclagem dos resíduos inertes e potencial de degradação (compostagem) dos resíduos orgânicos, como soluções alternativas que contribuem para o melhor gerenciamento e redução de resíduos a serem encaminhados para lixões ou aterros controlados.



Figura 3 - Palestra educativa com os alunos.
Fonte: Arquivo pessoal.



Figura 4 - Palestra educativa com os alunos.
Fonte: Arquivo pessoal.

Durante a apresentação do tema, os alunos foram questionados acerca do que eles consideravam como meio ambiente, do que eles precisavam pra sobreviver e de onde vêm as coisas que eles compram. Então, foi introduzido o conceito de recursos renováveis e não-renováveis, sendo demonstrado por meio de imagens que os recursos naturais não são infinitos e também os impactos causados pela má utilização destes recursos, tais como

poluição atmosférica, poluição do solo, poluição das águas e demais problemas vinculados ao lixo.

Na semana que antecedeu as palestras foi realizado um mutirão de limpeza da horta escolar e do quintal, com a participação dos alunos e do professor responsável, onde todos os resíduos descartados foram acondicionados em sacos e pesados. Os resíduos eram restos de verduras da horta que não poderiam mais ser utilizadas para alimentação, capim proveniente da capina do quintal, folhas secas, podas de árvore, além de resíduos trazidos de casa pelos alunos, como restos de frutas e cascas.



Figura 5 - Alunos ajudam na pesagem dos resíduos.
Fonte: Ivo.

No momento da palestra foram apresentadas aos alunos duas formas distintas de compostagem, a compostagem aeróbia termofílica e a vermicompostagem, as quais seriam implantadas na escola. Após a explicação teórica os alunos foram encaminhados ao local da montagem das composteiras, participando ativamente da montagem da composteira termofílica e da vermicomposteira.

Como citado anteriormente, a cooperativa municipal ao implantar o PEV (ponto de entrega voluntária) realizou uma palestra educativa referente aos resíduos sólidos recicláveis e inclusão social. Tal palestra antecedeu as ações deste trabalho, sendo ministrada pelo presidente da cooperativa, onde os alunos foram instruídos quanto a diferenciação e segregação dos resíduos sólidos inertes com potencial de reciclagem. Bem como, os alunos e

servidores foram incentivados a segregarem e destinarem os resíduos gerados pela instituição de forma correta.

3.3 Coleta de Dados

Durante um mês os resíduos orgânicos gerados pela cozinha, e os recicláveis gerados na escola, foram pesados para que se pudesse fazer uma análise da quantidade e do tipo de resíduos descartados ali.

Do total de resíduos orgânicos pesados, a maioria eram alimentos cozidos, tais como sobras de arroz, feijão e macarrão com carne, os quais, de acordo com Ricci-Jürgensen (2016), não são indicados para a compostagem em uma escola, assim como laticínios, alimentos temperados e gordurosos, uma vez que a decomposição destes materiais poderia exalar maus odores.

Optou-se por então utilizar apenas os resíduos crus (cascas de frutas e verduras), para a vermicompostagem, enquanto para a compostagem termofílica aeróbia foram utilizados, além destes, resíduos secos provenientes das podas das árvores, da capina do quintal e da limpeza da horta. Antes do início do projeto, os resíduos gerados pela cozinha eram destinados para a alimentação de suínos que um senhor coletava semanalmente. Assim sendo, aqueles resíduos não utilizados para compostagem, continuaram tendo o mesmo destino.

3.4 Montagem e Operação da Composteira Termofílica

Iniciando pela montagem da composteira termofílica, os alunos, direcionados pelo professor, iam abrindo os sacos com os resíduos acondicionados anteriormente e adicionando-os à pilha no chão, num local escolhido previamente.



Figura 6 - À esquerda: local escolhido para montagem da composteira termofílica. À direita: pilha de resíduos orgânicos.

Fonte: Arquivo pessoal.

Enquanto os resíduos eram acrescentados à pilha era explicado aos alunos como se daria o processo de compostagem, a importância da relação entre resíduos secos e úmidos

(relação C/N) e a forma de operação da pilha, que deveria ser revolvida ao menos uma vez por semana, para propiciar a introdução de oxigênio.



Figura 7 - Professor explica aos estudantes a operação da composteira.
Fonte: Arquivo pessoal.

3.5 Montagem e Operação da Vermicomposteira

A vermicomposteira foi construída utilizando três baldes de margarina, com capacidade de aproximadamente 15 kg cada, baseado em modelo proposto por Pires et al (2018). Com o auxílio de uma furadeira foram feitos furos no fundo de dois baldes, no intuito de assegurar tanto a passagem das minhocas de um balde para o outro, quanto para o escoamento do chorume. Foram feitos também furos menores nas laterais superiores dos três baldes para melhorar a entrada de oxigênio, visto que a compostagem é um processo aeróbio.

No último balde, na parte inferior, foi colocada uma torneira, de modo a facilitar a coleta do chorume (fertilizante líquido) proveniente da decomposição da matéria orgânica ocorridas nos outros dois baldes digestores. Os baldes foram empilhados, de modo que os dois primeiros têm como função receber os resíduos orgânicos (baldes digestores), enquanto que o último balde tem como finalidade coletar o lixiviado (chorume) gerado nos recipientes superiores (Figura 8).



Figura 8 - (a) Vermicomposteira montado, (b) Vermicomposteira instalado na escola.
Fonte: Arquivo pessoal.

Os resíduos da vermicomposteira foram triturados em pedaços menores de modo a aumentar a área superficial e conseqüentemente, a disponibilidade para os microrganismos decompositores, conforme Pereira Neto (2007). Com a composteira montada, os resíduos foram colocados. Inicialmente, o fundo do balde superior foi forrado com uma camada de 5 cm de húmus e terra, onde as minhocas foram colocadas (primeira camada). Em seguida, foram colocados os resíduos orgânicos (segunda camada). Por fim, cobriu-se totalmente com serragem, conforme apresentado na Figura 9.



Figura 9 - Etapas de preenchimento da vermicomposteira. (a) camada de húmus e minhocas, (b) e (c) camadas de resíduos orgânicos e (d) cobertura com serragem.

Fonte: Arquivo pessoal.

Os resíduos foram adicionados ao primeiro balde apenas duas vezes, com intervalo de uma semana entre as adições e todo o material depositado foi cerca de 10 kg. Sempre que novos resíduos eram adicionados ao balde, estes eram cobertos com uma camada de serragem, de modo a impedir a oxidação (contato direto do resíduo com o ar), odor e o aparecimento indesejado de larvas de inseto.

A operação era realizada de modo que quando o balde superior estivesse completamente cheio, era remetido para a posição do meio, e o do meio para a posição superior, ou seja, os dois baldes digestores eram invertidos, de modo que o balde superior sempre estivesse disponível para receber novos resíduos. Não era necessário realocar as minhocas de baldes, elas sobem naturalmente para a primeiro balde em busca de novos alimentos.

O período de degradação dos resíduos (balde do meio) era em torno de 30 a 50 dias. Sendo assim, quando o balde de cima enchia novamente, era o momento de inverter as caixas de lugar. O adubo (balde do meio) era retirado para abrir espaço para os próximos resíduos a serem inseridos na composteira. Após a retirada do adubo, o balde sempre era lavado e alocado na posição superior.

3.6 Monitoramento das Composteiras e Medição de Parâmetros

3.6.1 Monitoramento

Durante um período de dois meses as composteiras foram monitoradas uma vez por semana. O primeiro balde da vermicomposteira foi preenchido e alocado no lugar do segundo balde, e o segundo balde (vazio) tomou o lugar do primeiro. Sempre que era observada a

produção de chorume o mesmo era retirado e o balde era lavado. Não havia necessidade de misturar o resíduo dos baldes, pois as minhocas atuavam neste trabalho.

