

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE QUIMICA E BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL**

ANA CLAUDIA NÜERNBERG VAZ

**AVALIAÇÃO DE DOIS MODELOS DE VERMICOMPOSTAGEM PARA
GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS CRUS E
APLICAÇÃO COMO TEMA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL NO ENSINO
FORMAL.**

DISSERTAÇÃO

**CURITIBA
2017**

ANA CLAUDIA NÜERNBERG VAZ

**AVALIAÇÃO DE DOIS MODELOS DE VERMICOMPOSTAGEM PARA
GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS CRUS E
APLICAÇÃO COMO TEMA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL NO ENSINO
FORMAL**

Trabalho de Dissertação apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Mestre, do Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr^a. Tamara Simone van Kaick

Co-orientador: Prof. Dr. Gustavo Henrique Couto

Co-orientador: Prof. Me Nelson Miguel Guerreiro Lourenço

CURITIBA

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

V393a
2017 Vaz, Ana Claudia Nüernberg
Avaliação de dois modelos de vermicompostagem para gerenciamento de resíduos orgânicos crus e aplicação como tema de educação ambiental no ensino formal / Ana Claudia Nüernberg Vaz.-- 2017.
109 f. : il. ; 30 cm

Texto em português com resumo em inglês
Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Curitiba, 2017
Bibliografia: f. 103-109

1. Lixo – Eliminação. 2. Resíduos industriais e comerciais. 3. Resíduos orgânicos. 4. Resíduos orgânicos – Reaproveitamento. 5. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Eliminação de resíduos. 6. Tecnologia ambiental – Dissertações. I. Kaick, Tamara Simone van. II. Lourenço, Nelson Miguel. III. Couto, Gustavo Henrique. IV. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental. V. Título.

CDD: Ed. 22 – 363.7

Biblioteca Central da UTFPR, Câmpus Curitiba

TERMO DE APROVAÇÃO DE DISSERTAÇÃO Nº083

A Dissertação de Mestrado intitulada AVALIAÇÃO DE DOIS MODELOS DE VERMICOMPOSTAGEM PARA GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS CRUS E APLICAÇÃO COMO TEMA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL NO ENSINO FORMAL, defendida em sessão pública pelo(a) candidato(a) Ana Claudia Nuernberg Vaz, no dia 31 de maio de 2017, foi julgada para a obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental, área de concentração Tecnologias E Processos Ambientais, e aprovada em sua forma final, pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental.

BANCA EXAMINADORA:

Prof(a). Dr(a). Tamara Simone Van Kaick - Presidente - UTFPR

Prof(a). Dr(a). Jair Alves Dionísio - UFPR

Prof(a). Dr(a). Júlio César Rodrigues de Azevedo - UTFPR

A via original deste documento encontra-se arquivada na Secretaria do Programa, contendo a assinatura da Coordenação após a entrega da versão corrigida do trabalho.

Curitiba, 31 de maio de 2017.

Carimbo e Assinatura do(a) Coordenador(a) do Programa

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a DEUS, pois Ele colocou pessoas tão especiais a meu lado, sem as quais certamente não teria conseguido.

Aos meus pais, Simone e Haroldo por sempre me darem suporte e apoio sempre que precisei.

Ao meu esposo Victor Soares de Oliveira Vaz, por sempre estar do meu lado e me fazer acreditar em mim.

A minha querida professora orientadora Dr^a. Tamara Simone van Kaick, que em todos esses anos me ensinou muito, e que sempre me serviu de exemplo como pessoa e como profissional.

Ao querido Me. Miguel Guerreiro Lourenço, que mesmo à distância me ensinou muito sobre vermicompostagem.

Ao Prof Dr. Gustavo por todo apoio oferecido.

A Brunah Wagner, minha querida amiga que tanto me ajudou neste trabalho, sempre me motivando a desenvolver esta pesquisa.

A minha sogra Andrea de Oliveira Vaz, que fez a correção do texto da dissertação.

As mestrandas: Francini Bren, Giovana Casagrande, Eliane Machado, Liliane Sessi, Luciana Veredissimo, Mayara Paiva, Nayara Romano, Regiane Reque e Tatiane Soares, pelo apoio emocional sempre que necessário.

Agradeço, também, à CAPES pelo apoio financeiro.

Aos alunos: Elias de Moraes Fernandes; Eric Alan Aguiar de Lima; Nubia Silveira Mendes e Estevão Humberto Monte por participarem do desenvolvimento do material didático de vermicompostagem.

Obrigada a todos os funcionários que me ajudaram tanto, varrendo e guardando as folhas de arvores recolhidas na frente da universidade, separando resíduos os na cozinha do RU, A Beti me separando borra de café.

Agradeço muito a equipe de seguranças, Eloar C. A. Gonçalves, Diorne B. N. Correia e Valdicir J. Marafon, que cuidaram da minha segurança durante a realização do projeto e me ajudaram com o descarte do material.

Ninguém vence sozinho... OBRIGADA A TODOS!

RESUMO

VAZ, Ana Claudia Nüernberg. **Avaliação de dois modelos de vermicompostagem para gerenciamento de resíduos orgânicos crus e aplicação como tema de educação ambiental no ensino formal.** 2017. 123. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017.

Do total de Resíduos Sólidos Urbanos gerados no Brasil, 51% são resíduos orgânicos dispostos em aterros sanitários ou lixões. A Política Nacional de Resíduos Sólidos integra as Políticas Nacionais do Meio Ambiente e da Educação Ambiental. Isso indica o reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico, de valor social, promotor de cidadania, gerador de trabalho e renda. O resíduo orgânico gerado na Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR câmpus Curitiba, serviu como estudo de caso para avaliar o gerenciamento e tratamento de resíduos orgânicos utilizando a vermicompostagem e serviu como dinamizador da Educação Ambiental - EA para o ensino fundamental. Para o gerenciamento dos resíduos orgânicos em grande escala, como no Restaurante Universitário-RU da UTFPR, foi verificada a separação de resíduos na cozinha durante uma semana de resíduos crus, sobras do buffet e do prato. Os resíduos crus foram tratados em dois modelos de vermidigestores, um composto por caixas com o fundo modificado com furos e outro com barras. Os resíduos orgânicos crus mais gerados foram folhas de alface, repolho e cascas de pepino que formaram o substrato de alimento para os vermidigestores, e foram adicionados 10 kg de vermicomposto com 1,21 kg de minhocas da espécie *Eisenia fetida* por m². O experimento foi planejado conduzido em 60 dias com uma aplicação de alimentação. A cada três dias foram retiradas amostras do vermicomposto e do lixiviado para analisar os seguintes parâmetros: temperatura; umidade; pH; quantidade de lixiviado; substâncias húmicas; coliformes; salmonella; relação C/N; macro e micronutrientes. Os resultados apresentaram temperatura média de 23°C; a umidade média de 81%; o pH se manteve constante em 7,7; coliformes e salmonella foram encontrados abaixo do limite estabelecido e a relação média C/N no vermicomposto e do chorume foi de 10,8/1. A análise de micro e macro nutrientes indicou um fertilizante rico em nitrogênio e alta quantidade de ferro para os dois modelos. Observou-se que o modelo do vermidigestor com barras obteve melhor resultado quando avaliada a decomposição da matéria orgânica lábil, escoamento de lixiviado e reprodução da população de minhocas, sendo indicado para gerenciamento em grande escala. Para a aplicação em pequena escala, os dois modelos são adequados. A técnica da vermicompostagem foi aplicada em atividade de EA em escolas do ensino básico, as dificuldades e questionamentos dos professores, forneceram subsídios para o desenvolvimento de duas cartilhas: uma para o público infantil e outra para o público adulto.

Palavras-chave: Resíduos sólidos. Reciclagem de resíduos orgânicos. Compostagem aeróbia. *Eisenia fetida*.

ABSTRACT

VAZ, Ana Claudia Nuernberg. **Evaluation of two models of vermicomposting aimed at the management and treatment of raw organic residues of vegetable origin and application as environmental education theme in formal education.** 2017. 123. Dissertation (MSc in Environmental Science and Technology) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017.

Of the total urban solid waste generated in Brazil, 51% is organic waste disposed in landfills. The National Solid Waste Policy is part of the National Environmental Policy and articulates with the National Environmental Education Policy, and indicates the recognition of reusable and recyclable solid waste as an economic good, of social value, as a promoter of citizenship, a generator of jobs and income. The organic waste generated at the Federal Technology University of Paraná - UTFPR campus Curitiba, served as a case study to evaluate the management and treatment of organic waste using vermicomposting, which requires less space and serves as a promoter of Environmental Education - EE for teaching. For the management of large-scale organic waste, such as UTFPR University Restaurant-UR, the separation of residues in the kitchen was verified, the amount generated during a week of both raw and leftover waste from the buffet and dish. Two models of vermidigestors were used in duplicate, one consisting of boxes with the bottom modified with holes and another with bars. The most commonly generated raw organic residues were leaves of lettuce, cabbage and cucumber peels. Each of these vegetables was chopped separately to compose the food substrate, and to form the initial substrate that goes into the vermidigestores, 10 kg of humus were added with 1.21 kg of earthworms of the species *Eisenia fetida* per m². The experiment was conducted in 60 days with only one feeding application. Samples of vermicompost and leachate were collected every three days to analyze the parameters temperature, humidity, pH, amount of leachate, humic substances, Coliforms, Salmonella, C / N ratio, macro and micronutrients. The results presented average temperature of 23°C; The average humidity of 81%; The pH remained constant at 7.7; Coliforms and Salmonella were found below the established limit, and the mean C / N ratio in vermicompost and manure was 10.8 / 1. The analysis of micro and macro nutrients indicated a fertilizer rich in nitrogen and high amount of iron for both models. It was observed that the model of vermidigestor with bars obtained better result when evaluating the decomposition of the labile organic matter, leachate flow and reproduction of the earthworm population, being this model the one indicated for large scale management. For small scale application the two models are suitable. The box vermicomposting technique was applied in the EE activity from a primary school, identifying the difficulties and questions of the teachers, provided subsidies for the development of two booklets, one for the infantile public and another one for the adult public.

Keywords: Solid waste. Recycling of organic waste. Aerobic composting. *Eisenia fetida*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 01 -	DIAGRAMA SIMPLIFICADO DAS RELAÇÕES ENTRE OS ELEMENTOS FUNCIONAIS DE UM SISTEMA DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS.....	9
FIGURA 02 -	TREINAMENTO DOS FUNCIONÁRIOS DO RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO DA UTFPR CÂMPUS CURITIBA SEDE ECOVILLE QUANTO AO DESCARDE DIFERENCIADO DOS RESÍDUOS VEGETAIS DOS DE MAIS RESÍDUOS ORGÂNICOS GERADOS DENTRO DA COZINHA.....	18
FIGURA 03 -	SACOS PLÁSTICOS DE 20, 50 E 100L IDENTIFICADOS COM ETIQUETAS E DISPONIBILIZADOS PARA A COLETA SELETIVA DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS GERADOS NO RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO DA UTFPR CÂMPUS CURITIBA SEDE ECOVILLE.....	19
FIGURA 04 -	MODELO DE VERMIDIGESTORES COM FUROS. A: FOTO DA CAIXA ADAPTADA. B: ESQUEMA DE FUNCIONAMENTO.....	22
FIGURA 05 -	MODELOS DE VERMIDIGESTORES COM BARRAS. A: FOTO DA CAIXA ADAPTADA. B: ESQUEMA DE FUNCIONAMENTO.....	22
FIGURA 06 -	ESQUEMA DA METODOLOGIA USADA PARA DIVISÃO DO VERMICOMPOSTO COM MINHOCAS, DE MODO A REALIZAR UMA DIVISÃO IGUAL DA POPULAÇÃO DE MINHOCAS EM CADA EXPERIMENTO.....	25
FIGURA 07 -	ESQUEMA DA METODOLOGIA USADA PARA ADIÇÃO DO VERMICOMPOSTO COM MINHOCAS...	25
FIGURA 08 -	ESQUEMA GERAL DA MONTAGEM DO EXPERIMENTO.....	29
FIGURA 09 -	AMOSTRADOR.....	30
FIGURA 10 -	METODOLOGIA DE AMOSTRAGEM. A: PONTOS DE AMOSTRAGEM DO DIA 3º AO 30ºDIA. B: PONTOS DE AMOSTRAGEM DO DIA 33º AO 60º, DIA.....	31
FIGURA 11 -	METODOLOGIA DE AMOSTRAGEM UTILIZANDO O AMOSTRADOR.....	32
FIGURA 12 -	NÚMERO DE REFEIÇÕES SERVIDAS NO MÊS DE MAIO NO RU DA UTFPR CÂMPUS CURITIBA SEDE ECOVILLE.....	42
FIGURA 13 -	PROPORÇÃO DA QUANTIDADE DE REFEIÇÕES SERVIDAS POR DIA REFERENTE AO TOTAL SERVIDO POR SEMANA.....	43
FIGURA 14 -	RESÍDUOS COLETADOS EM SACOS PLÁSTICOS DISTINTOS POR TIPOLOGIA FOLHOSOS E NÃO FOLHOSOS.....	44

FIGURA 15 -	FOLHOSAS UTILIZADAS NA COMPOSIÇÃO DA SALADA INDICANDO A QUANTIDADE DE RESÍDUO NÃO COZIDO GERADO POR REFEIÇÃO.....	48
FIGURA 16 -	CASCAS DE VEGETAIS (NÃO FOLHOSAS) UTILIZADAS NA COMPOSIÇÃO DA SALADA INDICANDO A QUANTIDADE DE RESÍDUO NÃO COZIDO GERADO POR REFEIÇÃO.....	49
FIGURA 17 -	A - TRITURAÇÃO DE FOLHAS SECAS RECOLHIDAS NA FRENTE DO CÂMPUS DA UNIVERSIDADE. B – TRITURAÇÃO DOS RESÍDUOS VEGETAIS DO RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO CÂMPUS CURITIBA SEDE ECOVILLE.....	51
FIGURA 18 -	A: PIA ATUAL DA COZINHA DO RU. B: MODELO DE LIXEIRA SUGERIDA PARA FACILITAR A SEPARAÇÃO DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS VERCOMPOSTÁVEIS.....	54
FIGURA 19 -	CARRINHO PARA O DE TRANSPORTE DE RESÍDUOS DO RU. FOTO DO CARRINHO ATUAL. B: SUGESTÃO DE CARRINHO DE TRANSPORTE DE RESÍDUOS COM GRADES E ABERTURA LATERAL.....	55
FIGURA 20 -	ARMAZENAMENTO TEMPORÁRIO DOS RESÍDUOS GERADOS PELO RU.....	55
FIGURA 21 -	FOTO DAS DOS VERMIDIGESTORES DA VERMICULTURA. REAÇÃO DAS MINHOCAS QUANDO FOI ADICIONADA CENOURA RALADA COMO ALIMENTO, INDICANDO <i>STRESS</i>	57
FIGURA 22 -	FOTOS DO MODELO DE VERMIDIGESTOR COM BARRAS. A: FOTO NO QUAL É POSSÍVEL VISUALIZAR O FUNDO DO VERMIDIGESTOR, O QUAL PROPICIA A QUEDA DO VERMICOMPOSTO PRONTO. B: FOTO DO VERMIDIGESTOR EM BARRAS AO 45º DIA DE EXPERIMENTO.....	59
FIGURA 23 -	AMOSTRADOR DESENVOLVIDO PELA PESQUISADORA PARA AUXILIAR NA COLETA DE AMOSTRAS NOS VERMIDIGESTORES.....	60
FIGURA 24 -	FORMAÇÃO DA QUANTIDADE DE LIXIVIADO GERADO NA VERMICOMPOSTAGEM.....	65
FIGURA 25 -	NÚMERO DE MINHOCAS NO COMPARTIMENTO COLETOR DOS VERMIDIGESTORER COM FURO E BARRA AO LONGO DO EXPERIMENTO.....	68
FIGURA 26 -	TOTAL DE MINHOCAS ENCONTRADOS NOS COMPARTIMENTOS COLETORES (%) DURANTE OS 45 DIAS DE EXPERIMENTO DO MODELO COM BARRAS E DOS 60 DIAS DO MODELO COM FUIROS	69