A composteira termofílica era revolvida com auxílio de uma enxada, ao menos uma vez por semana para propiciar a introdução de oxigênio, homogeneização dos componentes presentes na mistura e dissipação de gases gerados pela decomposição dos resíduos orgânicos (Figura 10). Não foi adicionada água à pilha, pois a operação das composteiras se deu em período de chuva, onde conseqüentemente há um aumento no teor de umidade. Devido à ausência de um termômetro adequado não foi realizada a medição da temperatura das composteiras.



Figura 10 - Revolvimento da pilha de compostagem termofílica.
Fonte: Arquivo pessoal.

3.6.2 Medição de parâmetros

Durante um mês amostras foram coletadas uma vez por semana (a cada sete dias), totalizando cinco coletas, e levadas para o laboratório de Saneamento e Meio Ambiente do Instituto Federal Goiano – campus Rio Verde para análises de teor de umidade, sólidos voláteis, pH e condutividade elétrica. As amostras eram simples, coletadas da parte inferior do

centro das composteiras. As amostras da vermicomposteira foram coletadas apenas no primeiro balde. No ato da coleta sempre era realizada a homogeneização do substrato para propiciar maior representatividade das amostras.

3.6.2.1 Teor de umidade

Conforme Lange et al (2003), o método para determinação do teor de umidade baseia-se em manter uma amostra do resíduo fresco e de massa previamente aferida, em uma estufa a temperatura constante por um determinado intervalo de tempo, atentando-se para que não haja degradação do material. Ao final, a massa da amostra deve ser aferida e uma vez estabilizada, a diferença entre a massa inicial e final representa o teor de umidade (LANGE et al, 2003).

Neste estudo, para análise do teor de umidade foram pesados 200 g de cada amostra (vermicompostagem e termofílica). As amostras foram colocadas para secar em estufa a 105 °C por 24 horas e a massa das amostras era aferida até apresentarem peso constante, conforme Monteiro et al (2001) (Figura 11).



Figura 11 - (a) e (b) Pesagem das amostras, (c) Amostras na estufa, Termofílica (esquerda) e Vermicompostagem (direita).

Fonte: Arquivo pessoal.

O teor de umidade pode ser determinado subtraindo a massa final (material seco) da massa inicial (amostra úmida), dividindo pelo valor da massa úmida, para obter o resultado em porcentagem multiplica-se o valor final por 100, conforme Melo (2015). A Equação (1) pode ser vista abaixo:

$$\%U = \frac{M_i - M_f}{M_i} \times 100 \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

%U: teor de umidade em porcentagem

Mi: Massa inicial

Mf: Massa final

3.6.2.2 Teor de sólidos voláteis

Segundo a Norma Técnica Interna SABESP NTS 013 (1999), os sólidos voláteis são o resultado da subtração entre os sólidos totais e os sólidos fixos, e configuram todas as substâncias que se volatilizaram após exposição a temperatura de calcinação ($550\text{ °C} \pm 50\text{ °C}$) em forno-mufla.

O teor de sólidos voláteis expressa indiretamente a quantidade de matéria orgânica presente nas amostras de resíduos, e é determinada pela análise da porcentagem de cinzas residuais da amostra após calcinação (MELO, 2015).

Inicialmente o material seco (pós-estufa) foi triturado em um liquidificador, para homogeneizar as partículas presentes na amostra, uma vez que o conteúdo das mesmas era diverso, para que se obtivesse uma amostra representativa do todo. Em seguida, o material foi acondicionado em cadinhos (de massa conhecida) para pesagem de 5 g das amostras secas e trituradas (Figura 12).

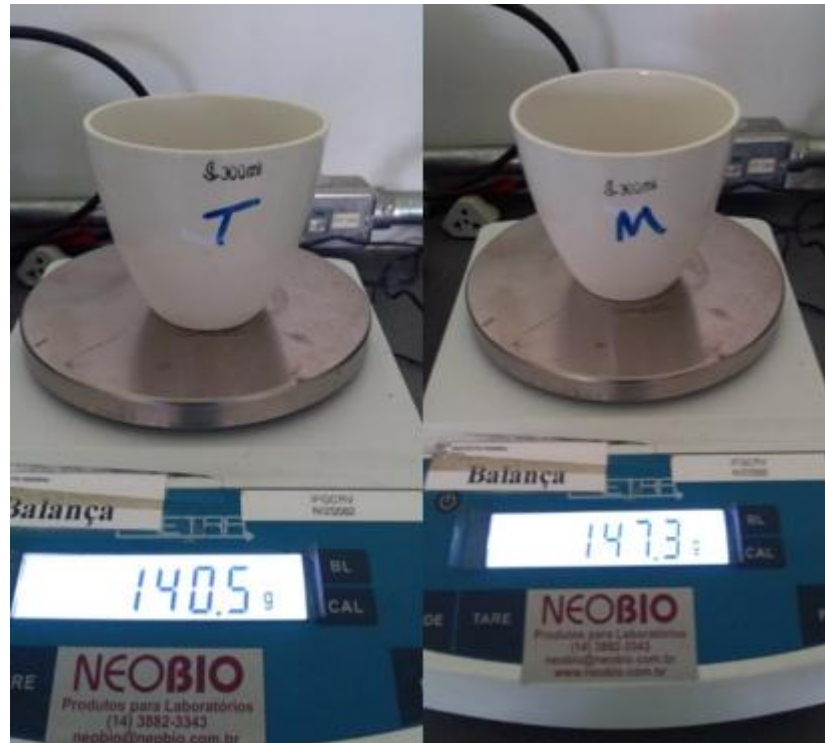


Figura 12 - Pesagem das amostras secas e trituradas.
Fonte: Arquivo pessoal

Logo após, as amostras foram transferidas para o forno-mufla, onde foram submetidas à uma temperatura de calcinação de 600 °C por 2 horas, conforme Melo (2015). Aguardou-se o resfriamento das amostras na própria mufla, que em seguida foram transferidas para o dessecador a vácuo para não receberem umidade, onde ficaram por cerca de 30 minutos. A seguir foi realizada a pesagem das cinzas residuais para determinação dos sólidos voláteis (Figura 13).

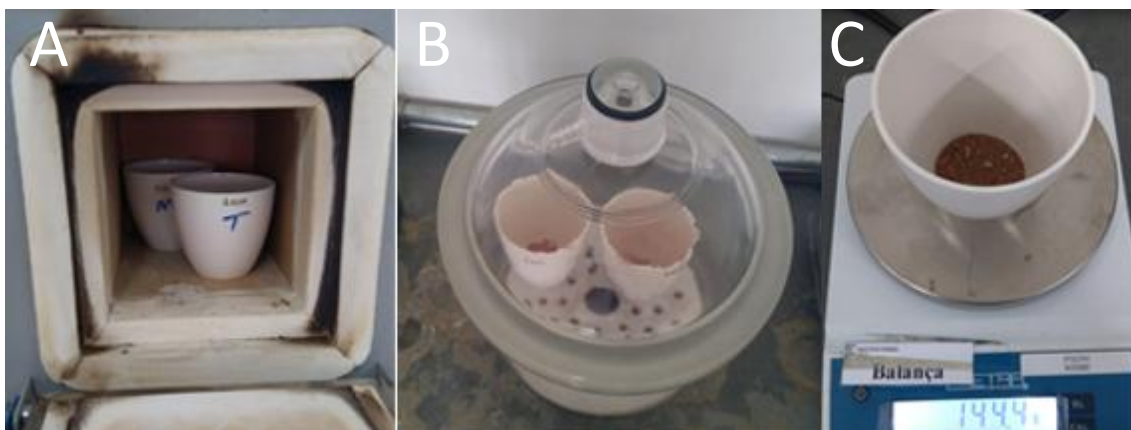


Figura 13 - (a) amostras na mufla, (b) dessecador a vácuo e (c) aferição da massa pós-mufla.
Fonte: Arquivo pessoal

De acordo com Melo (2015), o teor de sólidos voláteis pode ser obtido pela diferença entre a massa inicial (pré-calcinação) e a massa final (pós-calcinação), dividido pela massa

final, multiplicando o valor da divisão por cem obtém-se o resultado em porcentagem, como observado na Equação (2) a seguir:

$$\%SV = \frac{M_i - M_f}{M_i} \times 100 \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

%SV: teor de sólidos voláteis

M_i: massa inicial

M_f: massa final

3.6.2.3 pH e condutividade elétrica

Para o ensaio de pH e condutividade foram aferidas 100 g da amostra inicial (úmida) (termofílica e vermicompostagem), que foram solubilizadas em 250 ml de água deionizada, conforme Melo (2015). Depois de homogeneizada a mistura foi realizada medição destes parâmetros com phmetro e condutivímetro, conforme Figura 14.