FIGURA 27 -	PERCENTAGEM DE MINHOCAS VIVAS E MORTAS ENCONTRADAS NOS COMPARTIMENTOS COLETORES. A: RESULTADO DO VERMIDIGESTOR COM FUROS AO LONDO DOS 60 DIAS DE EXPERIMENTO. B: RESULTADO DO VERMIDIGESTOR COM BARRAS AO LONGO DOS 45 DIAS DE EXPERIMENTO.....	70
FIGURA 28 -	PERCENTAGEM DE MINHOCAS MORTAS REFERENTE AO TOTAL ENCONTRADAS NO COMPARTIMENTO COLETOR EM CADA DIA DE AMOSTRAGEM.....	71
FIGURA 29 -	VERMIDIGESTORES NO 3º DIA DE EXPERIMENTO. A: VERMIDIGESTOR COM FUROS. B: VERMIDIGESTOR COM BARRAS.....	72
FIGURA 30 -	VERMIDIGESTOR COM FUROS AOS 45 DIAS DE TRATAMENTO.....	74
FIGURA 31 -	EXEMPLO DE PICOS QUE PODEM SER OBSERVADOS NUMA AMOSTRA CONTENDO MATÉRIA ORGÂNICA DISSOLVIDA.....	77
FIGURA 32 -	ESPECTROS DE MATRIZ EXCITAÇÃO-EMIÇÃO (MEE) DE FLUORESCÊNCIA DA MATÉRIA ORGÂNICA EXTRAÍDA NA VERMICOMPOSTAGEM NO SISTEMA DE FUROS NOS PERÍODOS: INICIAL (A), 6 (B), 15 (C), 24 (D), 39 (E), 45 (F) E 60 DIAS (G)..	78
FIGURA 33 -	ESPECTROS DE MATRIZ EXCITAÇÃO-EMIÇÃO (MEE) DE FLUORESCÊNCIA DA MATÉRIA ORGÂNICA EXTRAÍDA NA VERMICOMPOSTAGEM NO SISTEMA DE BARRA NOS PERÍODOS: INICIAL (A), 6 (B), 15 (C), 24 (D), 39 (E) E 45 DIAS (F).....	80
FIGURA 34 -	DESENVOLVIMENTO DO PLANO DE FUNDO E DINÂMICA DO GAME. A: PLANEJAMENTO DO GAME. B: IMAGEM DO GAME.....	88
FIGURA 35 -	PERSONAGEM CENTRAL DO GAME E DAS CARTILHAS, A MINHOCA “NONDA”.....	89
FIGURA 36 -	PERSONAGENS DESENVOLVIDOS PARA O GAME NONDA. A: PASSAROS. B: FORMIGA. C: SANGUESSUGA.....	89
FIGURA 37 -	TIPOS DE ALIMENTAÇÃO QUE APARECEM NA DINÂMICA DO GAME “NONDA”.....	90
FIGURA 38 -	APLICAÇÃO DA TÉCNICA DA FOTOGRAFIA (A;B) E A INCLUSÃO DOS PERSONAGENS PROFESSORA ANA (C) E NONDA (D) NA CARTILHA ADULTA.....	92
FIGURA 39 -	PERSONAGENS CENTRAIS DA CARTILHA (A) NONDA; (B) PROFESSORA ANA, E (C;D) ELEMENTOS VISUAIS DA CARTILHA INFANTIL.....	94
FIGURA 40 -	ATIVIDADE INDIVIDUAL DE ESCREVER AS PARTES DO CORPO DA MINHOCA E PINTAR O DESENHO DA NONDA.....	95
FIGURA 41 -	PEÇAS DESENVOLVIDAS PARA MONTAGEM DO CARTAZ DA VERMICOMPOSTEIRA.....	96

FIGURA 42 -	CARTAZ FEITO POR TURNAS DE ALUNOS NA GINCANA DE COLOMBO.....	96
FIGURA 43 -	EXEMPLOS DO QUIZZ DESENVOLVIDO PARA O GAME.....	97
FIGURA 44 -	ELABORAÇÃO DO VERMIDIGESTOR COM OS ALUNOS DA ESCOLA PAPA JOÃO PAULO XXIII. A: MONTAGEM DO VERMIDIGESTOR. B: ADIÇÃO DE VERMICOMPOSTO, MINHOCAS E RESÍDUOS NO VERMIDIGESTOR.....	97
FIGURA 45 -	PALESTRA MINISTRADA PARA FUNCIONÁRIOS DA ESCOLA JOÃO PAULO XXIII QUANTO A GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS E VERMICOMPOSTAGEM.....	99
FIGURA 46 -	KIT DE VERMICOMPOSTAGEM ELABORADO PARA SER APRESENTADO EM PALESTRAS E CURSOS SOBRE VERMICOMPOSTAGEM.....	99

LISTA DE TABELAS

TABELA 01 -	HORÁRIOS DE COLETA DOS RESÍDUOS DO RU DA UTFPR CÂMPUS CURITIBA SEDE ECOVILLE.....	20
TABELA 02 -	QUANTIDADE DE CADA VARIEDADE DE RESÍDUOS ADICIONADOS EM CADA VERMIDIGESTOR COM RESPECTIVOS CÁLCULOS DE QUANTIDADE DE SUBSTRATO DISPONÍVEL PARA AS MINHOCAS SEGUNDO COEFICIENTE DE ESTABILIZAÇÃO APRESENTADO POR LOURENÇO (2014).....	27
TABELA 03 -	DESCRIÇÃO DOS SACOS UTILIZADOS POR TIPO DE RESÍDUO A SER COLETADO NO RU NO PERÍODO DE UMA SEMANA (DE SEGUNDA A SÁBADO).....	45
TABELA 04 -	RESÍDUOS REFERENTES À PREPARAÇÃO DE 3.070 REFEIÇÕES, REALIZADAS ENTRE O PERÍODO DE 02/05 A 07/05/2016.....	46
TABELA 05 -	QUANTIDADE DE VEGETAIS UTILIZADA NO PREPARO DA REFEIÇÃO DO DIA 02/05/2016* SERVIDO NO RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO DA UTFPR CÂMPUS CURITIBA SEDE ECOVILLE.....	50
TABELA 06 -	MASSA (KG) E DENSIDADE APARENTE (KG.M ⁻³) DE RESÍDUOS <i>IN NATURA</i> E APÓS TRITURADOS DE ALFACE, REPOLHO E CASCA DE PEPINO.....	51
TABELA 07 -	AVALIAÇÃO DO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS ALIMENTARES DO RU CÂMPUS CURITIBA SEDE ECOVILLE, SITUAÇÃO ATUAL E SUGESTÕES PARA MELHORIA.....	52
TABELA 08 -	PARÂMETROS DE CONTROLE DA VERMICOMPOSTAGEM, TEMPERATURA, PH, UMIDADE E RELAÇÃO C/N.....	61
TABELA 09 -	PRINCIPAIS PICOS DE MEE RELACIONADOS COM A MATÉRIA ORGÂNICA.....	76
TABELA 10 -	QUANTIDADE DE VERMICOMPOSTO FORMADO E VARIAÇÃO DA POPULAÇÃO DE MINHOCAS NO EXPERIMENTO UTILIZANDO O VERMIDIGESTOR COM FUROS.....	82
TABELA 11 -	ANÁLISE DOS MACRO (C, N, P, K, CA, MG) E MICRO NUTRIENTES (FE, MN, CU, ZN)PRESENTES NO VERMICOMPOSTO DOS DOIS MODELOS DE VERMIDIGESTORES.....	83
TABELA 12 -	RESULTADOS QUANTIDADE DE NUTRIENTES DE VERMICOMPOSTO E CHORRUME PRODUZIDOS EM UM SISTEMA DE VERMICOMPOSTAGEM NO EXPERIMENTO DE VERMIDIGESTOR COM FUNDO COM FUROS E NO COM BARRAS.....	84

TABELA 13 - CONTEÚDO ADORDE EM CADA CAPÍTULO DA CARTILHA DE VERMICOMPOSTAGEM PARA ADULTOS.....	93
--	----

LISTA DE SIGLAS

ABNT NBR 10004:2004	Associação Brasileira de Normas Técnicas Norma Brasileira nº100004 do ano de 2004
EA	Educação Ambiental
IN 25/2009 da SDA/MAPA	Instrução Normativa nº25 de 2009 da Secretaria de Defesa Agropecuária do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MEE PCN	Matriz Excitação-Emissão Parâmetros Curriculares Nacionais -
PGRS - CC	Programa de Gerenciamento de Resíduos Sólidos - Câmpus Curitiba –
PGRS	Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos
PNEA	Política Nacional de Educação Ambiental
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
RU	Restaurante Universitário
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	5
1.1 OBJETIVO	7
1.1.1 Objetivo Geral	7
1.1.2 Objetivos Específicos	7
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	8
2.1 Resíduos Sólidos Urbanos	8
2.2 Gerenciamento de resíduos em Universidades	10
2.3 Tratamento de resíduos orgânicos	13
2.4 Educação Ambiental	15
3 METODOLOGIA	17
3.1 Gerenciamento de resíduos orgânicos na UTFPR	17
3.1.2 Quantificação dos resíduos	18
3.2 Tratamento de resíduos orgânicos	20
3.2.1 Vermicultura	21
3.2.2 Vermicompostagem	21
3.2.2.1 Avaliação do processo de tratamento através da vermicompostagem	33
3.2.2.1.1 Avaliação dos modelos de vermidigestores	34
3.2.2.1.2 Avaliação do vermicomposto produzido na vermicompostagem	35
3.3 Educação Ambiental	36
3.3.1 Etapa 1 – desenvolvimento do cenário e personagens do game	36
3.3.2 Etapa 2 – desenvolvimento das cartilhas	37
3.3.3 Etapa 3 – avaliação da aplicação dos produtos REA	38
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	41
4.1 Gerenciamento de resíduos	41
4.1.1 Quantificação dos resíduos	41
4.1.2 Gerenciamento de resíduos orgânicos para um possível tratamento futuro dentro da Universidade	52
4.2 Tratamento de resíduos orgânicos	56
4.2.1 Vermicultura	56
4.2.2 Vermicompostagem	58
4.2.2.1 Avaliação dos modelos de vermidigestores	59
4.2.2.2 Avaliação do vermicomposto	83
4.2.3 Vermicompostagem como ferramenta para a Educação ambiental	86
4.3 Educação Ambiental	87
4.3.1 Etapa 1 – desenvolvimento do cenário e personagens do game	87
4.3.2 Etapa 2 – desenvolvimento das cartilhas	91
4.3.3 Etapa 3 – Avaliação da aplicação dos produtos REA	95
4.3.4 Educação ambiental contínua de modo a possibilitar um gerenciamento dos resíduos apropriado para realizar o tratamento dos orgânicos alimentares na Universidade	100
5 CONCLUSÕES	102
REFERÊNCIAS	103

1 INTRODUÇÃO

Um dos problemas desencadeados pela sociedade humana e considerada de grande complexidade é a geração de resíduos. Para gerar um menor impacto ao meio ambiente, deve-se levar em conta a separação, destino e tratamento adequado dos resíduos. São vários os tipos de resíduos gerados, porém alguns deles não são passíveis de reciclagem. Estes podem ser classificados de várias formas, tais como: pela sua origem; pela composição química e pela periculosidade.

Pela sua origem, os resíduos podem ser classificados como reciclável, não reciclável ou rejeito. Pela composição química, como Orgânicos, Poluentes Orgânicos Persistentes e Poluentes Orgânicos Não Persistentes. Pela periculosidade, conforme definidos pela ABNT NBR 10004:2004: Resíduos classe I – perigosos; resíduos classe II A – não inertes e Resíduos classe II B – Inertes.

Os Resíduos Sólidos Urbanos, RSU, são objeto de pesquisas constantes. Para a sua gestão são demandadas legislações. Para o gerenciamento dos mesmos, são desenvolvidos planos e indicadas formas adequadas de tratamento pelos municípios. Dos dados obtidos pelo BRASIL (2012), do total de Resíduos Sólidos Urbanos gerados no Brasil, cerca de 51,4% são resíduos orgânicos que estão sendo dispostos em aterros sanitários ou lixões. A Política Nacional de Resíduos Sólidos PNRS (BRASIL, 2010), considera o resíduo orgânico como reciclável, ou seja, um recurso, tanto no sentido de devolver nutriente ao solo, como fertilizante orgânico, assim como gerador de trabalho e renda. Neste sentido, a PNRS (BRASIL, 2010), integra a Política Nacional do Meio Ambiente e articula-se com a Política Nacional de Educação Ambiental, além de indicar o reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico, de valor social, promotor de cidadania, gerador de trabalho e renda.

Visando desenvolver soluções para a parcela de resíduos orgânicos foi utilizado como estudo de caso o Restaurante Universitário (RU) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR câmpus Curitiba sede Ecoville, que gera cerca de 500 kg/mês de resíduos orgânicos crus de origem vegetal (NUERNBERG & KAICK, 2015), para o qual foram levantados dados sobre o gerenciamento e possibilidade de tratamento adequado deste resíduos.

Estes resíduos orgânicos, gerados na cozinha do RU, podem ser tratados por meio da compostagem, no qual consiste de um processo controlado de reciclagem da matéria orgânica. Este processo pode ocorrer por meio de diferentes técnicas, que se dividem basicamente em dois tipos: as termofílicas e a mesofílica.

As termofílicas precisam atingir altas temperaturas para completar o processo, para isso necessitam de grandes quantidades de resíduos gerados de uma só vez, além de uma grande área para ser utilizada no tratamento.

A compostagem mesofílica ocorre em temperatura ambiente, podendo ser realizada em áreas pequenas, e com menores quantidades de resíduos.

Na compostagem mesofílica, a reciclagem dos resíduos orgânicos ocorre pela ação de microrganismos e minhocas, e por isso é denominada de vermicompostagem. No processo de vermicompostagem não é recomendado o tratamento de resíduos cozidos, dessa forma foram utilizados os resíduos orgânicos vegetais crus.

A vermicompostagem é considerado um dinamizador da Educação Ambiental. O processo pode ser trabalhado nas diferentes áreas do conhecimento de forma transversal e interdisciplinar no ensino fundamental. Assim é possível educar o futuro cidadão a solucionar o problema de resíduos em sua própria residência, tornando-o pró-ativo nesta ação.

Esta pesquisa foi desenvolvida com a finalidade de propor uma maneira de reduzir a quantidade de resíduos orgânicos enviados ao aterro sanitário por meio da reciclagem de parte da fração orgânica gerada na UTFPR câmpus Curitiba sede Ecoville.

Esta dissertação está dividida basicamente em quatro partes. O capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica, que dá o embasamento para o desenvolvimento da pesquisa. O capítulo 3 trata da metodologia aplicada, indicando os passos e etapas da pesquisa. O capítulo 4, sobre os resultados obtidos na avaliação dos dois modelos de vermidigestores e da composição do vermicomposto, e do desenvolvimento do material didático, e por último, no capítulo 5 com a conclusão.

Para compreender melhor o direcionamento da pesquisa, seguem os objetivos que a direcionaram.

1.1 OBJETIVO

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar dois modelos de vermidigestores para o gerenciamento e tratamento de resíduos orgânicos crus de origem vegetal gerados no Restaurante Universitário – RU da UTFPR câmpus Curitiba sede Ecoville e desenvolver material didático sobre a vermicompostagem.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Quantificar a geração de resíduos orgânicos alimentares de origem vegetal gerados no RU da UTFPR sede Ecoville;
- Avaliar o processo de gerenciamento dos resíduos orgânicos do RU da UTFPR sede Ecoville;
- Realizar o tratamento de resíduos orgânicos testando dois modelos de vermidigestores;
 - Avaliar a eficiência de cada modelo de vermidigestor em relação à adaptação das minhocas, ao escoamento de lixiviado e ao grau de degradação da matéria orgânica.
 - Avaliar o produto formado nos dois vermidigestores por meio de parâmetros físicos, químicos, macro e micronutrientes;
- Desenvolver material didático sobre vermicompostagem para que ocorra o processo de sensibilização para a Educação Ambiental.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Resíduos Sólidos Urbanos

A rápida urbanização e a economia em expansão aceleraram significativamente a geração de resíduos sólidos no mundo, sendo necessário focar no consumo sustentável e em uma estratégia de gestão de resíduos adequada (SONG *et al.*, 2015). A Lei brasileira nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS, traz no Art. 3º, inciso XVI, a seguinte definição para resíduos sólidos:

“resíduos sólidos: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível”

De acordo com a PNRS (BRASIL, 2010), estabelecimentos comerciais e de prestação de serviços que geram resíduos perigosos e resíduos que, mesmo caracterizados como não perigosos, por sua natureza, composição ou volume, não sejam equiparados aos resíduos domiciliares, estão sujeitos a desenvolver ações relacionadas à gestão integrada ou a elaboração de plano de gerenciamento de resíduos sólidos.