Figura 14 - (a) solubilização das amostras, (b) ensaio de pH e (c) ensaio de condutividade elétrica.

Fonte: Arquivo pessoal.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Educação Ambiental

No período de um mês, o total de resíduos recicláveis pesados na escola foi de 63,8 kg, e 90,45 kg de resíduos orgânicos, sendo que a grande maioria eram resíduos cozidos e apenas 1,2 Kg eram resíduos crus. Ou seja, mais da metade dos resíduos produzidos pela instituição é matéria orgânica.

Os resultados demonstram importância da implantação de coleta seletiva e sistema de compostagem na escola. A implantação do PEV pela cooperativa apresentou um resultado positivo. Alguns funcionários participaram das ações levando de casa seus recicláveis para o ponto de coleta.

Quanto às lixeiras implantadas no interior da escola, foi possível observar que os alunos tinham dificuldade em diferenciar os tipos de materiais a serem descartados pois o sistema implantado era o de separação por cores, sendo mais indicado a separação em três lixeiras: recicláveis secos, orgânicos e rejeitos. Outro fato negativo era a ausência de uma lixeira apenas para os rejeitos, o que ocasionava a mistura de todo tipo de materiais inviabilizando a recuperação dos resíduos recicláveis.

Os problemas observados se devem ao fato de que apenas três turmas participaram ativamente do projeto, seja das palestras educativas como da montagem das composteiras, ficando a cargo da escola o repasse aos demais alunos e a cobrança para que estas ações se concretizem de forma mais eficaz.

Essa integração deve ocorrer para além da responsabilidade do professor de ciências, considerado o único responsável pela educação ambiental. Todo o corpo docente deve estar envolvido, tornando a educação um processo dinâmico e interdisciplinar. É também necessária uma união da comunidade que, por meio de ações conjuntas, conseguirá gerar um impacto mais forte, que vai desde ações de cunho conscientizador até ações práticas, com incentivo ao consumo sustentável, descarte correto dos resíduos e utilização da compostagem como ferramenta de educação ambiental (MORAES, 2012a; SANDÃO, 2012).

4.2 Caracterização Físico-Química

4.2.1 Teor de umidade

O processo de montagem e início da compostagem se deu no começo do mês de outubro, período em que começaram as chuvas, o que acarretou em algumas limitações para o

sucesso do projeto. Devido ao período de chuva não foi adicionada mais água à pilha de compostagem termofílica, por acreditar-se que a quantidade de água proveniente da chuva seria suficiente para manter o funcionamento da leira. No entanto, os valores de teor de umidade encontrados para a composteira termofílica ficaram ligeiramente abaixo do esperado, conforme pode ser observado na Figura 15.

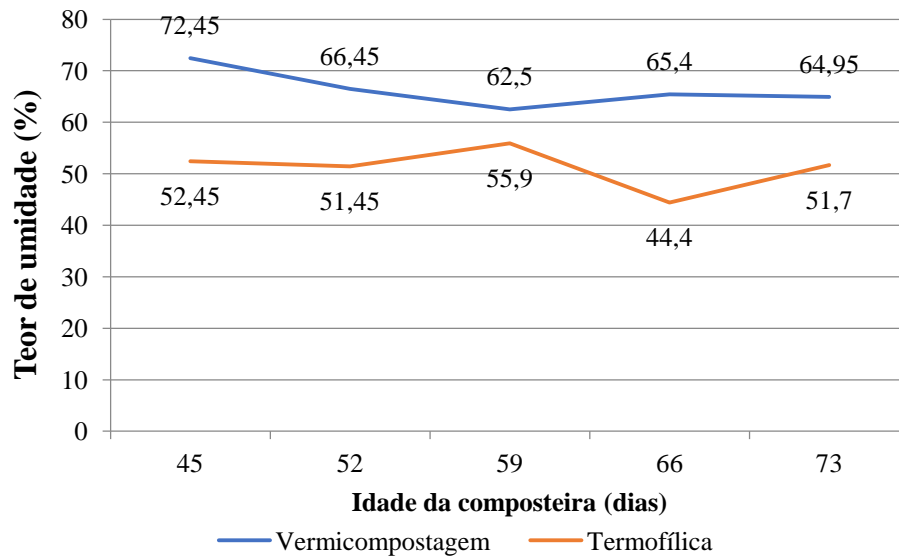


Figura 15 - Teor de umidade.
Elaborado pela autora, a partir de dados de pesquisa (2019).

A composteira termofílica apresentou inicialmente um teor de umidade de 52,45% na primeira análise, mantendo-se praticamente constante até a última análise, com 51,7%. Queiroz (2007) encontrou valores próximos com teor de umidade de 54% para compostagem termofílica. De acordo com Pereira Neto (2007), a faixa ideal de umidade para que o processo ocorra de forma efetiva é de 60%.

De acordo com Monteiro et al (2001), o teor de umidade influencia diretamente na velocidade de degradação da matéria orgânica no processo de compostagem. É através da umidade que os microrganismos têm acesso, por meio de solução em água, aos nutrientes necessários ao seu desenvolvimento (SCHUELER; MHALER; GUIÃO JR, 2012).

A vermicomposteira apresentou umidade de 72,45% na primeira análise, decaindo para um teor de 64,95% na última análise. Guermandi (2015), encontrou um teor de umidade médio de 70%. A umidade ideal para a vermicompostagem está situada na faixa entre 50 e 70%, conforme Ricci (1996). Cotta et al (2015) encontraram valores semelhantes para a vermicompostagem de material vegetal e serragem de madeira, um teor de 65,53% ao final do processo, e para a compostagem sem minhocas um teor de umidade de 64,24%. Estes valores

mais altos no início se devem ao fato de que os resíduos depositados nos baldes digestores eram, em sua maioria, resíduos úmidos como restos de frutas e legumes frescos, enquanto que na termofílica havia mais materiais secos e fibrosos, tais como podas de árvores e capim.

4.2.2 Teor de sólidos totais, fixos e voláteis

Os sólidos totais contabilizaram 27,55% para a vermicompostagem, na primeira análise feita no 45º dia, aumentando para 35,05% no 73º dia. A composteira termofílica obteve inicialmente um teor de 47,55% mantendo-se praticamente constante ao final de 73 dias, cujo teor foi de 48,3%, conforme Figura 16.

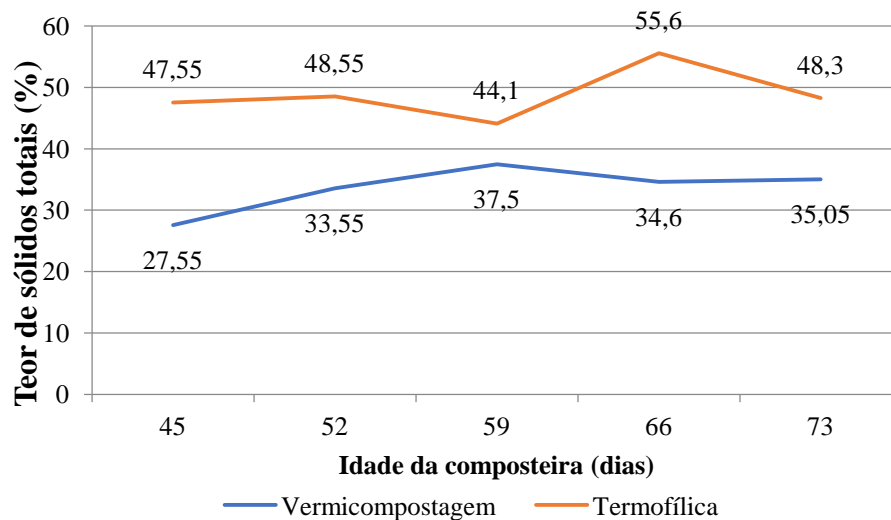


Figura 16 - Teor de Sólidos Totais.
Elaborado pela autora, a partir de dados de pesquisa (2019).