O gerenciamento de resíduos sólidos é entendido como um conjunto de ações normativas, operacionais, financeiras e de gestão integrada que abrange atividades de manejo dos resíduos sólidos (coleta, transporte, acondicionamento, tratamento e disposição final), todos os aspectos relacionados ao planejamento, à fiscalização e à regulamentação (PHILIPPI *et al.*, 2004).

A gestão integrada de resíduos sólidos pode ser definida como a seleção e a aplicação de técnicas, tecnologias e programas de gestão adequados e com a participação, de forma articulada, aos diversos segmentos da sociedade, de modo a

alcançar metas e objetivos específicos relacionados ao tratamento e à disposição de resíduos sólidos (MESQUITA JÚNIOR, 2007; POLETO, 2010). O fluxograma da gestão de resíduos está apresentado de forma básica na Figura 01:

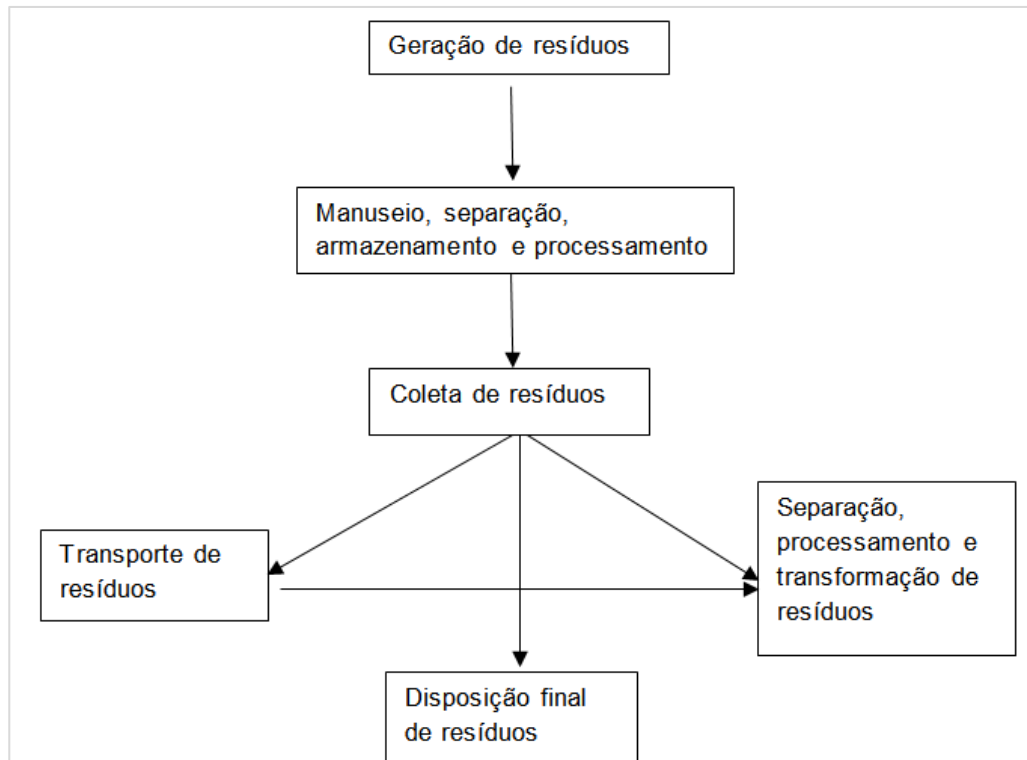


Figura 01: Diagrama simplificado das relações entre os elementos funcionais de um sistema de gestão de resíduos sólidos.
 Fonte: POLETO, 2010

Na pesquisa de Cezar *et al.* (2015), foi relatada a baixa concentração de artigos embasados na PNRS, o que levou o autor a concluir de que a política pode estar enfrentando problemas quanto ao seu processo de implementação.

Segundo Juliatto *et al.* (2011), as Universidades destacam-se no que concerne ao ensino, à pesquisa e à extensão, como uma nova perspectiva na busca por soluções, em que se tem, nesses espaços, a oportunidade de implementação de estratégias modelos e exemplos das melhores práticas direcionadas ao desenvolvimento sustentável.

Neste sentido, no Paraná, em 2004, o Governo do Estado estabeleceu um Fórum permanente da Agenda 21 Paraná, no qual foi desenvolvido um Pacto 21 Universitário que estabeleceria um compromisso conjunto entre Universidades e

Instituições de Ensino Superior na busca por alternativas para soluções através do ensino, da pesquisa, da extensão e de ações de acordo com diretrizes estabelecidas no Pacto (SEVERO *et al*, 2010). Um dos enfoques do Pacto 21 Universitário indica como meta a redução de 20% dos resíduos gerados, sendo estes enviados para o aterro sanitário.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, câmpus Curitiba, é signatária deste Pacto 21 Universitário. Ela propõem, desta forma, implementar o processo de compostagem que possa reciclar a fração orgânica, para atender a meta de evitar o envio de 20% de resíduos gerados para o Aterro Sanitário.

2.2 Gerenciamento de resíduos em Universidades

Segundo Smyth *et al*, (2010), o primeiro passo, para uma boa gestão de resíduos em uma instituição de ensino superior, é um estudo de caracterização dos resíduos. A melhor forma de fazer a caracterização é ter um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos – PGRS, no qual são diagnosticados os resíduos gerados, bem como são indicados procedimentos de coleta, armazenamento e destinação adequadas a cada tipologia de resíduo. O PGRS deve ser atualizado e indicar forma de comunicação e divulgação adequados para o público usuário (UTFPR, 2015).

As universidades geram resíduos de diversas tipologias podendo ser grosseiramente caracterizados por recicláveis, orgânicos e contaminados. Para cada tipologia, deve ser apresentada uma forma de coleta e armazenamento adequados que permitam o gerenciamento e a destinação correta. A fração orgânica nas instituições de ensino superior são geralmente formadas pelo material proveniente dos banheiros, copas e restaurantes universitários, o que exige uma coleta e armazenamento diferenciado para adotar estratégias de reciclagem seguras.

Vários pesquisadores dentre os quais Smyth *et al*.(2010), Lopes & Fonseca (2013), Bochnia *et al*. (2013), De Oliveira *et al*. (2014), Domingues *et al*. (2016), iniciaram levantamentos em Universidades com a função de verificar a fração do resíduo orgânico que seria compostável, e como proceder com o gerenciamento

destes resíduos, assim sendo iniciar um processo de compostagem nas próprias universidades.

Apesar das pesquisas utilizarem metodologias diversas para a realização do diagnóstico, foi possível estimar que no montante geral de geração de resíduos em uma Universidade Norte Americana, entre recicláveis, orgânicos e contaminados, cerca de 22% (referente a 2,2 toneladas de resíduos gerados por semana) são a fração orgânica considerada compostável (SMYTH *et al.*, 2010). Desta fração dos orgânicos compostáveis, o que é gerado no processamento dos alimentos consiste em 80 a 90% (BOCHNIA *et al.*, 2013; OLIVEIRA *et al.* 2014), com desperdício de alimento cozidos, ou seja, as sobras de prato entre 1,5 kg a 4,5 kg *per capita*/mês (BOCHNIA *et al.*, 2013, DOMINGES *et al.*, 2016;). Os restos orgânicos não cozidos (cascas de legumes e verduras) podem chegar a 700 Kg/mês (BOCHNIA *et al.*, 2013). Estes dados indicam que cerca de 20% dos resíduos gerados em Instituições de Ensino Superior poderiam ser destinados para um processo de compostagem na própria instituição, o que demonstra que seria possível atender a meta do Pacto 21 Universitário, de evitar o envio de 20% de resíduos ao aterro sanitário.

Na Universidade Carbondale do Sul de Illinois\USA, Edwards *et al.* (2011), descreveram como funciona o centro de vermicompostagem. A cada ano, cerca de 80.000 kg de resíduos alimentares, provenientes de três restaurantes universitários são triturados e servem de alimentação para cerca de três milhões de minhocas.

O substrato de alimento passa por um pulper para extrair o excesso de líquido que é liberado pelo processo de trituração. O substrato sem o líquido é despejado sobre vermidigetes, que possuem fundo com grelhas/barras, em sistema de alimentação contínua. Quando os restaurantes estão fechados, as minhocas são alimentadas com papel confidencial picotado. O centro é alojado em um celeiro de 521 m² que precisa ser aquecido durante o inverno. O aquecimento deste ambiente é realizado com óleo usado de veículos da Universidade. O Departamento de Sistemas de Plantas, Solo e Agricultura da Universidade realiza testes de campo com o vermicomposto para plantio de hortaliças e ervas. Em 2009, o vermicomposto foi aplicado em um jardim orgânico, e os legumes colhidos foram servidos aos estudantes universitários (EDWARDS *et al.*, 2011).

Segundo Edward (2011) e Lourenço (2014), uma opção a ser utilizada no tratamento de resíduos urbanos orgânicos é a vermicompostagem. Esta técnica de compostagem foi aplicada e pesquisada pela Universidade Federal de Alfenas,

campus de Poços de Caldas, para o tratamento de resíduos orgânicos provenientes do Restaurante Universitário (PEREIRA *et al.*,2012), assim como pela Universidade Federal do Triângulo Mineiro (DE OLIVEIRA *et al.*,2016), que encaminhou cerca de 80 litros de resíduos orgânicos (cascas de legumes, frutas e verduras) diariamente à vermicompostagem em um projeto piloto iniciado em 2014.

Em 2004, a UTFPR – Câmpus Curitiba implementou o Programa de Gerenciamento de Resíduos Sólidos - Câmpus Curitiba – PGRS - CC. O PGRS previa a campanha de comunicação para incentivar a coleta seletiva no câmpus Curitiba. O programa obteve resultados favoráveis para a coleta seletiva gerando uma melhoria de 40% na separação dos resíduos nos coletores, resultado este obtido pela gravimetria realizada entre início da comunicação e doze meses após implantação (KAZAMA; REZENDE, 2014). Esta campanha foi denominada Jogada Certa, e em 2012 foi alçada como programa institucional da coleta seletiva na UTFPR em seus treze câmpus (UTFPR, 2015).

Segundo os dados do PGRS UTFPR, câmpus Curitiba, sede Ecoville (UTFPR, 2015), estima-se uma geração mensal de 1.573,5 kg de resíduos orgânicos, compostos por restos de frutas, legumes, flores, plantas além de restos de alimentos provenientes das lixeiras de orgânicos, dos pátios e corredores, das copas dos setores administrativos, do café/copa dos professores e do Restaurante Universitário – RU. Os resíduos orgânicos são armazenados em um compacteiner, que é retirado três vezes por mês e encaminhado para destinação final a um aterro sanitário.

Em 2014, deu-se início a pesquisa de vermicompostagem dos resíduos orgânicos não cozidos gerados no Restaurante Universitário - RU da UTFPR câmpus Curitiba sede Ecoville. Foi feito um estudo em escala piloto de vermicompostagem. Durante 25 dias letivos, foram coletados 477,97kg de resíduos vegetais provenientes do preparo das refeições do RU, os quais foram tratados e resultaram em 288,8Kg de vermicomposto e 94 litros de biofertilizante líquido (NUERNBERG; KAICK, 2015).

Este resultado demonstrou a viabilidade de aplicar esta tecnologia em escala maior, utilizando caixas, pois a sede Ecoville não possui área suficiente para a construção de leiras para compostagem. A falta de espaço é um dos fatores decisivos na escolha da vermicompostagem, assim como, segundo pesquisa de

Dores-Silva (2013), o processo de vermicompostagem se mostrou mais eficaz na estabilização dos resíduos quando comparado com o processo de compostagem.

2.3 Tratamento de resíduos orgânicos

O tratamento da fração orgânica dos resíduos sólidos pode ser realizada por diferentes técnicas de compostagem, as quais podem utilizar leiras ou digestores, podendo ser por meio de processos anaeróbicos ou aeróbicos: neste último a aeração pode ser por via acelerada; utilizando-se equipamentos eletromecânicos; ou natural como no caso da vermicompostagem (KIEHL, 1985; BRASIL, 1996).

Para se obter minhocas em quantidade necessária para a vermicompostagem é realizada a vermicultura, que consiste na criação de minhocas epígeas, e o processo não possui o objetivo de obter vermicomposto. A vermicompostagem, portanto, consiste no tratamento de resíduos sólidos orgânicos de forma controlada para se obter o vermicomposto, que é o vermicomposto, assim como se obtém os subprodutos como o biofertilizante líquido, ambos provenientes do lixiviado obtido neste processo. Tanto o produto final, o vermicomposto de minhoca, como os subprodutos da vermicompostagem são considerados adubo orgânico (LOURENÇO, 2014).

Na América Latina são conhecidos 960 espécies de minhocas, das quais a maioria são minhocas (BROWN & DOMÍNGUEZ, 2010), sendo que as mais utilizadas para a vermicompostagem são as espécies epígeas *Eudrilus eugeniae* (Kinberg, 1867), *Eisenia andrei* (Bouché, 1972) e *Eisenia fetida* (Savigny, 1926), (LOURENÇO, 2014). As minhocas da espécie epígeas são detritívoras e onívoros, alimentam-se unicamente de matéria orgânica morta, tanto de origem vegetal como de origem animal, desde que o pH não seja muito ácido ou muito básico, sendo que o pH ideal para estas espécies de 5,5 a 6,5 (LOURENÇO, 2014).

A degradação dos resíduos ocorre dentro do organismo da minhoca e se dá por meio de bactérias simbióticas, localizadas principalmente em seus nefrídios (BARTZ & BROWN, 2011; LOURENÇO, 2014). Desta forma, estas bactérias simbióticas são transmitidas de um indivíduo a outro através do casulo (BARTZ & BROWN, 2011). Do material ingerido pela minhoca, parte é utilizada pelo animal

para sobrevivência e reprodução (cerca de 40%) e o restante será excretado na forma de coprólitos (denominado vermicomposto e vulgarmente chamado de “húmus de minhoca”), que pode ser usado como adubo orgânico (LOURENÇO, 2014). De acordo com a Instrução Normativa nº25 de 2009 da Secretaria de Defesa Agropecuária do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – IN 25/2009 da SDA/MAPA, vermicomposto é definido como:

“produto resultante da digestão, pelas minhocas, da matéria orgânica proveniente de esterco, restos vegetais e outros resíduos orgânicos, atendendo aos parâmetros estabelecidos no Anexo III e aos limites máximos estabelecidos para contaminantes”.

O processo de vermicompostagem modifica as propriedades físicas e bioquímicas da matéria orgânica, acelerando a sua estabilização e tendo como produto o vermicomposto (os coprólitos), um fertilizante orgânico de boa qualidade e amplamente utilizado (LAZCANO *et al.*, 2008), encontrando-se uma reserva de nutrientes potencialmente disponível para as plantas, possuindo alta atividade microbiana (BARTZ & BROWN, 2011).

Os resíduos orgânicos contêm diferentes proporções de carbono (C) e nitrogênio (N), os quais recomenda-se serem misturados e triturados, de modo a formar um substrato com relação C/N adequada. Para a vermicompostagem, é necessário proporcionar relação C/N inicial entre 25/1 e 35/1, conseguida pela adição de materiais ricos em carbono ou em proteína, conforme a necessidade de correção do material a ser compostado (KIEHL, 1998). O pesquisador Lourenço (2014), indica como aceitável a relação C/N de 15/1 a 35/1, e considera como ideal de 20/1 a 25/1.

A densidade populacional de minhocas é um parâmetro importante para o crescimento e a reprodução adequada destes animais (EDWARDS, 1995), fazendo-se necessário ter cuidado com o balanço de massa contabilizando a população de minhocas e o volume ou quantidade de resíduos orgânicos adicionados na vermicompostagem (FORNES *et al.*, 2012). Este dado é importante para a eficiência do processo, logo, o usuário deve conhecê-lo para obter o máximo de aproveitamento com a produção de vermicomposto e evitar a formação dos subprodutos. Para tanto, é necessário sensibilizar o usuário para o correto manuseio

da vermicompostagem, de tal maneira que a Educação Ambiental é um elo importante neste processo, assim como a disponibilização de material informativo que possa orientá-lo.