Os valores de sólidos fixos obtidos inicialmente para vermicompostagem foram de 30% aumentando para 40% na última análise. Conforme esperado o teor de sólidos fixos para o minhocário aumentou, ainda que pouco, o que se deve ao curto intervalo de tempo entre uma análise e outra.

Para a termofílica inicialmente 68% e ao final 46%, indicando um decréscimo no teor de sólidos fixos, o que mostra que o processo de compostagem não estava ocorrendo como esperado, conforme observado na Figura 17.

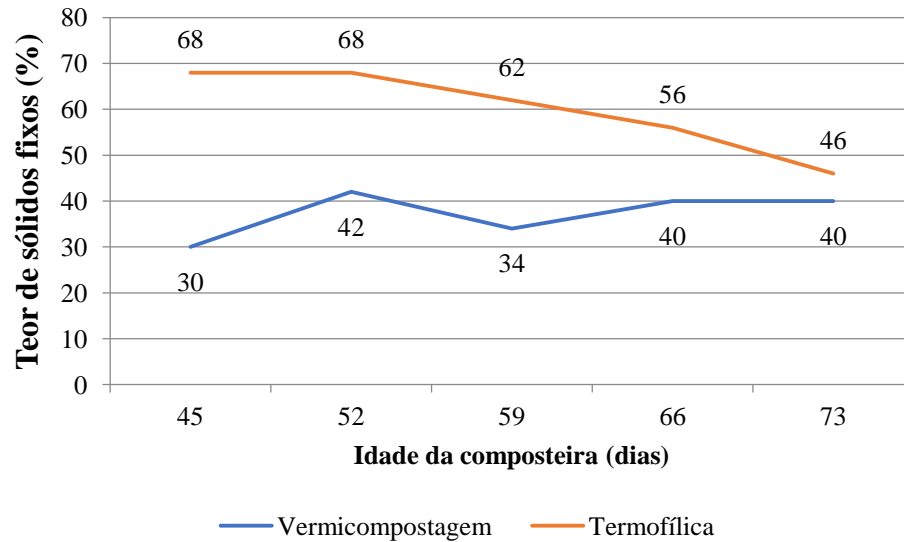


Figura 17 - Teor de Sólidos Fixos.
Elaborado pela autora, a partir de dados de pesquisa (2019).

Uma observação necessária a se fazer é que, para a composteira termofílica, os teores de sólidos fixos podem ter sofrido certa influência em função da pilha de compostagem ter sido montada diretamente no chão, o que pode ter ocasionado, no momento da coleta de amostras, a retirada de solo em conjunto com o material orgânico. No entanto, de modo geral o aumento nos valores de sólidos fixos encontrados para a compostagem termofílica podem apresentar um certo grau de degradação da matéria orgânica. A Figura 18 apresenta a composteira no dia da última coleta.



Figura 18 - Composteira termofílica no dia da última coleta de amostras.
Fonte: Arquivo pessoal

De acordo com Queiroz (2007), o teor de sólidos é um indicativo da degradação da matéria orgânica durante o processo de compostagem, na medida em que os resíduos

orgânicos se decompõem a tendência é que o teor de sólidos voláteis diminua e o de sólidos fixos aumente.

O teor de sólidos voláteis para a vermicompostagem foi inicialmente de 70% (45° dia) e 60% ao final de 73 dias, indicando ainda um alto teor de matéria orgânica, embora os teores tenham diminuído como era esperado. A termofílica obteve 32% aos 45 dias aumentando para 54% aos 73 dias de compostagem, indicando que o processo não estava ocorrendo adequadamente e que a estabilização não ocorreu, já que o teor de sólidos voláteis apresentou aumento. Estes valores podem ser melhor observados na Figura 19.

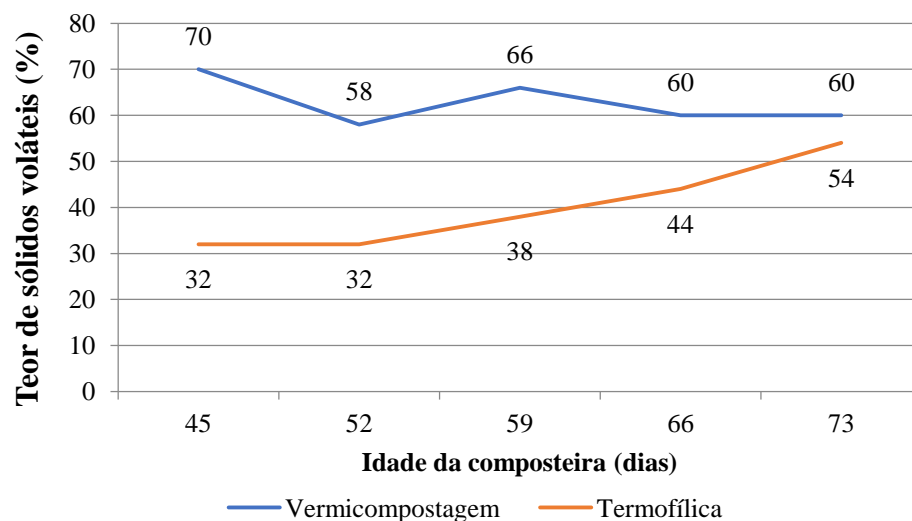


Figura 19 - Teor de Sólidos Voláteis.
Elaborado pela autora, a partir de dados de pesquisa (2019).

Santos (2007) encontrou teores de matéria orgânica para o composto pronto da compostagem termofílica de 33,42% e 32,22%, considerado um produto final de qualidade. Já Queiroz (2007), obteve 84,11% de teor de sólidos voláteis aos 38 dias de compostagem, indicando uma baixa taxa de degradação da matéria orgânica, segundo o autor, o problema foi devido a condições inadequadas de umidade. Importante ressaltar que ao início da montagem da compostagem termofílica o percentual de matéria orgânica seca foi superior que a matéria orgânica úmida, o que também pode ter influenciado na taxa de degradação.

4.2.3 pH e condutividade elétrica

A faixa de pH encontrada tanto para a vermicompostagem quanto para a termofílica se situou entre 8 e 9, não apresentando variações bruscas desde a primeira até a última análise. Esses valores indicam, de acordo com Pereira Neto (2007), um composto já estabilizado. No entanto, este dado não é suficiente para se afirmar que houve completa estabilização dos

resíduos da composteira termofílica, devido os resultados observados para sólidos voláteis. Os valores de pH podem ser melhor observados na Figura 20.

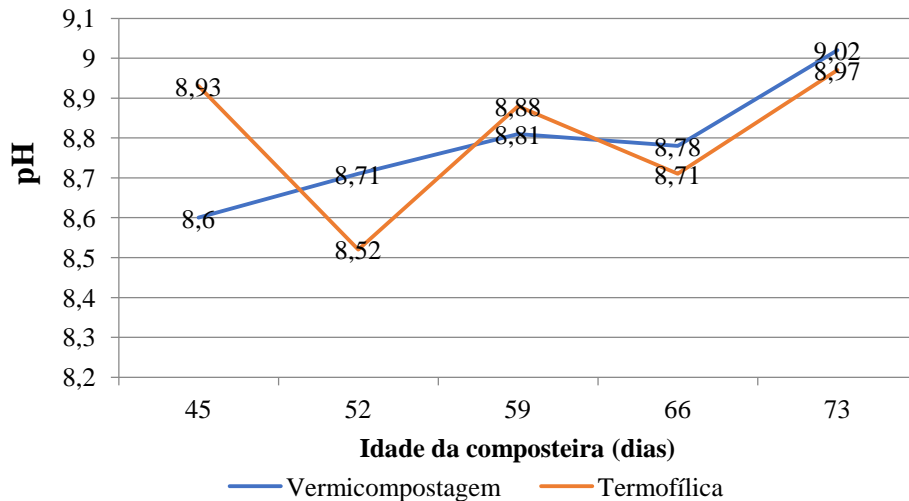


Figura 20 – pH.

Elaborado pela autora, a partir de dados de pesquisa (2019).

Os valores de pH acima divergem dos encontrados por Girardi et al (2016), que ao final de 97 dias estavam na faixa entre 6 e 7. No entanto Guermandi (2015), encontrou valores semelhantes para a vermicompostagem que variaram entre 7,8 e 8,8, e para a termofílica valores entre 7,93 e 8,36.

A vermicompostagem obteve um valor de pH esperado, embora no processo tenha ocorrido com algumas limitações, como por exemplo, o desaparecimento das minhocas. No entanto pode ser afirmar que tal fato não ocorreu em função de pH ácido (limitante para a sobrevivência das minhocas). Além disso, o cheiro, a cor e o aspecto eram de um composto orgânico estabilizado.

De acordo com Guermandi (2015), os fertilizantes orgânicos se fazem importantes, pois devido ao seu pH alcalino estes servem como um corretor de solos ácidos, o que melhora a qualidade do solo.

A condutividade elétrica (CE) para a vermicompostagem na primeira análise foi de 1.188 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a aumentando para 2.190 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na última análise. Para a compostagem termofílica o valor obtido na primeira análise foi de 951,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$, apresentando um pico de 1.071 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no 59º dia, decaindo para 417,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no 73º dia, conforme observado na Figura 21.

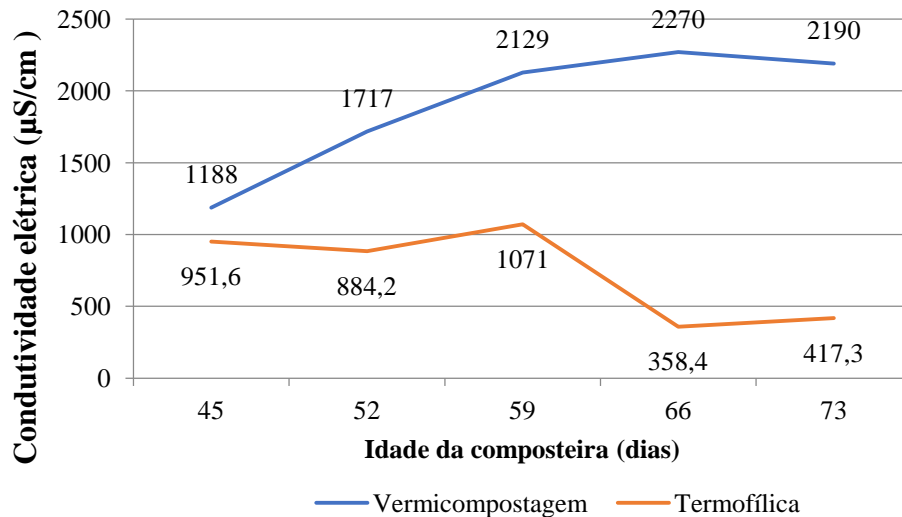


Figura 21 - Condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C)
Elaborado pela autora, a partir de dados de pesquisa (2019).

Observou-se certa diminuição nos valores da CE para a composteira termofílica, o que pode ter ocorrido por perdas de nutrientes devido a lixiviação em razão da exposição às chuvas, enquanto o aumento na CE da vermicompostagem pode ser explicado pela pouca geração de chorume e maior concentração de sais, conforme Marques et al (2016).

Massukado e Schalch (2010), afirmam que a CE é um parâmetro que mede a qualidade do composto por meio da análise da quantidade de sais presentes no substrato e este serve como indicativo dos níveis de fitotoxicidade. Além disso, ainda segundo os autores supracitados, o grau de qualidade de um composto dependerá do tipo de uso que este terá.

Kiehl (2002), citado por Silva (2005), afirma que à medida em que ocorre o processo de compostagem a tendência é que a CE diminua e se estabilize em um valor próximo a metade do encontrado na primeira leitura.

No entanto, Craul e Switzenbaun (1996) e Garcia et al (1992) citados por Silva (2005), relatam que a condutividade elétrica de um composto orgânico não deve ultrapassar a $4 \text{ dS}/\text{m}$ (ou $4000 \mu\text{S}/\text{cm}$), portanto os valores encontrados para a vermicompostagem estão de acordo com os encontrados na literatura. Quanto à composteira termofílica nada é possível afirmar, uma vez que as condições de operação da mesma não foram as ideais.

4.3 Limitações e Soluções

Visualmente não houve grandes mudanças na pilha de compostagem termofílica, a degradação aparentava estar ocorrendo de forma muito lenta. Não foi observado o aumento esperado na temperatura da leira, que sempre aparentava estar em temperatura ambiente. Os erros podem ter ocorrido em função da granulometria do material depositado nas pilhas, que não passou por nenhuma espécie de trituração ou diminuição das partículas, conforme orienta Pereira Neto (2007), pois a escola não dispunha de aparelhagem para tal e nem recursos para aquisição de um triturador. Sendo assim, os resíduos foram simplesmente depositados no chão da forma como foram coletados. Outro fator que pode ter influenciado eram as chuvas constantes que caíam sobre a pilha, que não dispunha de cobertura e ficava sempre exposta as precipitações.

De acordo com diversos autores (AQUINO, OLIVEIRA & LOUREIRO, 2005; FIORI, SCHOENHALS & FOLLADOR, 2008; VALENTE et al, 2009; FERNANDES, 2010; HECK et al, 2013), a temperatura é um dos principais parâmetros a serem monitorados no processo de compostagem, pois esta é essencial para o desenvolvimento adequado dos microrganismos termófilos e demais microrganismos responsáveis pela degradação da matéria orgânica, e é por meio do monitoramento da temperatura que se verifica a necessidade de aeração, caso seja necessário aumentar a temperatura para prolongamento da fase termofílica.

Temperaturas na faixa entre 65 e 70°C (fase termofílica) podem reduzir a população de bactérias patogênicas, conforme Fernandes (2010) e Heck et al (2013) e também destruir sementes e acelerar o processo de compostagem, conforme Fiori, Schoenhals e Follador (2008). De acordo com Herbets et al (2005) a temperatura é um fator determinante para o sucesso da compostagem. A diminuição da temperatura, segundo os autores, indica diminuição da degradação, cuja causa pode ser falta de aeração ou de umidade, e temperaturas muito elevadas indicam também falta de aeração.

De acordo com Valente et al (2009) não se pode afirmar que um composto está maduro baseando-se apenas na diminuição da temperatura, pois a maturação do composto depende, além deste parâmetro, de fatores como umidade, tamanho da leira e das partículas, introdução de oxigênio, nutrientes e ainda da relação C/N. Portanto, com base no enunciado acima, conclui-se que as condições de operação da composteira termofílica, neste trabalho, não foram ideais para propiciar o aquecimento da leira e por conseguinte não foi possível obter a maturação do composto.

Além disso, a relação C/N não estava na proporção adequada. Os materiais dispostos eram em sua maioria folhas e capim secos, cascas de árvores, sementes e raízes, materiais lenhosos ricos em carbono e difíceis de degradar. Em contrapartida, os resíduos nitrogenados

provenientes dos resíduos domiciliares trazidos pelos alunos estavam presentes em menor quantidade do que a recomendada. O resíduo orgânico cru gerado pela cozinha também não era suficiente para corrigir a relação C/N. Segundo Peixe e Hack (2014), a alta taxa de carbono pode ocasionar a inibição dos microrganismos, retardando a maturação da leira.