2.4 Educação Ambiental

A Educação Ambiental - EA segundo Dias (1994) e Carvalho (2006), deve ser um processo no qual as pessoas aprendem como a sua interferência afeta os elos da teia da vida, sendo o homem parte desta teia e dependente do meio ambiente. A interferência antrópica afeta a sustentabilidade. A Educação Ambiental se caracteriza por incorporar as dimensões sociais, políticas, econômicas, culturais, ecológicas e éticas, cujo equilíbrio é proposto como sendo o conceito de sustentabilidade na sociedade humana.

Para Cañal (1986), é por meio da Educação Ambiental que o indivíduo assimila os conceitos e interioriza as atitudes, capacidades e comportamentos que lhe permitem compreender e julgar as relações de interdependência estabelecidas entre a sociedade, com seu modo de produção e seu meio biofísico.

A EA pode ser trabalhada tanto no âmbito formal como não-formal. Nas instituições de ensino, devem inserir a EA, já regulamentada pela Política Nacional de Educação Ambiental – PNEA, desde 1999 (BRASIL, 1999) Dentro desse contexto, as práticas educativas que levem à formação de uma consciência e comportamento socioambientais deveriam ser integradas no ensino formal e nas práticas pedagógicas de forma participativa, transversal, multidisciplinar, interdisciplinar e transdisciplinar, o que pode ocorrer por meio do desenvolvimento de projetos integradores.

Nesse sentido, a vermicompostagem, por ser um processo de tratamento de resíduos orgânicos, é uma temática socialmente relevante que remete o cidadão a ser proativo, na medida em que, como indivíduo, é capaz de colaborar na preservação ambiental e na melhoria da qualidade de vida, sendo assim poderia ser abordada de forma contextualizada como projeto pedagógico multidisciplinar, permitindo que o estudante tenha uma percepção mais significativa acerca do seu sentido e do seu significado. Silva (2004), comenta que nesta ação prática se

oportuniza ao educando a condição de estabelecer uma reflexão sobre sua realidade, fazendo com que tenha uma maior compreensão sobre o tema, como abordá-lo e analisar a sua relevância e impacto que a sua prática cotidiana ocasiona.

Logo, muito além de informações e conceitos, as instituições de ensino devem propor o desenvolvimento de projetos que contendam formação de valores aliadas ao ensino e à aprendizagem de habilidades e procedimentos. Conforme Santos (2003), com os Parâmetros Curriculares Nacionais - PCN, emerge a oportunidade de reestruturação dos currículos, para que cada escola trabalhe de acordo com a sua realidade, assim, a participação da comunidade e de instituições de ensino e pesquisa são fundamentais na contribuição desta proposta. A proposta dos PCN é de articular a temática ambiental às diversas áreas de conhecimento, e não se busca criar uma disciplina específica de EA. Neste caso a interdisciplinaridade se faz necessária pois o conhecimento fragmentado não dá conta de trabalhar todas as inter-relações existentes no ambiente.

3 METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho foi dividida em três etapas, gerenciamento de resíduos, tratamento de resíduos orgânicos e desenvolvimento de material para a educação ambiental, e em cada etapa foi realizado o detalhamento metodológico, que serão descritos a seguir.

3.1 Gerenciamento de resíduos orgânicos na UTFPR

A UTFPR possui um programa de gerenciamento de resíduos intitulado Jogada Certa, o qual propõe o armazenamento de todos os resíduos orgânicos gerados na sede em compacteiner único e destinados ao aterro sanitário. Esta pesquisa foi desenvolvida no câmpus Curitiba, sede Ecoville, localizado na Rua Deputado Heitor Alencar Furtado, 5000 - Ecoville CEP 81280-340 - Curitiba - PR – Brasil.

Os resíduos avaliados nesta pesquisa foram os orgânicos crus de origem vegetal provenientes do Restaurante Universitário – RU, da UTFPR, sede Ecoville, a borra de café proveniente das copas da cantina dos professores e as folhas secas obtidas no entorno desta mesma sede da UTFPR.

Primeiro foi necessário conhecer e avaliar a dinâmica na geração de resíduos pelo restaurante universitário, logo foi realizado um levantamento do número de refeições servidas, assim como das variedades de alimentos utilizados no preparo das refeições, pois estas informações estão diretamente relacionadas a quantidade de resíduos gerada pelo RU.

No câmpus Curitiba, sede Ecoville, estudam cerca de 2.628 alunos de diversos cursos de graduações, pós-graduação, mestrado e doutorado, 220 servidores e 200 pessoas referentes à população flutuante (alunos da sede Centro que frequentam algumas disciplinas disponibilizadas somente na sede Ecoville). O câmpus Curitiba possui contrato com uma empresa tercerizada de lanchonete e restaurante, a qual vende, em média, 560 refeições diárias entre almoço e jantar. Na empresa trabalham vinte (20) funcionários e possui uma (1) funcionária que é

responsável exclusivamente pela higienização, corte e preparo da salada (PGRS, 2015)

3.1.2 Quantificação dos resíduos

Para quantificar os resíduos orgânicos crus de origem vegetal foi necessário planejar e realizar uma coleta seletiva dos resíduos orgânicos gerados no RU. As etapas para realizar esta atividade foram:

1. Identificação dos tipos de resíduos orgânicos gerados no restaurante: realizar entrevistas com o gerente e funcionários, verificar o cardápio básico das refeições servidas
2. Treinamento para os funcionários do restaurante: para a coleta do material a ser utilizada na escala piloto da técnica de compostagem foi necessário que os funcionários do restaurante responsáveis pela manipulação de frutas e vegetais, acondicionassem os resíduos em pacotes separados do restante dos resíduos orgânicos (Figura 02).



Figura 02: Treinamento dos funcionários do Restaurante Universitário da UTFPR câmpus Curitiba sede Ecoville quanto ao descarte diferenciado dos resíduos vegetais dos demais resíduos orgânicos gerados dentro da cozinha.
Fonte: Autoria Própria.

Foram disponibilizados sacos plásticos identificados para facilitar o trabalho dos funcionários e um carrinho coletor com tampa e rodas. Os funcionários separaram cada tipo de resíduo (folhas, casca de vegetais) nos pacotes identificados e dispuseram dentro do coletor, que foi recolhido diariamente durante o período de uma semana.

Para a coleta, foram utilizados sacos plásticos para folhosas e cascas de vegetais (um saco de 100 L para cada), sobras de buffet (separadas por tipo de alimento) e rejeitos, tornando-se necessário sacos em três tamanhos, 20, 50 e 100L (Figura 03).



Figura 03: Sacos plásticos de 20, 50 e 100L identificados com etiquetas e disponibilizados para a coleta seletiva dos resíduos orgânicos gerados no restaurante universitário da UTFPR câmpus curitiba sede Ecoville.
Fonte: Autoria Própria

3. Quantificação de resíduos orgânicos gerados: durante o período de uma semana foi realizada a quantificação dos resíduos orgânicos gerados na cozinha do restaurante universitário. Para isto, de segunda-feira a sexta-feira, os resíduos do preparo da salada do almoço/jantar foram recolhidos em horários pré-estabelecidos, conforme indicado na Tabela 01. Após o recolhimento, os resíduos foram encaminhados para o laboratório de solos do departamento de Pós Graduação em Engenharia Civil, onde foi verificada a massa, medido o volume e descartados no

compacteiner localizado nas dependências da Universidade. Aos sábados, o mesmo procedimento foi realizado, porém com a recolha dos resíduos as 13h.

Tabela 01 - Horários de coleta dos resíduos do RU da UTFPR câmpus Curitiba sede Ecoville

Período de geração dos resíduos de segunda-feira a sexta-feira		Horário autorizado para recolha dos resíduos**	
Almoço	Jantar	Almoço	Jantar
10h às 11h30	15h00 às 17h*	11h30	21h
11h00 às 14h00	17h30 às 20h	15h	21h

Fonte: Autora

*Quando necessário, normalmente a salada do jantar é preparada junto com a do almoço e armazenada em geladeira até ser servida.

Os resíduos recolhidos foram submetidos a uma triagem e separação manual por tipo de material, verificados a massa numa balança de marca Micheletti com mínimo de 2 kg e máximo de 150 kg e medido o volume em baldes com graduação de 1 a 20 litros.

Durante o período de quantificação dos resíduos foram observados alguns pontos no gerenciamento que poderiam ser melhorados, os quais foram descritos neste trabalho na forma de uma tabela comparativa com itens do gerenciamento atual e sugestões de melhoria.

3.2 Tratamento de resíduos orgânicos

O processo de tratamento de resíduos orgânicos foi realizada em duas etapas, a vermicultura e a vermicompostagem.

3.2.1 Vermicultura

Durante os primeiros dezoito meses da pesquisa, foi realizada a vermicultura. As primeiras minhocas adquiridas foram da espécie *Eisenia fetida* (SAVINY,1926) para a vermicultura foram procedentes de uma vermicompostagem que utilizava esterco de gado como substrato de alimentação. Elas precisaram ser ambientadas para um substrato que seria formado apenas por restos de vegetais não cozidos.

O objetivo da vermicultura foi o aumento da população de minhocas de modo a ter indivíduos suficientes para as próximas etapas da pesquisa nos vermidigestores. O processo foi realizado em vinte e quatro caixas plásticas de capacidade de 38 litros, doze (12) caixas para cultura de minhocas e adição de matéria orgânica e doze (12) caixas para suporte e coleta de eventual formação de lixiviado.

3.2.2 Vermicompostagem

A vermicompostagem foi realizada em etapas pré-estabelecidas aplicada em dois tipos de vermidigestores, nos quais foram aplicados a cama de minhocas, provenientes da vermicultura, e o substrato de alimentação constituído por resíduos orgânicos.

Nesta pesquisa foram utilizados quatro vermidigestores. Cada um composto por duas caixas plásticas empilháveis com uma tampa, na cor preta e com plástico opaco a luz. Cada caixa apresentava capacidade de 38 litros, com dimensões internas de 0,46 x 0,32 m e com altura de 0,26 m, sendo a área útil de tratamento de 0,147 m².

Dois vermidigestores (duplicata) foram compostos por uma caixa com tampa e fundo modificado, no qual foram feitos 35 furos com broca 8 mm (7 fileiras com 5 furos) sobreposta em uma caixa sem modificação (Figura 4A). Nos outros dois vermidigestores (duplicata), o fundo da caixa plástica foi cortado e foram adicionadas grades com distância de 0,02 m, formados por 10 tubos $\frac{3}{4}$ (25 cm de

diâmetro), os quais foram atravessados nas laterais da caixa e fixados com rosca na parte interna e externa das caixas (Figura 04B e Figura 05).

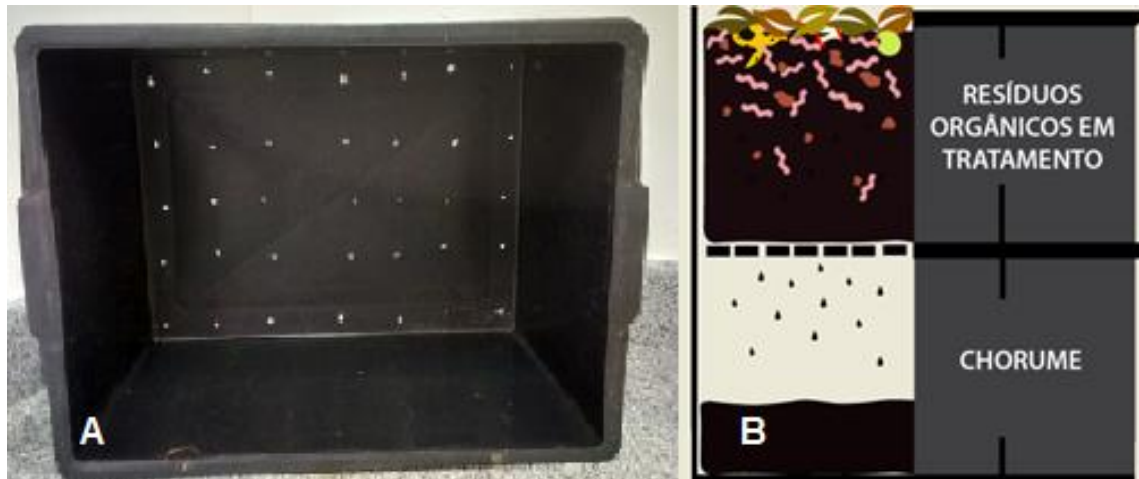


Figura 04: Modelo de vermidigestores com furos. A: Foto da caixa adaptada. B: Esquema de funcionamento.

Fonte: Autoria própria.

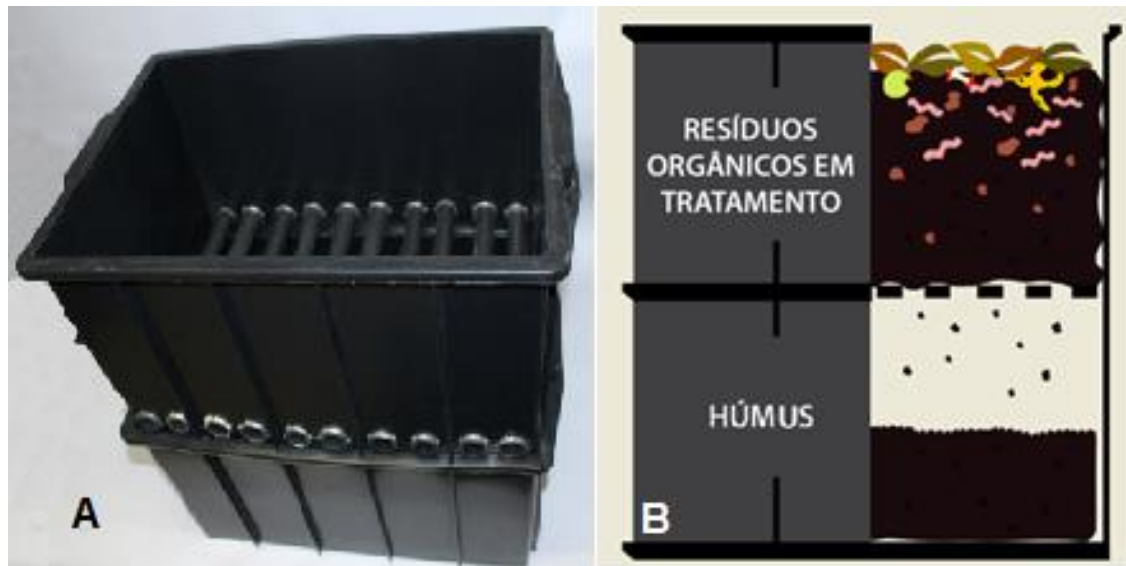


Figura 05: Modelos de vermidigestores com barras. A: Foto da caixa adaptada. B: Esquema de funcionamento.

Fonte: Autoria própria.

Nas quatro caixas do experimento, com vermidigestores, foram adicionadas “cama” com minhocas, que consiste em material orgânico já trabalhado pelas minhocas, ou seja, material retirado das caixas da vermicultura. Esta “cama” é um

material no qual as minhocas já estão adaptadas e podem se esconder assim que for adicionado o volume de resíduos orgânicos, que serviam de alimento para as mesmas nos vermidigestores.

Com finalidade de a montagem do experimento foi utilizado o vermicomposto e minhocas provenientes da vermicultura. Para isto, foi retirado parte do vermicomposto produzido na vermicultura, de modo a deixar uma população concentrada de minhocas. Para realizar tal tarefa foi necessário realizar as seguintes etapas em cada unidade da vermicultura:

- Abrir a tampa das unidades da vermicultura;
- Retirar a camada superficial de resíduos em decomposição;
- Aguardar que as minhocas se escondam da luminosidade (KIEHL, 1985).
- Descompactar os primeiros cinco centímetros de vermicomposto utilizando um ancinho;
- Coletar manualmente pequenas porções de vermicomposto. Separar manualmente as minhocas que permaneceram no meio dele, colocando cada qual em um recipiente distinto.

O processo foi repetido em todas as caixas de vermicultura até restarem cerca de 10 cm de material em relação ao fundo da caixa. As minhocas separadas foram adicionadas novamente à vermicultura e o vermicomposto foi seco e armazenado, seguindo as seguintes etapas:

- Estender o vermicomposto em bandejas com espessura de cerca de 2 a 3 cm;
- Deixar secar na temperatura ambiente por três dias;
- Separar manualmente as minhocas juvenis menores que permaneceram no vermicomposto e peneirar em peneira com malha de 4mm;
- Estender o vermicomposto novamente em bandejas, de modo a formar uma camada com espessura de cerca de 2 a 3 cm;
- Secar a temperatura ambiente por três dias;
- Separar manualmente as minhocas menores que permaneceram no vermicomposto e peneirar em peneira com malha de 2mm.

Este procedimento permite reduzir a umidade do vermicomposto, separa totalmente as minhocas e casulos presentes no material e permite o armazenamento do vermicomposto. O armazenamento do vermicomposto foi realizado em sacos plásticos e fechados com um nó, de modo a proteger a umidade restante e permitir a sobrevivência dos microrganismos presentes no vermicomposto

O vermicomposto com minhoca produzido na vermicultura foi utilizado para compor o substrato inicial dos vermidigestores utilizados neste experimento. Todo o vermicomposto com minhocas separado foram adicionados em uma bacia e homogeneizado manualmente, com a utilização de luvas. Esta homogeneização precisa ser realizada com as mãos para evitar a mutilação de minhocas.

Deste material foram retiradas quatro amostras de 0,5 kg cada, sendo duas dos vermidigestores com furos e duas dos vermidigestores em barras (uma amostra de cada duplicata). As minhocas foram separadas do vermicomposto e foram pesadas.

Foi realizada uma média da massa de minhocas das quatro amostras e obteve-se em média 0,017 kg de minhocas por kg de vermicomposto com minhocas.

Como em cada vermidigestor foram utilizados 10 kg de vermicomposto com minhocas, estima-se que em cada vermidigestor foram adicionadas 0,17 kg de minhocas. Esta quantidade de vermicomposto utilizado como cama ocupou um volume de cerca de 10 cm de altura em relação ao fundo do vermidigestor, sendo a mesma proporção usada por Gómez-Brandón *et al.* (2013). Sabendo-se que cada vermidigestor possui uma área de 0,147 m², realizando uma regra de três é possível calcular a biomassa de minhocas por metro quadrado de tratamento, que foi de 1,20. Esta mesma metodologia para o cálculo da densidade de minhocas foi utilizada no final de cada experimento de modo a calcular se houve aumento ou não da população.

A separação do vermicomposto com minhoca foi realizada sempre dividindo o material em dois até obter o número de divisões necessárias para aplicar nos vermidigestores, ou seja, 4 divisões para este experimento. Em cada divisão foi intercalada, uma porção para uma metade, uma para outra metade (Figura 06).

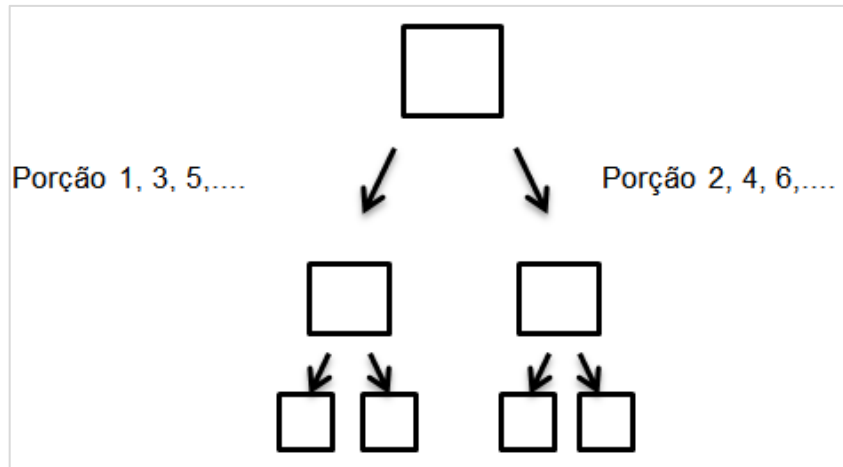


Figura 06: Esquema da metodologia usada para divisão do vermicomposto com minhoca, de modo a realizar uma divisão igual da população de minhocas em cada experimento.
Fonte: Adaptado de Instrução Normativa Nº 53, DE 23 de outubro de 2013.

Após a separação, o vermicomposto com minhocas foi adicionado em quatro vermidigestores, dois de cada modelo, conforme esquematizado na Figura 07, sendo que no modelo com barras foi colocada uma camada de folha de papel antes da adição do vermicomposto com minhocas.

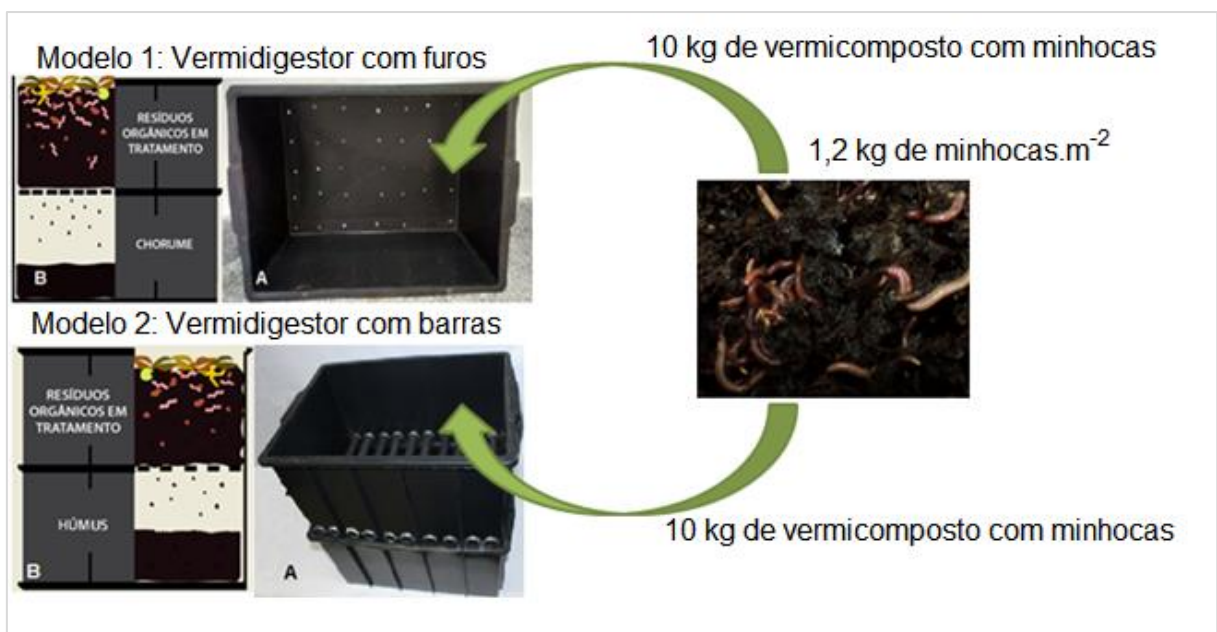


Figura 07: Esquema da metodologia usada para adição do vermicomposto com minhocas.
Fonte: Autoria própria.

Após esta estimativa da população de minhocas disponíveis para este experimento, foi calculada a quantidade e proporção de resíduos a serem adicionados no sistema de tratamento, ou seja, nos vermidigestores.

A quantidade de resíduos utilizada no experimento foi determinada de acordo com o consumo estimado de resíduos pelas minhocas em um período de 60 dias. Quando acrescentado em cada vermidigestor apenas o alimento consumível pela minhoca, levou-se em conta uma taxa de consumo de 0,5 kg alimento, ou seja, resíduos orgânicos, por 1 kg de biomassa de minhocas por dia (LOURENÇO, 2014). Como em cada vermidigestor foram adicionados cerca de 0,17 kg de minhocas. Foi calculado um consumo diário de 0,085 kg de resíduos disponíveis para a alimentação da minhoca por dia. Portanto, 5,1 kg de resíduos para um período de 60 dias de experimento. Optou-se por realizar uma adição apenas de substrato (alimento), proveniente da trituração dos resíduos orgânicos crus, adicionada a borra de café e folhas secas.

Foram definidos os seguintes resíduos orgânicos não cozidos do RU como fontes de nitrogênio: a alface, folha não comestível do repolho e cascas de pepino, junto com a borra de café gerado na copa dos servidores da UTFPR. Como fonte de carbono, foram utilizadas folhas secas proveniente das árvores plantadas na frente da sede Ecoville. As misturas de vários materiais diferentes podem ser processadas mais facilmente do que as individuais, porque desta forma podem manter as condições aeróbias, e resultar num produto melhor (Edwards, 1995). Este fator de misturar os diferentes materiais foi realizado nesta pesquisa, em que o substrato de alimento foi composto por cinco elementos diferentes.

Os vegetais foram triturados individualmente por tipo, com o triturador utilizado foi possível obter um tamanho de aproximadamente 0,01m para os vegetais triturados, ou seja, a granulometria dos mesmos foi de 0.01m. para compor o substrato de alimento do vermidigestor, foram misturados os seguintes elementos na proporção conforme indicada na Tabela 02

Tabela 02 - Quantidade de resíduo adicionado em cada vermidigestor com respectivos cálculos de quantidade de substrato disponível para as minhocas, segundo coeficiente de estabilização apresentado por Lourenço (2014)

Resíduo	Por vermidigestor (kg)	Coeficiente de estabilização (LOURENÇO, 2014)	Substrato útil por vermidigestor (kg)
Alface	1,70	0,85	1,45
Repolho	1,70	0,85	1,45
Casca de pepino	1,70	0,85	1,45
Borra de café	1,00	0,90	0,90
Folhas secas	0,10	0,98	0,098
TOTAL			5,26

Fonte: Autoria própria.

Para o cálculo da quantidade de resíduo disponível para ingestão das minhocas, foram utilizados os cálculos recomendados por Lourenço (2014), o qual informa que é necessário multiplicar a quantidade de resíduos pelo coeficiente de estabilização do mesmo, de modo a desconsiderar as perdas, como por volatilização de gases formados. Desta forma é importante conhecer a relação C/N e umidade de cada um dos componentes do substrato de alimento.

A relação C/N dos resíduos vegetais crus alface, repolho e pepino foi utilizado, para fins de cálculo, de Lourenço (2014), o qual informa que a relação de Carbono/Nitrogênio de resíduos hortícolas diversos é de 19/1, da borra de café 20/1 e de folhagens diversas de 60/1. A umidade utilizada foi a apresentada por Nepa (2011), para vegetais, no qual apresenta 61,1% para a alface (média entre a umidade da alface lisa, crespa e americana), 92,4 para o repolho (média entre repolho branco e roxo) e de 96,8 para o pepino. A umidade da borra de café e das folhas secas foi determinada em laboratório. A massa das amostras coletadas foi medida, e, após este procedimento, acondicionadas em uma estufa. Como o material pesquisado é orgânico, o valor da temperatura utilizado foi de 60°C , por 5 dias. Para esta pesquisa foi utilizada a relação entre o peso da água e o peso do sólido por consequência, a umidade pode ser determinada segundo a equação (1), conforme apresentada a seguir.

Equação 1:

$$Umidade (\%) = \frac{peso \text{ úmido} - peso \text{ seco}}{peso \text{ úmido}} * 100 \quad (1)$$

Foram feitas amostras de 100g de cada tipo, em triplicata. Com a umidade da borra de café, 73,1 e das folhas secas, 20%, foi possível calcular a proporção de folhas secas adequada para ser adicionado no experimento, utilizando a Equação 2, de Lourenço (2014):

Equação 4:

$$\frac{C}{N} = \frac{\{M_1[C_1*(100-H_1)]+M_2[C_2*(100-H_2)]\}}{M_1[N_1*(100-H_1)]+M_2[N_2*(100-H_2)]} \quad (2)$$

M_1 = Massa em relação ao peso úmido de resíduos fonte de Carbono (kg)

C_1 = Carbono do resíduo fonte de Carbono (%)

N_1 = Nitrogênio do resíduo fonte de Carbono (%)

H_1 = Umidade do resíduo fonte de Carbono (%)

M_2 = Massa em relação ao peso úmido de resíduos fonte de Nitrogênio (kg)

C_2 = Carbono do resíduo fonte de Nitrogênio(%)

N_2 = Nitrogênio do resíduo fonte de Nitrogênio (%)

H_2 = Umidade do resíduo fonte de Nitrogênio (%)

Utilizando a fórmula acima, a relação C/N teórica do substrato de alimentação das minhocas é entre 23/1 e 24/1, ficando dentro do recomendado por Lourenço (2014), que indica uma relação entre 20/1 a 25/1. A umidade do substrato de alimentação foi calculada fazendo-se uma média ponderada da quantidade de resíduos e suas respectivas umidades, chegando a um valor de 90,0% de umidade na mistura colocada como alimento para as minhocas, a qual está no limite máximo recomendado por Lourenço (2014), que é de 75 a 90%. Na figura 08, é apresentado um esquema da montagem dos experimentos.



Figura 08: Esquema geral da montagem do experimento.

Fonte: Autoria própria

Primeiro foi montado um plano de amostragem para a coleta das amostras. A amostra foi coletada em quatro pontos pré determinados, homogenizados de modo a a obter uma amostra composta. A coleta foi realizada a cada três dias durante o período de 60 dias.

Para realizar a coleta, foi confeccionado um amostrador, utilizando-se uma tampa de caixa da qual foi cortada e retirada a parte interna, permanecendo apenas a borda. Nesta borda foram fixados barbantes com o auxílio de taxinhas formando no total uma grade com quarenta quadrados similares entre si, conforme pode ser visualizado na Figura 09.

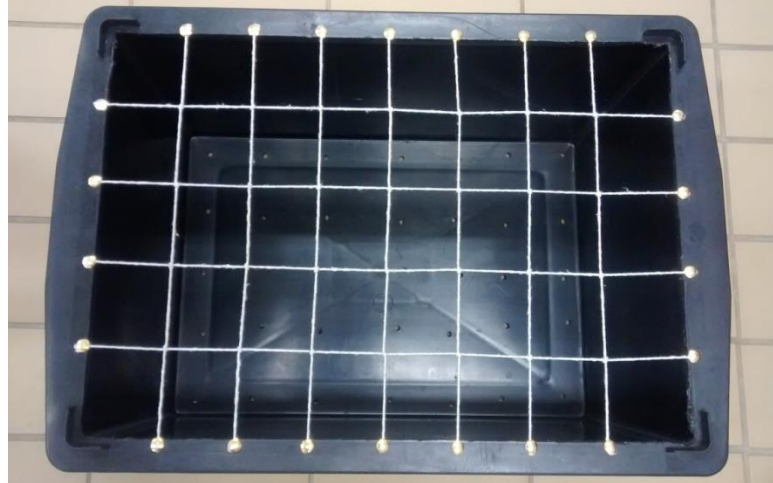


Figura 09: Amostrador.
Fonte: Autoria própria.

A amostragem do material do vermidigestor foi baseada em Lourenço (2010), que recomenda dividir o vermidigestor em quadrados com área conhecida, metodologia também utilizada por Gómez-Brandón *et al.*, (2013). Com a confecção deste amostrador, foi possível determinar os pontos de amostragem de cada coleta. O experimento foi planejado para ter uma duração de 60 dias, prevendo a coleta de amostra no momento da montagem do experimento, dia zero, e a partir de então, tendo coleta a cada três dias.

No tempo igual a zero, início do processo, foi coletado uma amostra do substrato inicial, “cama”, sem adição de alimento, logo, em seguida, foi feita a alimentação do vermidigestor. Foi realizada um plano de amostragem conforme demonstrado na Figura 10, onde a numeração indica em qual dia do experimento foi coletada a amostra indicando ainda os pontos de coleta realizados naquele dia. A metodologia de amostragem foi repetida a cada trinta dias.

	3º dia	12º dia	3º dia	12º dia	3º dia	12º dia	3º dia	12º dia
	21º dia	27º dia	21º dia	27º dia	21º dia	27º dia	21º dia	27º dia
A	6º dia	15º dia	6º dia	15º dia	6º dia	15º dia	6º dia	15º dia
	24º dia	30º dia	24º dia	30º d	24º dia	30º d	24º dia	30º dia
	9º dia	18º dia	9º dia	18º dia	9º dia	18º dia	9º dia	18º dia
	33º dia	42º dia	33º dia	42º dia	33º dia	42º dia	33º dia	42º dia
	51º dia	57º dia	51º dia	57º dia	51º dia	57º dia	51º dia	57º dia
	36º dia	45º dia	36º dia	45º dia	36º dia	45º dia	36º dia	45º dia
	54º dia	60º dia	54º dia	60º d	54º dia	60º d	54º dia	60º dia
B	39º dia	48º dia	39º dia	48º dia	39º dia	48º dia	39º dia	48º dia

Figura 10: Metodologia de amostragem. A: Pontos de amostragem do dia 3º ao 30º dia.