Foi observada a introdução de novos resíduos frescos mesmo depois de ter iniciado a fase mesofílica, o que pode ter atrapalhado o processo e impedido o início da fase termofílica, que não aconteceu. Uma possível solução para a correção da relação C/N seria a adição de esterco de galinha. De acordo com Dias (2009), o esterco de galinha é uma boa fonte de nitrogênio, fósforo e cálcio e a mistura de compostos nitrogenados com materiais estruturantes ricos em carbono, além de agilizar o processo, evita perdas de nutrientes por volatilização ou lixiviação.

Quanto à vermicompostagem, uma semana após a introdução dos alimentos no minhocário não foi mais possível observar a presença das minhocas. Estas podem ter morrido em função de algum desequilíbrio do meio, ou ainda fugido devido ao calor intenso que ocorreu no início do processo. Nadolny (2009) relata em seu experimento que ao depositar as minhocas diretamente sobre os resíduos orgânicos, estas morreram devido à acidez dos lixiviados dos resíduos.

A vermicomposteira foi colocada em lugar sombreado, mas próximo ao muro da escola, local que recebe luz do sol diretamente em certos períodos, o que pode ter ocasionado a fuga ou morte das minhocas. De acordo com Ricci (1996), altas temperaturas podem ocasionar a fuga das minhocas, bem como o encharcamento do meio, a falta de alimento ou se o composto já estiver estabilizado. Os inimigos mais comuns das minhocas são as formigas, sanguessugas, centopeias, lesmas, entre outros, conforme relata Ricci (1996).

Após o desaparecimento das minhocas foi possível observar a presença de outros insetos como formigas, larvas (vermes) e marimbondos (Figura 22). Apesar disso, o processo de decomposição da matéria orgânica aparentava estar ocorrendo de forma adequada. A cor e o cheiro do composto conferem com o citado por Ricci (1996), apresentando aspecto de graxa preta e cheiro de solo úmido, que ao ser apertado com a mão formava uma massa agregada e úmida, de acordo com o que Peixoto e Fernandes (2016) encontraram.



Figura 22 - (a) formigas e (b) vermes.
Fonte: Arquivo pessoal.



Figura 23 - Composto aos 97 dias.
Fonte: Arquivo pessoal

É possível perceber ainda a presença de cascas de ovos e serragem ainda não decompostos com 97 dias de compostagem (Figura 23), pois estes levam mais tempo para degradar, conforme relatam Salvaro et al (2007). A quantidade de chorume produzida foi ínfima, não sendo necessária fazer a retirada com frequência.

5 CONCLUSÕES

A reciclagem dos resíduos secos e compostagem dos resíduos orgânicos se mostram como ótimas alternativas para a problemática da má disposição dos resíduos sólidos urbanos em aterros e lixões.

A implantação das lixeiras, do PEV e das composteiras na escola apresentou um resultado positivo, indicando a partir de alguns parâmetros que o resíduo se encontrava próximo a estabilização. No entanto existe necessidade de melhorias tanto das análises a serem realizadas quanto da participação e empenho dos demais professores e da coordenação escolar, atuando na cobrança dos alunos e funcionários para concretizarem as práticas de educação ambiental desenvolvidas na instituição, não deixando apenas a cargo do professor de ciências a responsabilidade de comandar tais ações.

A implantação do sistema de compostagem na escola se constituiu em uma boa ferramenta de educação ambiental. Os problemas ocorridos durante a operação das composteiras são simples e fáceis de resolver, ou seja, não inviabilizam a continuação do projeto. No entanto, o que prejudica sua perpetuação é a falta de pessoas disponíveis para monitoramento das composteiras. Como dito anteriormente, apenas o professor de ciências se voluntariou para estar à frente do projeto.

Para o sucesso do projeto de educação ambiental utilizando a compostagem como ferramenta, faz-se necessário maior engajamento por parte da comunidade escolar como um todo. Propõe-se uma espécie de rotatividade entre todas as turmas da escola para que estas se revezem no cuidado das composteiras e da horta. Dessa forma, ao dedicar alguns minutos diários das aulas para esta atividade, mais alunos terão contato com projeto.

REFERÊNCIAS

- ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil 2017**. São Paulo, 2017. Disponível em <<http://abrelpe.org.br/Panorama/>>. Acesso em: 10 jul. 2019.
- ALVES, F. R. R.; LUZ, M. P. da. **Análise de Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Gerados em Dois Shopping Centers de Goiânia - GO**. In: XXXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Joinville, SC, Brasil, 10 a 13 de outubro de 2017. Disponível em <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_246_426_31085.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2019.
- AQUINO, A. M. de. **Vermicompostagem**. Circular Técnica 29. Seropédica, RJ: Embrapa, dez. 2009. Disponível em <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/664309/vermicompostagem>>. Acesso em: 30 dez. 2019.
- AQUINO, A. M.; OLIVEIRA, A. M. G.; LOUREIRO, D. C. **Integrando Compostagem e Vermicompostagem na Reciclagem de Resíduos Orgânicos Domésticos**. Circular Técnica 12. Seropédica, RJ: Embrapa, junho, 2005. Disponível em <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/596884/1/cit012.pdf>>. Acesso em: 14 jan. 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**. Resíduos sólidos – Classificação. 2. ed. Rio de Janeiro, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12235**. Armazenamento de resíduos sólidos perigosos. Rio de Janeiro, 1992.
- BARTHOLOMEU, D. B.; BRANCO, J. E. H.; CAIXETA-FILHO, J. V. A logística de transporte dos resíduos sólidos domiciliares (RSD). In: BARTHOLOMEU, D. B.; CAIXETA-FILHO, J. V. (Org.). **Logística Ambiental de Resíduos Sólidos**. São Paulo: Atlas, 2011.
- BRASIL. Constituição. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, 5 out. 1988. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm>. Acesso em: 06 jul. 2019.
- BRASIL. Presidência da República/Casa Civil. Lei nº 12.305, de 2 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. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm>. Acesso em: 06 jul. 2019.
- BRASIL. Presidência da República/Casa Civil. Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a **Política Nacional de Educação Ambiental** e dá outras providências. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9795.htm>. Acesso em: 10 jul. 2019.
- CAIXETA-FILHO, J. V.; GAMEIRO, A. H. Entendendo a Logística. In: BARTHOLOMEU, D. B.; CAIXETA-FILHO, J. V. (Org.). **Logística Ambiental de Resíduos Sólidos**. São Paulo: Atlas, 2011. ISBN 978-85-224-6198-1.
- COTTA, J. A. de O. et al. **Compostagem versus Vermicompostagem: Comparação das Técnicas Utilizando Resíduos Vegetais, Esterco Bovino e Serragem**. Eng Sanit Ambient. V. 20. n.1. jan/mar 2015. 65-78.
- CRESPO, S.; COSTA, S. S. da. Planos de Gestão. In: JARDIM, A.; YOSHIDA, C.; MACHADO FILHO, J. V. (Org.). **Política Nacional, Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos**. 1. ed. Barueri, SP: Manole, 2012. (Coleção Ambiental).

CUNHA, V.; CAIXETA FILHO, J. V. **Gerenciamento da Coleta de Resíduos Sólidos Urbanos: Estruturação e Aplicação de Modelo Não-Linear de Programação de Metas.** Revista Gestão & Produção, São Carlos-SP, v. 9, n. 2, p. 143-161. Ago.2002.

DIAS, B. de O. **Compostagem de Esterco de Galinha: Composição Química da Matéria Orgânica e Extração de Substâncias Húmicas.** 2009. 107 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras. Lavras, MG, 2009.

FEAM. Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Metodologia Simplificada de Caracterização de Resíduos Sólidos Urbanos para Municípios do Estado de Minas Gerais.** Disponível em http://www.feam.br/images/stories/2015/RESIDUOS_SOLIDOS/retificada-metodologia%20caracterizao%20de%20rsu%20em%20mg-.pdf. Acesso em: 25 jul. 2019.

FIORI, M. G. S.; SCHOENHALS, M.; FOLLADOR, F. A. C. **Análise da Evolução Tempo-Eficiência de Duas Composições de Resíduos Agroindustriais no Processo de Compostagem Aeróbia.** Engenharia Ambiental – Espírito Santo do Pinhal, v. 5, n. 3, p. 178-191, set/dez, 2008.