B: Pontos de amostragem do dia 33º ao 60º, dia.

Fonte: autora.

Para cada vermidgestor, foi seguido a seguinte metodologia descrita na sequência. Para tirar a amostra do ponto de coleta foi necessário encaixar o amostrador no vermidgestor e nos quadrantes definidos para a coleta daquele dia a pesquisadora procedeu da seguinte maneira:

- Foram higienizadas as mãos e com os dedos fez-se pressão no substrado até os dedos encostaram no fundo do vermidgestor, de maneira que fosse possível delimitar a área de amostragem, conforme pode ser visualizado na Figura 11;

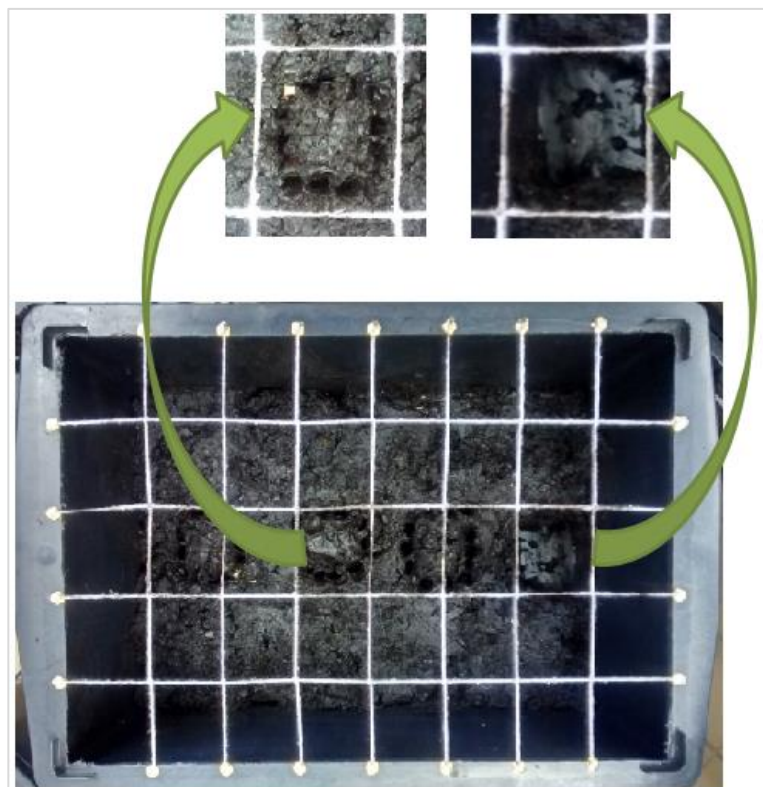


Figura 11: Metodologia de amostragem utilizando o amostrador.
Fonte: Autoria própria.

- Após a demarcação, foi possível retirar amostra de substrato, o qual foi depositado em uma superfície lisa. Neste momento separou-se o substrato do alimento ainda não decomposto. Da parte de substrato, foram retiradas as minhocas e os casulos.
- Para cada vermidigestor, foram retiradas quatro amostras de substrato para o mesmo dia de coleta. Estas quatro amostras, livres de minhocas e casulos, foram homogenizadas e separadas em dez pacotes contendo 20 gramas cada.
- As amostras foram congeladas para análises físico e químicas. O excedente da amostra retornou ao mesmo ponto da coleta, assim como o alimento não decomposto separado. Esse procedimento se repetiu em todas as coletas.

Para compor as amostras de lixiviado, 0,1 L de cada amostra foram colocados em um prato plástico descartável, secas a temperatura ambiente e, posteriormente, armazenadas em pacotes plasticos com zip.

3.2.2.1 Avaliação do processo de tratamento através da vermicompostagem

No experimento de tratamento de resíduos orgânicos, realizado nesta pesquisa, foram monitorados os seguintes parâmetros: temperatura ambiente e temperatura dentro dos vermidigestores; pH; umidade e relação C/N.

A temperatura foi medida dentro e fora do vermidigestor, com uma frequência de três dias (nos dias de amostragem), utilizando-se um termômetro de mercúrio.

Para a leitura do pH, foram pesadas 15 g de amostra úmida em Erlemeyer, adicionados 0,050 l de água deionizada e agitadas por 30 minutos com rotação 110 rpm. As amostras foram filtradas com funil e papel filtro de espessura 0,20 mm e foi realizada a leitura de pH com um pHgâmetro.

A umidade foi identificada através da pesagem das amostras capsulas de porcelana as quais foram taradas e pesadas nelas 10 g de amostra úmida. As cápsulas com amostras foram colocados em estufa a 105-110°C por 24 horas. Foi pesado a cápsula mais a amostra seca. Foi descontado a massa da capsula de porcelana e calculada a diferença de massa úmida e seca para o calculo da umidade.

A relação C/N é calculada a partir da quantidade de elementos carbono e nitrogênio presente nas amostras. Para a quantificação destes elementos foram colocadas cerca de 10 g de cada amostra em cápsulas de porcelana, secas por 24 horas em estufa a 60°C, moídas com pistilo e peneiradas em peneira de malha 0,25 mn. Foram pesadas 15 mg de amostra em folha de estanho, encapsuladas e analisadas em um analisador Elementar da marca Vario modelo EI III.

Além dos parâmetros de controle, foi calculado a quantidade de vermicomposto produzido. Todo o conteúdo de vermicomposto presente no vermidigestor foi pesado no final do experimento, descontado a massa estimada de minhocas e subtraído da quantidade de vermicomposto adicionado no início do experimento.

3.2.2.1.1 Avaliação dos modelos de vermidigestores

A avaliação dos dois modelos de vermidigestores foi realizada com avaliação a cada três dias dos seguintes parâmetros: número de minhocas vivas e mortas encontradas no compartimento coletor; quantidade de líquido depositado no compartimento coletor; variação da densidade populacional das minhocas e avaliação da matéria orgânica das amostras.

Para quantificação das minhocas encontradas no compartimento coletor, bem como o número de indivíduos vivos e mortos foi realizada uma catação manual das minhocas. Foram utilizadas luvas, um recipiente para colocar as minhocas vivas e um recipiente para colocar as minhocas mortas. As minhocas vivas foram colocadas novamente no vermidigestor e as mortas foram descartadas.

A quantidade de líquido foi determinada a partir de coleta na caixa coletora do vermidigestor. A quantidade de líquido coletado foi medido utilizando uma proveta de 0,1 L, uma de 0,050 L e uma de 0,005 L de acordo com a quantidade de líquido coletado.

Para o cálculo do aumento/diminuição da população de minhocas no término do experimento foi calculado a população inicial e final conforme descrito no item 3.2.2 e subtraído a população inicial da população final. Para o cálculo do crescimento/diminuição da população de minhocas, os valores encontrados foram convertidos em porcentagem utilizando uma regra de três, no qual a população inicial corresponde a 100%.

Para a avaliação dos espectros EMM da matéria orgânica foi realizada extração em amostra retirada do sistema de vermicompostagem. Para a extração foi utilizado 1,0g do composto e adicionado 50 mL de hidróxido de sódio 0,01 mol/L. Foi agitado por meia hora e deixado decantar por meia hora. Após esse procedimento foram filtradas e preservadas em geladeira.

As análises de emissão de fluorescência molecular foram determinadas no equipamento Varian Cary Eclipse Fluorescence Spectrophotometer, utilizando uma cubeta de quartzo multifacetada de 1 cm. Foram obtidos os espectros de matriz excitação-emissão, empregando excitação de 200 a 600 nm e emissão de 200 a 610 nm, com PMT de 900 V, intervalo de 5nm na excitação e de 2 nm na emissão. A

varredura 3D foi realizada em velocidade de 9600 nm/min. Água ultrapura foi utilizada como branco para controlar o sinal analítico.

A intensidade do pico Raman da água ultrapura foi utilizada para normalizar possíveis mudanças no sinal das fluorescências. Os espectros das amostras foram subtraídos do espectro da água ultrapura e normalizados (divididos) pela massa seca do composto vermicomposto.

3.2.2.1.2 Avaliação do vermicomposto produzido na vermicompostagem

O processo de tratamento de resíduos por meio da vermicompostagem converte os resíduos em um produto, o vermicomposto, o qual é um fertilizante orgânico. Para avaliação das características do fertilizante produzido foram realizadas as seguintes análises: macronutrientes (fosforo, potássio, calcio e magnésio); micronutrientes (ferro, cobre, zinco, manganês); metais pesados (arsênio, cádmio; cromo; chumbo; níquel e selênio).

Para a detecção dos macronutrientes, micronutrientes e metais contaminantes foi utilizada a metodologia para a digestão via seca de (MARTINS & REISSMANN, 2007), no qual orienta a pesagem da amostra em cadinho de porcelana, 10 g, e colocar na mufla para incineração à 500 °C por 3 horas.

Foram adicionadas três gotas de HCl 3 mol L⁻¹ e o cadinho voltou para a estufa por mais três horas. Após o resfriamento foram adicionados 10 mL de HCl 3 mol L⁻¹ e em uma chapa de aquecimento por 10 minutos, para solubilização total dos elementos. As amostras foram retiradas da chapa e filtradas para balão volumétrico de 0,050 l. O papel filtro foi lavado com água deionizada por 3 vezes e o filtrado foi transferido para frascos de armazenagem para posterior leitura em espectrofotômetro UV-VIS I.

3.3 Educação Ambiental

A pesquisa da vermicompostagem possibilitou o desenvolvimento de materiais didáticos, que foram desenvolvidos por meio do Edital Recursos Educacionais Abertos - REA 2015, da UTFPR. Para o desenvolvimento do REA, foi composta uma equipe com alunos de graduação, desenvolveram três produtos.

Os três produtos propostos: uma cartilha infantil, uma para adultos e um game. O desenvolvimento destes produtos exigiu uma troca de conhecimentos, discussões e constante comunicação, que sempre esteve sob a orientação da pesquisadora. Os alunos bolsistas do REA, que auxiliaram neste processo, foram do Curso de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas, Tecnologia em Design Gráfico e Tecnologia em Processos Ambientais.

Foi necessário desenvolver uma sequência temporal, entre o desenvolvimento dos personagens e a dinâmica do game, que depois permitiria o desenvolvimento visual das cartilhas. A primeira fase do projeto apresentou a vermicompostagem para todos os envolvidos no desenvolvimento do REA, no qual precisou demonstrar todas as fases e elementos da vermicompostagem para os envolvidos no projeto. Depois de compreendido o processo da tecnologia de compostagem, planejou-se o desenho das etapas de execução do projeto.

3.3.1 Etapa 1 – desenvolvimento do cenário e personagens do game

A primeira etapa foi escolher o tipo de programação do game desenvolvido em Unity, a definição dos personagens. Realizaram-se esboços dos elementos que deveriam estar no game, produzido pelo aluno da Tecnologia em Análise de Sistemas, com os personagens da minhoca, que seria o personagem principal, além dos pássaros, formigas e sanguessugas que seriam os inimigos da minhoca, logo personagens secundários. Devido à dinâmica dos games, necessitou-se ter os desafios inseridos no mesmo. Os personagens “bons” e “maus” e deveria ter uma enredo como pano de fundo.

O segundo passo foi definir a dinâmica do jogo: níveis de dificuldade e elementos adicionais para desenvolver o conteúdo da vermicompostagem

A segunda etapa foi a definição do plano de fundo do jogo, que deveria parecer em uma caixa, imitando a forma como foi desenvolvida a vermicompostagem em caixas, assim foi definido que o enredo seria contado pela professora Ana. A professora Ana foi definida como personagem principal, juntamente com a minhoca Nonda, para a cartilha infantil e adulta. No game, a professora Ana não é inserida como personagem principal, mas no game aparece uma mão colocando alimento na caixa; esta mão é a conexão da professora Ana, pois ela alimenta as minhocas, colocando restos orgânicos na caixa da vermicompostagem. Esta mão representaria a Professora Ana, que foi desenhada para conduzir algumas “falas” importantes nas duas cartilhas.

3.3.2 Etapa 2 – desenvolvimento das cartilhas

Após a definição dos personagens pela sistemática do game, começou o desenvolvimento da etapa 3. Nesta etapa, os estudantes de Desenho Gráfico começaram a desenvolver o *layout* da cartilha para os públicos infantil e adulto, buscando a unidade visual entre o game, seus personagens principais e secundários e os demais recursos didáticos. Os três recursos deveriam ter os mesmos elementos, ou seja, a comunicação visual deveria remeter ao jogador e ao leitor das cartilhas um padrão visual comum entre os 3 recursos didáticos.

Realizou-se a transcrição ou “tradução” da linguagem acadêmica da pesquisa para uma linguagem mais informal. Foram desenvolvidos 5 capítulos para a cartilha voltada ao público adulto. Ficou definido que, para a cartilha infantil, seriam aplicados com maior ênfase os recursos visuais e gráficos do que textos. Os textos para esta cartilha seriam curtos e com informações mais objetivas e de fácil compreensão.

3.3.3 Etapa 3 – avaliação da aplicação dos produtos REA

Para a avaliação e posterior melhoria dos produtos REA, foram realizadas algumas atividades práticas, em 20 turmas do ensino fundamental de escolas do município de Colombo. Neste caso, a avaliação pretendida, utilizou-se da pesquisa-ação. Compreende-se a pesquisa-ação como sendo uma forma de experimentação, em espaço e tempo reais, no qual o pesquisador tem uma participação consciente, e durante a atividade compartilha seus métodos e conhecimento com os demais participantes, a qual segundo Tripp (2005) é “toda tentativa continuada, sistemática e empiricamente fundamentada de aprimorar a prática”. Entende-se que nesta metodologia o pesquisador tem uma atitude ativa, organizando sua ação no acompanhamento das práticas de ensino-aprendizagem do público envolvido,

Segundo Thiollent (2008), o autor apresenta seis aspectos principais da pesquisa-ação enquanto estratégia metodológica:

1. Há uma ampla e explícita interação entre pesquisador e pessoas implicadas na situação investigada;
2. Desta interação resulta a ordem de prioridade dos problemas a serem pesquisados e das soluções a serem encaminhadas sob forma de ação concreta;
3. O objeto de investigação não é constituído pelas pessoas e sim pela situação social e pelos problemas de diferentes naturezas encontrados nesta situação;
4. O objetivo da pesquisa-ação consiste em resolver ou, pelo menos, em esclarecer os problemas da situação observada;
5. Há, durante o processo, um acompanhamento das decisões, das ações e de toda a atividade intencional dos atores da situação;
6. A pesquisa não se limita a uma forma de ação (risco de ativismo); pretende-se aumentar o conhecimento ou o “nível de consciência” das pessoas e grupos considerados (THIOLLENT, 2008).

A abordagem da pesquisa-ação deste projeto é uma característica marcante, uma vez que o pesquisador interage com a comunidade e vivencia a realidade escolar intervindo no processo pedagógico. As escolas municipais receberam vermidigestores, para que pudessem ser trabalhados em sala de aula, e o tema da transmitido de forma transversal, mas os vermidigestores não foram integrados no

dia-a-dia destas escolas. Com o objetivo de identificar quais fatores foram responsáveis pela não utilização dos materiais, foi realizada uma parceria entre a pesquisadora e a Secretaria de Educação e de Meio Ambiente do município com o objetivo de identificar quais foram os empecilhos para a utilização dos mesmos e avaliar os produtos REA.

Neste sentido, os produtos que estavam sendo desenvolvidos puderam ser parcialmente avaliados com o objetivo de realizar melhorias nos mesmos, coletando as impressões, identificando os problemas e as dificuldades na aplicação da vermicompostagem nas escolas. Estes dados foram levantados de forma qualitativa, por meio dos diálogos e levantamento das questões que surgiram ao longo do período de avaliação e compiladas em um diário.

O diário foi uma ferramenta importante na pesquisa-ação porque permitiu fazer a análises dos acontecimentos passados afim de interpretar ou reconhecer os motivos que levaram a certas situações vivenciadas. Como se trabalhou com um grande número de pessoas e situações variadas, o registro das atividades diárias garantem ao pesquisador revisar os acontecimentos passados, que foram utilizados para se chegar a discussão e conclusão desta pesquisa.