FERNANDES, F. J. **Determinação da Mistura Ótima para Compostagem de Dejetos Suínos Utilizando Maravalha de Madeira.** Revista agrogeoambiental - abril 2010. Disponível em <https://agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br/index.php/Agrogeoambiental/article/viewFile/259/255>. Acesso em: 14 jan. 2020.

FERREIRA, C. F. A.; ZANTA, V. M. Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos. In: CASTILHOS JUNIOR, A. B. de. (coord.). **Resíduos Sólidos Urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte.** Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2003. 294 p.: il. Projeto PROSAB.

GHIRALDELLI, A. J.; SANTOS, M. P. F. dos.; VALÉRIO, R. S. Programa de Educação Ambiental. Pequenas Ações Mudam o Mundo. In: HAMMES, V. S.; RACHWAL, M. F. G. (editores técnicos). **Meio Ambiente e a Escola.** (Educação Ambiental para o Desenvolvimento Sustentável, 7). Brasília, DF: Embrapa, 2012. 490 p.

GIRARDI, T. et al. **Compostagem de Resíduos Sólidos Provenientes de Restaurantes e Serrarias.** 10º Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental. ABES-RS. PUCRS. 2016. Disponível em http://www.abes-rs.uni5.net/centraldeeventos/arqTrabalhos/trab_20160907011712000000220.pdf. Acesso em: 07 jan. 2020.

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 Carlos/SP.** Dissertação (mestrado). 2015. 163 f. Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2015.

GUERRA, S. **Resíduos sólidos: comentários à Lei 12.305/2010.** Rio de Janeiro: Forense, 2012.

HECK, E. et al. **Temperatura de degradação de resíduos em processo de compostagem e qualidade microbiológica do composto final.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.17, n.1, p.54–59, 2013 Campina Grande, PB, UAEA/UFMG.

HERBETS, R. A. et al. **Compostagem de Resíduos Sólidos Orgânicos: aspectos biotecnológicos.** Revista Saúde e Ambiente/ Health and Environment Journal, v. 6, n. 1, jun

2005. Disponível em https://www.researchgate.net/profile/Luiz_Claudio_Miletti/publication/274564974_Compostagem_de_Residuos_solidos_organicos_aspectos_biotecnologicos/links/552273f30cf2a2d9e1454bb6/Compostagem-de-Residuos-solidos-organicos-aspectos-biotecnologicos.pdf. Acesso em: 14 jan. 2020.

IPEA. **Apenas 13% dos resíduos sólidos urbanos no país vão para reciclagem.** Disponível em http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&id=29296. Acesso em: 19 jul. 2019.

JURAS, I. da. A. G. M.; ARAÚJO, S. M. V. G. de. A Responsabilidade Compartilhada pelo Ciclo de Vida do Produto. In: JARDIM, A.; YOSHIDA, C.; MACHADO FILHO, J. V. (Org.). **Política Nacional, Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos**. 1. ed. Barueri, SP: Manole, 2012. (Coleção Ambiental).

LANGE, L. C. et al. **Metodologia para Análises Laboratoriais de Resíduos Sólidos Urbanos, Líquidos Lixiviados de Aterros Sanitários e Solos**. In: CASTILHOS JR, A. B. de. (Coordenador). **Resíduos sólidos urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte**. Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2003. 294 p.

LANGE, L. C. et al. **Resíduos Sólidos, Saúde e Meio Ambiente: Impactos Associados aos Lixiviados de Aterro Sanitário**. In: CASTILHOS JR, A. B. de. (Coordenador). **Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos com Ênfase na Proteção de Corpos d'água: Prevenção, Geração e Tratamento de Lixiviados de Aterros Sanitários**. Rio de Janeiro: ABES, 2006. 494 p.

LEITE, P. R. Logística Reversa na Atualidade. In: JARDIM, A.; YOSHIDA, C.; MACHADO FILHO, J. V. (Org.). **Política Nacional, Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos**. 1. ed. Barueri, SP: Manole, 2012. (Coleção Ambiental).

LUZZI, D. Educação Ambiental: Pedagogia, Política e Sociedade. In: PHILIPPI JÚNIOR, A.; PELICIONI, M. C. F. (Org.). **Educação Ambiental e Sustentabilidade**. 1. ed. Barueri, SP: Manole, 2005. (Coleção Ambiental; 3).

MANO, E. B.; PACHECO, É. B. A. V.; BONELLI, C. M. C. **Meio Ambiente, Poluição e Reciclagem**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2010.

MARCHI, C. M. D. F.; SANTANA, J. Projetos Sociais e Ambientais Para o Fortalecimento dos Empreendimentos Econômicos Solidários de Catadores de Materiais Recicláveis. In: MARCHI, C.M. D. F. (Org.). **Gestão dos Resíduos Sólidos: Conceitos e Perspectivas de Atuação**. 1. ed. Curitiba: Appris, 2018.

MARCHI, C. M. D. F.; SILVA, M. L. R. N. A Elaboração dos Planos de Gerenciamento dos Resíduos Sólidos: Apoio à Gestão Pública. In: MARCHI, C.M. D. F. (Org.). **Gestão dos Resíduos Sólidos: Conceitos e Perspectivas de Atuação**. 1. ed. Curitiba: Appris, 2018.

MAROUN, C. A. **Manual de Gerenciamento de Resíduos: Guia de procedimento passo a passo**. 2. ed. Rio de Janeiro: GMA, 2006. Sistema FIRJAN.

MARQUES, V. da C. et al. **Resíduos Sólidos. Compostagem de Resíduos Orgânicos Domiciliares e de Poda de Árvores: Parâmetros Físico-Químicos**. XIV ENEEAmb, II Fórum Latino e I SBEA – Centro – Oeste. Brasília, 2016.

MASSUKADO, L. M.; SCHALCH, V. **Avaliação da Qualidade do Composto Proveniente da Compostagem da Fração Orgânica dos Resíduos Sólidos Domiciliares**. Artigos Técnicos. DAE. Maio 2010.

MELO, F. H. F. de A. **Caracterização e Estudo do Gerenciamento dos Resíduos Sólidos Urbanos em um Consórcio Municipal do Estado de Pernambuco**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. Caruaru, 15 dez. 2015.

MENDES, D. B.; SANDES, F. S. Gestão de Resíduos Orgânicos: Práticas de Compostagem em uma Central de Abastecimento da RMS. In: MARCHI, C. M. D. F. (Org.). **Gestão dos Resíduos Sólidos: Conceitos e Perspectivas de Atuação**. 1. ed. Curitiba: Appris, 2018.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Manual Para Implantação de Compostagem e de Coleta Seletiva no Âmbito de Consórcios Públicos**. Brasília, DF: MMA, 2010. Disponível em <https://www.mma.gov.br/estruturas/srhu_urbano/arquivos/3_manual_implantao_compostagem_coleta_seletiva_cp_125.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2019.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Compostagem doméstica, comunitária e institucional de resíduos orgânicos: manual de orientação**. Ministério do Meio Ambiente, Centro de Estudos e Promoção da Agricultura de Grupo, Serviço Social do Comércio. -- Brasília, DF: MMA, 2017. Disponível em <https://mma.gov.br/images/arquivo/80058/Compostagem-ManualOrientacao_MMA_2017-06-20.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2019.

MNCR. Política Nacional de Resíduos e o Movimento Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis. In: JARDIM, A.; YOSHIDA, C.; MACHADO FILHO, J. V. (Org.). **Política Nacional, Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos**. 1. ed. Barueri, SP: Manole, 2012. (Coleção Ambiental).

MONTEIRO, J. H. P. et al. **Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**. ZVEIBIL, V. Z. (Coord.). Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

MORAES, K. S. de. Educação e Interdisciplinaridade. In: HAMMES, V. S.; RACHWAL, M. F. G. (editores técnicos). **Meio Ambiente e a Escola**. (Educação Ambiental para o Desenvolvimento Sustentável, 7). Brasília, DF: Embrapa, 2012a. 490 p.

MORAES, K. S. de. A Utilização da Macroeducação nas Escolas. In: HAMMES, V. S.; RACHWAL, M. F. G. (editores técnicos). **Meio Ambiente e a Escola**. (Educação Ambiental para o Desenvolvimento Sustentável, 7). Brasília, DF: Embrapa, 2012b. 490 p.

NADOLNY, H. S. **Reprodução e Desenvolvimento das Minhocas (Eusenia andrei Bouché 1972 e Edrilus eugeniae (Kinberg 1867)) em Resíduo Orgânico Doméstico**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2009.

NORMA TÉCNICA INTERNA SABESP. NTS 013. **Sólidos. Métodos de ensaio**. São Paulo, 1999.

PEIXE, M.; HACK, M. B. **Compostagem como Método Adequado ao Tratamento de Resíduos Sólidos Orgânicos Urbanos: Experiência do Município de Florianópolis/SC**. 2014. Disponível em <http://www.pmf.sc.gov.br/arquivos/arquivos/pdf/27_03_2014_10.52.58.648dc17b1d3f981315f8ecf7d2104d2f.pdf>. Acesso em: 07 jan. de 2020.

PEIXOTO, A. A.; FERNANDES, J. G. **Utilização da Técnica de Compostagem: Uma Proposta para Destinação Final dos Resíduos Orgânicos Gerados em um Restaurante Universitário**. XIII SEGeT – Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. Disponível em < <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos16/8524288.pdf> >. Acesso em: 07 de jan. 2020.

PEREIRA NETO, J. T. **Manual de compostagem: processo de baixo custo.** Viçosa – MG: UFV, 2007.

PREFEITURA DE RIO VERDE. **Ecopontos já reduzem 50% dos problemas de impacto ambiental na cidade.** Disponível em <<https://www.rioverde.go.gov.br/ecopontos-ja-reduzem-50-dos-problemas-de-impacto-ambiental-na-cidade/>>. Acesso em: 30 dez. 2019.

PIRES, I. J. et al. **Produção de Compostagem para Horta Orgânica, visando um Desenvolvimento Socioeconômico e Ambiental.** 1º Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade. Gramado-RS, 2018. Disponível em <<https://www.ibeas.org.br/conresol/conresol2018/III-016.pdf>>. Acesso em 07 de jan. 2020.

QUEIROZ, F. F.de. **Avaliação do Aproveitamento de Resíduos Vegetais por Meio da Compostagem em Leiras Revolvidas.** Estudo de Caso de Londrina. Dissertação (mestrado). Londrina, 2007.

RECESA. **Resíduos Sólidos: gestão integrada de resíduos sólidos urbanos guia do profissional em treinamento: nível 1.** Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org.). – Belo Horizonte: ReCESA, 2007. 60 p.

RECESA. **Resíduos Sólidos: plano de gestão de resíduos sólidos urbanos: guia do profissional em treinamento: nível 2.** Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org.). – Belo Horizonte: ReCESA, 2007. 96 p.

RICCI, M. dos S. F. **Manual de Vermicompostagem.** Porto Velho, RO: Embrapa-CPAF-Rondônia, 1996. 23 p. Disponível em <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/698959/manual-de-vermicompostagem>>. Acesso em: 30 dez. 2019.

RICCI – JÜRGENSEN, M. **Manual Para Gestão de Resíduos Orgânicos nas Escolas.** ISWA, 2016.

RIVELLI, E. A. L. Evolução da Legislação Ambiental no Brasil: Políticas de Meio Ambiente, Educação Ambiental e Desenvolvimento Urbano. In: PHILIPPI JÚNIOR, A.; PELICIONI, M. C. F. (Org.). **Educação Ambiental e Sustentabilidade.** 1. ed. Barueri, SP: Manole, 2005. (Coleção Ambiental; 3).

SALVARO, E. et al. **Avaliação de Cinco Tipos de Minicomposteiras para Domicílios do Bairro Pinheirinho da Cidade de Criciúma/SC.** Com Scientia, Curitiba, PR. v.3, n.3. jan/jun, 2007.

SANDÃO, P. S. de. S. Lixo: como solucionar esse problema? In: HAMMES, V. S.; RACHWAL, M. F. G. (editores técnicos). **Meio Ambiente e a Escola.** (Educação Ambiental para o Desenvolvimento Sustentável, 7). Brasília, DF: Embrapa, 2012. 490 p.

SANTOS, H. M. N. dos. **Educação Ambiental por Meio da Compostagem de Resíduos Sólidos Orgânicos em Escolas Públicas de Araguari-MG.** Dissertação (mestrado). Araguari, 2007.

SIMÕES, G.F. et al. **Aplicação de um Modelo Tridimensional de Avaliação de Balanço Hídrico em Aterros de Disposição de Resíduos Sólidos Urbanos.** In: 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, III-198, pp. 1-13, Mato Grosso do Sul, set. 2005.

SILVA, F. A. de M. **Qualidade de Compostos Orgânicos Produzidos com Resíduos de Processamento de Plantas Medicinais.** Tese (doutorado). Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP. Botucatu, SP: 2005.

SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos - 2018**. Brasília: SNS/MDR, 2019. 247 p. Disponível em <http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/rs/2018/Diagnostico_RS2018.pdf>. Acesso em 29 dez. 2019.

SOARES, F. R. **Impacto Ambiental de Tecnologias de Tratamento e Aproveitamento Energético de Resíduos Sólidos Urbanos**. Jundiaí: Paco Editorial, 2016.

SOARES, E.; MAHLER, C. F. Características dos Resíduos Sólidos Urbanos e Poder Calorífico. In: MAHLER, C. F. (Org.). **Lixo Urbano: o que você precisa saber sobre o assunto**. Rio de Janeiro: Revan: FAPERJ, 2012.

SOLER, F. D.; MACHADO FILHO, J. V.; LEMOS, P. F. I. Acordos setoriais, regulamentos e termos de compromisso. In: JARDIM, A.; YOSHIDA, C.; MACHADO FILHO, J. V. (Org.). **Política Nacional, Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos**. 1. ed. Barueri, SP: Manole, 2012. (Coleção Ambiental).

SOUZA, M. A. P. de.; CARVALHO, S. S. de.; BARBOSA, Y. B. Geoprocessamento Como Tecnologia Para o Aprimoramento do Manejo dos Resíduos Sólidos Urbanos. In: MARCHI, C. M. D. F. (Org.). **Gestão dos Resíduos Sólidos: Conceitos e Perspectivas de Atuação**. 1. ed. Curitiba: Appris, 2018.

SOUZA, R. M. de. Educação Ambiental e Cidadania. In: HAMMES, V. S.; RACHWAL, M. F. G. (editores técnicos). **Meio Ambiente e a Escola**. (Educação Ambiental para o Desenvolvimento Sustentável, 7). Brasília, DF: Embrapa, 2012. 490 p.

SCHUELER, A. S. de.; MAHLER, C. F.; GUIÃO JUNIOR, R. Compostagem. In: MAHLER, C. F. (Org.). **Lixo Urbano: o que você precisa saber sobre o assunto**. Rio de Janeiro: Revan: FAPERJ, 2012.

TRIGUEIRO, R. D. M. et al.. **Metodologia Científica**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A, 2014.

VALLE, C.E. do. **Qualidade ambiental: ISO 14000**. 4. ed. rev. e ampl. São Paulo: SENAC, 2002.

VALENTE, B. S. et al. **Fatores que Afetam o Desenvolvimento da Compostagem de Resíduos Orgânicos**. Archivos de zootecnia vol. 58(R). Disponível em <http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/07_18_48_1395REVISIONFatoresValente1.pdf>. Acesso em: 14 jan. 2020.

YOSHIDA, C. Competência e as diretrizes da PNRs: Conflitos e critérios de harmonização entre as demais legislações e normas. In: JARDIM, A.; YOSHIDA, C.; MACHADO FILHO, J. V. (Org.). **Política Nacional, Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos**. 1. ed. Barueri, SP: Manole, 2012. (Coleção Ambiental).