Assim sendo, esta etapa da pesquisa fundamentou-se em uma abordagem qualitativa sob o olhar fenomenológico, na qual foi sendo construída mediante a relação pesquisador e professores do ensino fundamental e participantes de cursos e palestras ministradas pela pesquisadora com a temática de tratamento de resíduos sólidos através da técnica de vermicompostagem, através da qual foi possível identificar pontos de dificuldade e de compreensão do tema abordado, os quais foram essenciais na elaboração do material didático.

Na abordagem para o público infantil (3º a 9º ano do ensino fundamental) foram realizadas atividades na Escola Municipal Papa João XXIII, Curitiba-PR, e Escolas Municipais Monteiro Lobato, Antonio Cavassin e Santa Fé, na cidade de Colombo/PR. Na Escola Municipal Papa João XXIII a pesquisadora participou do desafio “FIRST LEGO League de 2015/2016 - Trash Trek” como profissional na área de resíduos da equipe “Papa Power”. Os alunos integrantes da equipe tinham idade entre 9 e 16 anos tiveram quatro desafios: desing do robô; desafio do robô; valores centrais do torneio e projeto de pesquisa, no qual a pesquisadora auxiliou com o assunto sobre o tratamento de resíduos orgânicos através da vermicompostagem.

Foram realizadas ao todo 20 oficinas, com duração de 45 min cada para turmas do 3º ano 4º ano e 5º ano do ensino fundamental, sendo abordado o tema vermicompostagem.

Para o público adulto, foram realizados cursos com duração de 3 a 5 horas, com conteúdo teórico e prático, e ministrado palestras com a temática de gerenciamento de resíduos e tratamento da fração orgânica compostável utilizando-se a técnica de vermicompostagem.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados desta pesquisa estão organizados de acordo com as atividades desenvolvidas: Gerenciamento de resíduos; Tratamento de resíduos e educação ambiental, apresentadas a seguir.

4.1 Gerenciamento de resíduos

O gerenciamento de resíduos foi uma etapa essencial para a execução desta pesquisa, porque os dados resultantes auxiliam a determinar o planejamento da área de tratamento para vermicompostagem.

4.1.1 Quantificação dos resíduos

Para a quantificação dos resíduos, foi necessário fazer um levantamento do público atendido no RU, pois a quantidade de refeições servidas está relacionada a quantidade de resíduos gerados.

Por meio do levantamento do público atendido no RU, foi possível identificar o número de refeições servidas durante um mês, assim como identificar em quais dias foram servidos o maior número de refeições tanto no almoço como no jantar. Os resultados podem ser vistos na Figura 12.

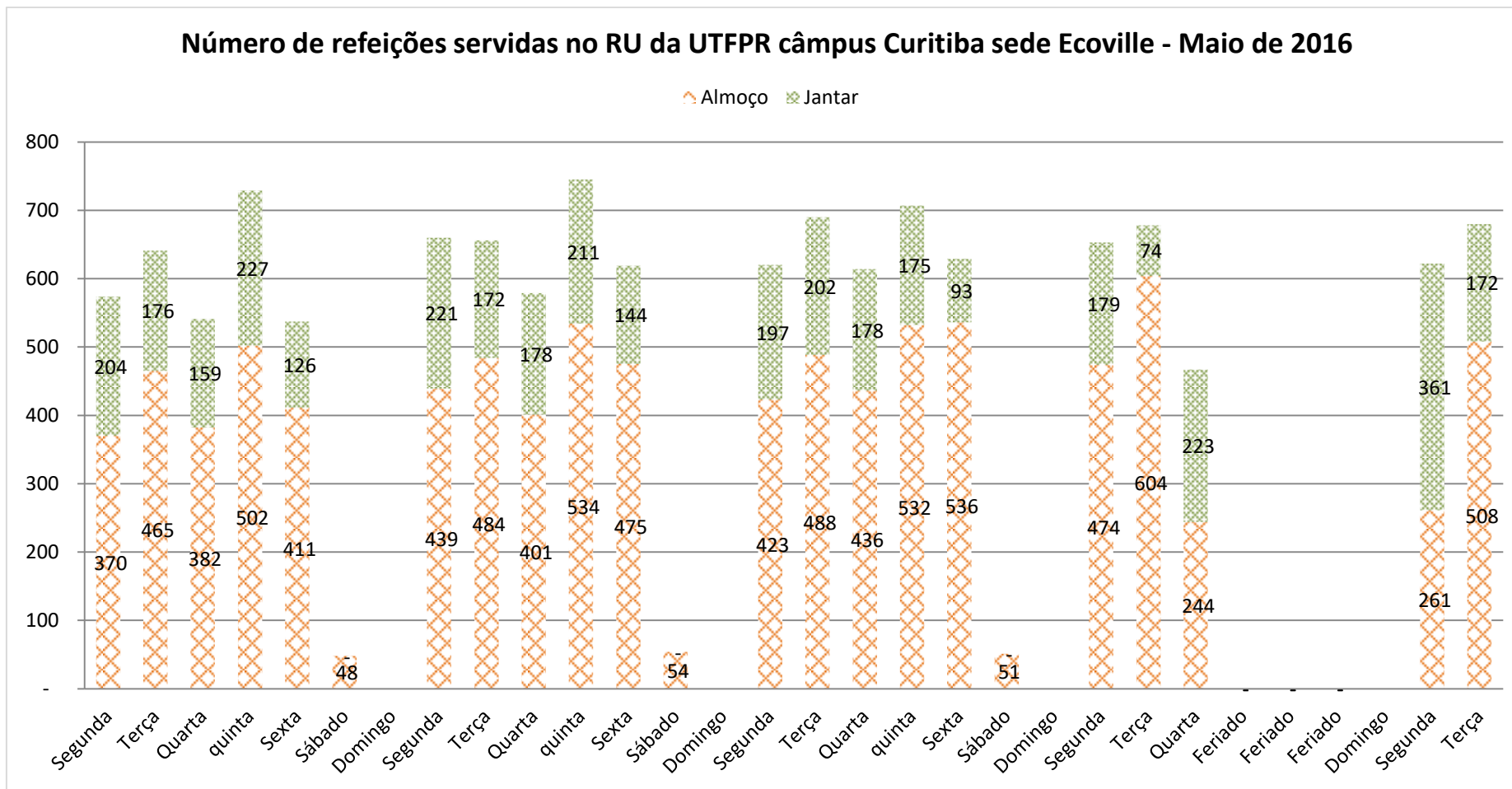


Figura 12: Número de refeições servidas no mês de maio no RU da UTFPR câmpus Curitiba sede Ecoville.
Fonte: Autoria própria.

Por meio deste levantamento, foi possível identificar em quais dias da semana são consumidos o maior número de refeições. A média do número de refeições servidas no mês de maio de 2016, no período de segunda-feira a sexta-feira, foi de 632 refeições, obtendo-se um desvio padrão de 68 refeições. Aos sábados são servidas em média 51 refeições, com desvio padrão de 3 refeições. Com estes dados (Figura 13) também foi possível identificar em quais dias da semana o consumo de refeições foi maior.

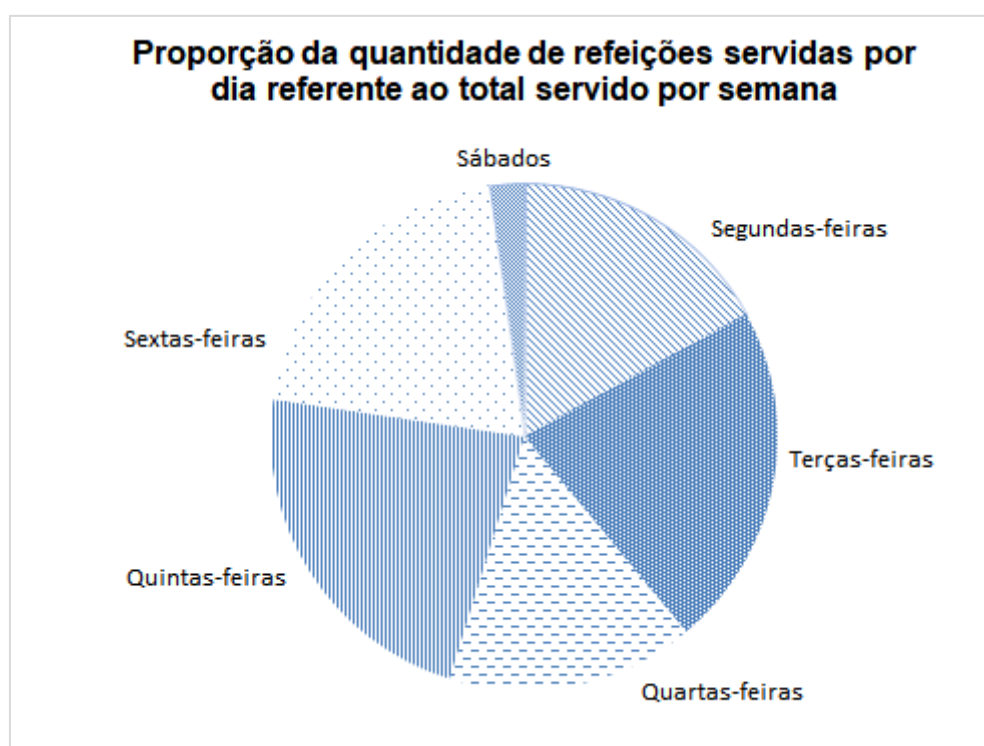


Figura 13: Proporção da quantidade de refeições servidas por dia referente ao total servido por semana

Fonte: Aatoria própria

Segundo a Figura 13, foi possível identificar que as terças-feiras (22%) e quintas-feiras (23%) foram os dias da semana em que ocorreu o maior consumo de refeições. Este resultado pode indicar que provavelmente nestes dias ocorreu uma maior concentração no número de aulas na sede Ecoville, inclusive pela população flutuante (cerca de 200 alunos) nestes dias da semana, o que remete a possibilidade de fazer a correlação entre as aulas ministradas e o número de alunos que possam vir a utilizar os serviços do RU. Os dias com maior fluxo no Restaurante Universitário

podem variar de semestre para semestre, porém é importante observar estas correlações e montar uma previsão mais realista do número de refeições a serem servidas, com o objetivo de evitar o desperdício, principalmente das refeições no buffet. Esse tipo de avaliação auxilia no gerenciamento do processamento de alimentos e, conseqüentemente, na geração de resíduos orgânicos e redução de desperdício.

Quando se propõem o gerenciamento de resíduos orgânicos no RU com o objetivo de realizar uma compostagem como tratamento final, é importante compreender a dinâmica de fluxo dos alunos, número de refeições processadas no RU, para evitar o desperdício de alimentos, assim como estimar a quantidade de geração de resíduos orgânicos para cada dia da semana.

Nesta pesquisa também foram identificados os tipos de vegetais que geram resíduos orgânicos crus. Estes vegetais foram diferenciados entre folhosos e não folhosos. Os vegetais folhosos utilizados no preparo das refeições foram: acelga, alface, almeirão, chicória, couve e repolho, dentre os quais a alface entra como a base diária para a salada. Entre os vegetais não folhosos, foram utilizados: abobrinha, beterraba, cenoura, chuchu, pepino e tomate, sendo o último também usado diariamente misturado à alface, porém em menores quantidades.

Para a coleta dos resíduos gerados no preparo das refeições foi necessário desenvolver uma dinâmica diferenciada. A proposta foi de recolher os resíduos de forma a classificar os mesmos por tipo de folhosas e não folhosas, utilizando para tanto sacos plásticos de diversos volumes (Figura 14).



Figura 14: Resíduos coletados em sacos plásticos distintos por tipologia folhosos e não folhosos.

Fonte: Autoria própria

Todos estes resíduos foram coletados em sacos plásticos diferenciados por cor e volume, durante o período de uma semana (de segunda a sábado) no mês de maio de 2016, conforme indicado na Tabela 03:

Tabela 03 - Descrição dos sacos utilizados por tipo de resíduo a ser coletado no RU no período de uma semana (de segunda a sábado).

RESÍDUOS	QUANTIDADE DE SACOS		
	Quantidade por dia	Capacidade (L)	Quantidade de sacos por semana
PREPARO DA SALADA	4	100	22
SALADA 1	2	20	11
SALADA 2	2	20	11
SALADA 3	2	20	11
ARROZ BRANCO	2	50	11
ARROZ INTEGRAL	2	50	11
FEIJÃO	2	50	11
LENTILHA	2	50	11
GUARNIÇÃO*	2	50	11
SOJA	2	50	11
CARNE	2	50	11
RESÍDUOS DOS PRATOS	2	100	11

* Complemento variado, como por exemplo farofa, macarrão, pirão, legumes cozidos.

Fonte: Autoria própria

Em relação a essa atividade, a mesma possibilitou verificar que para a coleta de sobras de alimentos quentes se faz necessário utilizar sacos plásticos mais resistentes para evitar o rompimento destes, e para os resíduos de saladas não se faz necessário esse tipo de cuidado, podendo utilizar sacos com menor resistência. No preparo das saladas, entende-se como resíduos aqueles provenientes da limpeza e do descarte de parte dos vegetais inadequados para o consumo, sendo que, nesta etapa, ocorre a maior geração de resíduos vegetais não cozidos.

Esse resultado ajudou a estabelecer a logística de coleta dos resíduos no RU, que diferencia o tipo de resíduo gerado pelo volume de pacote, que se mostrou uma metodologia muito mais acertada do que utilizar um tamanho padrão de saco

identificados por etiquetas. Esta última alternativa não se mostrou assertiva para a dinâmica de trabalho na cozinha do RU.

Outra dinâmica de coleta que se mostrou eficiente foi a determinação de horários para que o pesquisador fosse buscar o material, previamente separado pelos funcionários da cozinha do RU, assim como a disponibilização dos sacos de coleta no início do dia ao invés de semanalmente. A entrega semanal de todos os sacos causou confusão na hora da coleta, ocasionando o extravio destes.

As saladas 1 (um), 2 (dois), e 3 (três) referem-se as diferentes variedades de resíduos das saladas servidas no buffet entre folhosas e não folhosas, dos quais algumas são servidas cruas e outras refogadas. Já o arroz branco, arroz integral, feijão, lentilha, guarnição, soja carne e resíduos de pratos são sobras de alimentos cozidos que foram servidos no buffet. É importante fazer essa separação entre resíduos cozidos e não cozidos, porque na vermicompostagem não se recomenda a aplicação de alimentos que possuem adição de sal, temperos e gorduras. Durante a semana de dois a cinco de maio de 2016 foram quantificados a massa e volume dos resíduos gerados no RU, conforme a Tabela 04.

Tabela 04 - Resíduos referentes à preparação de 3.070 refeições, realizadas entre o período de 02/05 a 07/05/2016.

Resíduos	Massa (Kg)	Volume (L)	Resíduo/refeição (g)
Preparo das refeições (SALADAS)	136,75	516	44,54
Sobras Buffet	232,23	310	75,64
Sobras Pratos	100,79	343	32,83
Outros (cascas de cebola e frutas estragadas)	26,22	52	8,54
Total	495,98	1221	161,56

Fonte: Autoria Própria.

Dessa forma, como resultado, foram gerados durante a coleta referente a essa pesquisa o total de 495,98 kg (com volume de 1221 L) de resíduos orgânicos no RU, dos quais 136,75 kg de resíduos são vegetais crus vermicompostáveis provenientes do preparo das refeições (27,57%). Esse total de resíduos é referente ao equivalente a 3070 refeições servidas (uma refeição = um aluno) durante uma

semana (segunda a sábado), resíduo este que não será destinado para a vermicompostagem e pode-se classificar como desperdício.

A composição das refeições durante o período da coleta da pesquisa foi constituída pelos seguintes alimentos: três (3) tipos de salada; dois (2) tipos de leguminosas (feijão e lentilha); dois (2) tipos de cereais (arroz integral e arroz branco); dois (2) tipos de proteína (animal e soja); uma (1) guarnição e uma (1) sobremesa as quais variam ao longo da semana.

O resultado deste levantamento foi de que são gerados por refeição 69,89 g de resíduos cozidos das sobras do buffet. De acordo com o levantamento realizado, o número de refeições que foram servidas durante o mês de maio de 2016, foi de 12.794 refeições, podendo assim, fazer uma estimativa de que ao final deste mês foram gerados cerca de 894,17 kg de resíduos provenientes de alimentos cozidos, que não possuem um bom potencial para a compostagem, devido à adição de sal e gordura. Bochnia *et al.* (2013), encontrou em sua pesquisa em média 200 kg cascas de vegetais e 700 kg de sobras de prato por mês para uma média de 4.000 refeições servidas por dia.

Por meio desta pesquisa foi possível, pelo levantamento realizado durante uma semana, identificar que o processamento de alimentos no RU gera cerca de 63,52g de resíduos crus por refeição. Estes resíduos são gerados ainda durante o preparo das refeições e na cozinha.

Foi realizado um levantamento bibliográfico com pesquisas que levantaram dados similares para o gerenciamento de resíduos em restaurantes universitários. Neste levantamento bibliográfico foi possível identificar dados referentes ao desperdício de sobras de pratos por refeições, conforme descritos por Lopes & Fonseca (2013), Oliveira *et al.* (2014) e Dominges *et al.* (2016), mas que não relatam a geração de resíduos no processamento dos alimentos nem sobras do buffet, apenas desperdício dos restos de alimentos nos pratos. Lopes & Fonseca (2013), encontraram 3.878,2 kg de sobras de pratos no mês de maio de 2012, com em média 1875 refeições/ dia. Não foi possível fazer uma comparação com os dados dos autores anteriormente citados para identificar uma correlação ou similaridade com resíduos vegetais não cozidos gerados nesta pesquisa no RU da sede Ecoville.

Este resultado da pesquisa e a falta de outros estudos voltados à geração de resíduos durante o processamento do alimento, indicam que ainda é necessário investir em processos de gerenciamento no preparo dos alimentos que esteja

associado a dinâmica da Universidade e nas sobras do buffet, principalmente para evitar o desperdício.

Com o levantamento da quantidade de refeições servidas e a quantidade de resíduos gerados foi possível fazer uma relação dos alimentos vegetais que compõem em maior quantidade os resíduos por refeição servida. Na figura 15, podem ser visualizados os dados de folhosas utilizadas na composição da salada indicando a quantidade de resíduo não cozido, em porcentagem, gerado por refeição consumida.

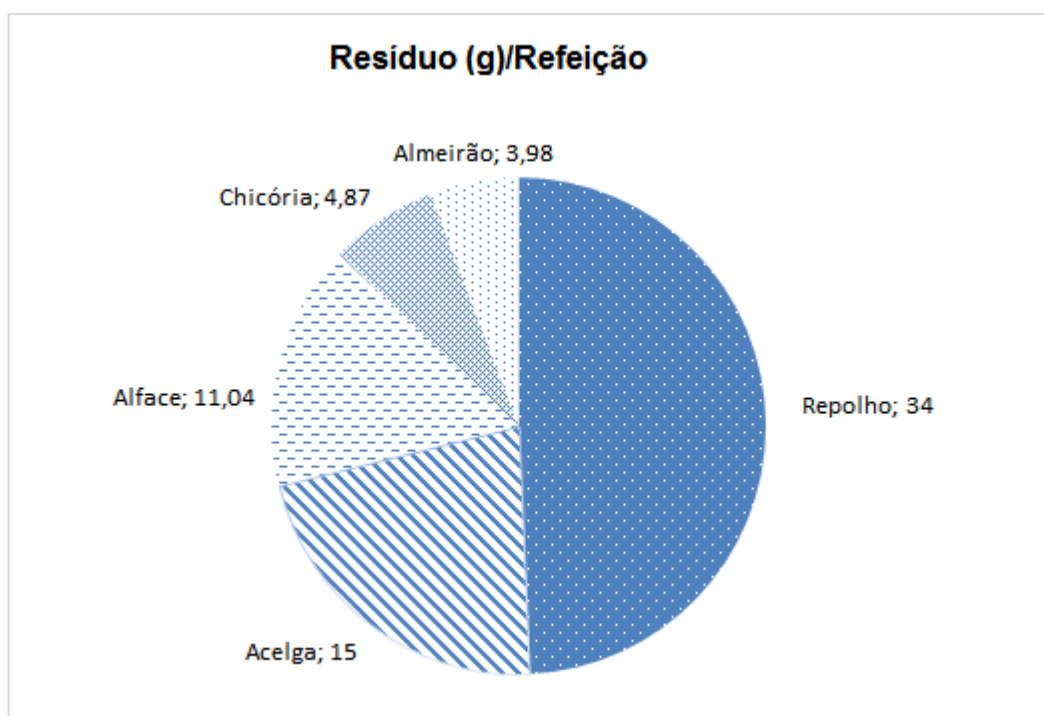


Figura 15: Folhosas utilizadas na composição da salada indicando a quantidade de resíduo não cozido gerado por refeição.

Fonte: Autoria própria.

O repolho foi o que mais gera resíduos dentre as folhosas utilizadas no processamento dos alimentos do RU, obtendo em média 34g por refeição consumida.

A acelga foi a segunda folhosa que em média gera 15g de resíduo não cozido por refeição, mas não foi servida todos os dias da semana. A folhosa alface foi determinada pela gerência do RU como o vegetal folhoso a ser servido diariamente, sendo a terceira colocada como a folhosa que gera resíduos, obtendo

uma média de 11,04 g de resíduo não cozido por refeição servida no RU. A chicória e o almeirão são as folhosas que geram menor quantidade de resíduos por processamento do alimento, por refeição consumida.

Na Figura 16, podem ser visualizados os dados das cascas de vegetais utilizadas na composição da salada e alimentos quentes, indicando a quantidade de resíduo não cozido gerado por refeição.

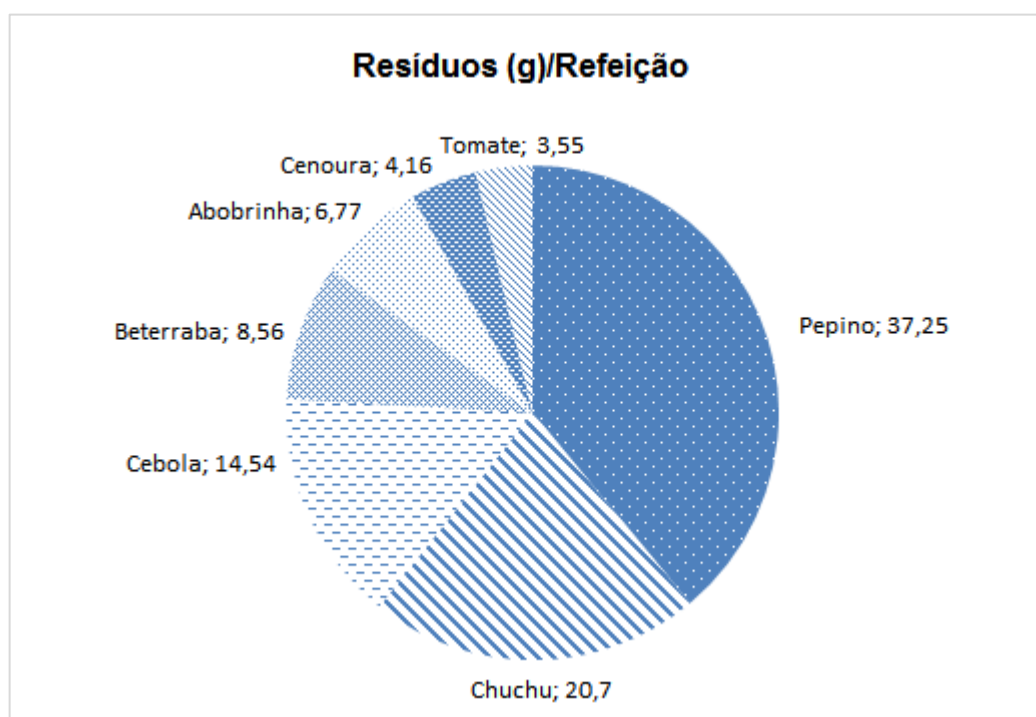


Figura 16: Vegetais utilizados na composição da salada indicando a quantidade de resíduo não cozido gerado por refeição.
Fonte: Autoria própria.

Das cascas de vegetais, a que mais geraram resíduo não cozido foram as de pepino, com cerca de 37,25 g por refeição consumida. O tomate, mesmo sendo servido diariamente, gera uma quantidade de resíduo pequena, sendo estimada uma média de 3,55 gramas de resíduos por refeição consumida, logo, foi descartada na aplicação do experimento, que visa utilizar resíduos vegetais que geram grande quantidade de resíduos orgânicos não cozidos no RU. Outro resíduo que foi identificado tendo uma grande geração de resíduo diária, tanto na copa quanto no

restaurante universitário, foi a borra de café apresentando uma média de 12,5 kg de resíduo gerado na copa, por semana.

Então, foi definido para este experimento a utilização da borra de café misturado a casca de pepino, alface e repolho, para aplicar na vermicompostagem, por serem os resíduos que obtiveram a maior geração diária. O levantamento da quantidade dos três vegetais e borra de café gerados foi realizado em um dia de processamento de alimentos no RU. A data do dia 2 de maio de 2016, foi determinada para fazer este levantamento, porque foi o dia no qual estes vegetais foram utilizados no cardápio. Nesta data foram consumidas 574 refeições. A quantidade de resíduos orgânicos crus de origem vegetal gerados neste dia estão descritas na Tabela 05, na qual também contém a quantidade de resíduo necessário para compor o substrato do experimento para os 4 vermidigestores.

Tabela 05 - Quantidade de vegetais utilizada no preparo da refeição do dia 02/05/2016* servido no Restaurante Universitário da UTFPR câmpus Curitiba sede ecoville.

Vegetal	Quantidade de alimento utilizado no RU**	Quantidade de resíduos gerado (kg)	Quantidade de resíduo utilizada na montagem do experimento (kg)
Alface	70 pes	5,89	6,8
Repolho	30 pes repolho	13,59	6,8
Pepino	75 kg pepino	19,52	6,8
Café (copa, segunda a sexta-feira)	2,5 kg	2,50	4,0
Folhas secas	-----	-----	0,4

Fonte: Autora

* dia em que os três vegetais estudados fizeram parte do cardápio.

** antes da limpeza e descascamento

No processo de vermicompostagem se faz necessário estabelecer uma relação C/N. A mistura dos resíduos de pepino, alface, repolho e borra de café constituem a fonte de nitrogênio do experimento, havendo necessidade de misturar um elemento rico em carbono. A porção de carbono deste experimento foi composta por folhas secas provenientes das árvores conhecidas vulgarmente por Acer, que perdem as folhas secas no outono (Figura 17). Estas árvores estão próximas da UTFPR, sede Ecoville, e foram recolhidas, trituradas e armazenadas em *Big Bags*.



Figura 17: A - Trituração de folhas secas recolhidas na frente do câmpus da universidade. B – Trituração dos resíduos vegetais do Restaurante universitário câmpus Curitiba sede Ecoville. Fonte: autoria própria

A trituração foi uma etapa importante para a redução do volume dos resíduos de modo a servir a quantidade de resíduos necessários à alimentação das minhocas (durante o período de 60 dias) dentro do vermidigestor.

Os resíduos triturados tiveram redução de volume e consequentemente aumento de densidade aparente, conforme a tabela 06.

Tabela 06 - Massa (kg) e densidade aparente ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$) de resíduos *in natura* e após triturados de alface, repolho e casca de pepino.

Resíduo	Massa do resíduo (kg) para cada balde (20 l)		Densidade aparente ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	
	<i>in natura</i>	triturado	<i>in natura</i>	triturado
Alface	$2,76 \pm 0,76$	$18,55 \pm 0,15$	138,00	927,50
Repolho	$2,66 \pm 0,44$	$11,0 \pm 0,45$	133,00	550,45
Cascas de pepino	$6,10 \pm 0,10$	$20,1 \pm 1,20$	305,00	1005,00

Fonte: Autoria Própria.

Foram definidos três vegetais, com critérios de frequência, de uso e geração de resíduo não cozido durante o processamento dos alimentos, para utilização no experimento de vermicompostagem. A identificação da densidade aparente dos resíduos triturados que farão a composição do substrato de alimento da

vermicompostagem, é importante para identificar se será necessário fazer um pré-tratamento antes de adicionar o substrato no vermidigestor. Alguns autores como Edwards (1995), indicam a necessidade de retirar o excesso de água dos alimentos triturados, a fim de reduzir a densidade e aumentar a passagem de oxigênio no substrato de alimento.

4.1.2 Gerenciamento de resíduos orgânicos para um possível tratamento futuro dentro da Universidade

Ao desenvolver esta pesquisa foi possível observar que, futuramente, seja possível realizar o tratamento de parte dos resíduos orgânicos provenientes da Universidade, para isso é preciso alterar alguns pontos no atual gerenciamento de resíduos orgânicos, conforme indicados na tabela 07:

Tabela 07 - Avaliação do gerenciamento de resíduos orgânicos alimentares do RU câmpus Curitiba sede Ecoville, situação atual e sugestões para melhoria.

(Continua)

Gerenciamento de resíduos orgânicos		
Local	Atual (2017)	Sugestões de melhoria
Dentro da cozinha	Contém 2 lixeiras com tampa de 60 litros cada - Uma utilizada para descarte de orgânicos gerados no preparo de alimentos; embalagens plasticas de carne, luvas e sobras de buffet - Uma para sobras de alimentos dos pratos.	Utilização de três lixeiras com tampa de 100 litros cada, - Uma para armazenar os resíduos orgânicos vermicompostáveis - Uma para descarte dos resíduos com potencial de reciclagem, mas contaminados com restos de alimentos, como embalagens plásticas de carne, luvas e toucas; - Uma para sobras de alimentos dos pratos e sobras de buffet.

(Conclusão)

Dentro da cozinha	<p>Modelo de lixeira atual</p> <p>Problemas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dificuldade para transporte, pois o saco de resíduos é pesado; - São necessários de um a dois funcionários para retirada do pacote cheio. 	<p>Novo modelo de lixeira</p> <p>Vantagens: Facilidade para transporte do pacote de resíduos até o armazenamento temporário</p> <ul style="list-style-type: none"> - Facilidade para tirar o saco de resíduos cheio - Mais higiênico quando comparado com o modelo utilizado atualmente. - Lixeira que fica acoplada a pia, facilitando nas atividades diárias do funcionário (Figura 18). <p>Obs: Necessário fazer uma rampa na porta de saída dos resíduos para facilitar o transporte dos mesmos.</p>
Armazenamento temporário	Os sacos plásticos são colocados no chão, ao lado de fora da cozinha, local desprotegido de chuvas (Figura 20).	Construção de de um ambiente de armazenamento de resíduos temporário, para armazenamento de até 4 horas (tempo máximo entre a geração dos resíduos no processamento da cozinha até o término da disponibilização das refeições servidas, momento no qual ocorre o transporte dos resíduos até o descarte no compacteiner).
Transporte	<p>Carrinho sem proteção lateral e de uso em conjunto com o serviço de manutenção da Universidade (Figura 19A).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Difícil de transportar e com risco de deixar os sacos com resíduos cair no meio do trajeto; 	<p>Compra de um carrinho de transporte de resíduos de uso exclusivo do restaurante e com grades nas laterais (Figura 19B).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Maior segurança e facilidade do transporte dos resíduos.
Armazenamento e Destinação	Os resíduos orgânicos são armazenados em um compacteiner com capacidade de 8m ³ e transportados por uma empresa terceirizada a qual destina os mesmos em um aterro sanitário.	Proposta de tratamento de 27,57% dos resíduos orgânicos alimentares gerados na Universidade, trazendo como benefício o cumprimento do Pacto da Agenda 21 das IES e provável redução de custos provenientes da destinação de resíduos orgânicos. O vermicomposto gerado pode ser utilizado no gramado e vasos de plantas ornamentais da UTFPR sede Ecoville.

Fonte: Autoria Própria.

Para a realização desta pesquisa, foi necessário aplicar um treinamento aos funcionários do restaurante para a separação correta dos diferentes tipos de resíduos orgânicos. Para a implementação de uma unidade de tratamento de resíduos orgânicos, será necessária a realização de um treinamento semestral com os funcionários, pois existe grande rotatividade destes no restaurante universitário, bem como das pessoas responsáveis por realizar o tratamento dos resíduos e do jardineiro para o uso adequado do adubo produzido.



Figura 18: A: Pia e lixeira atual da cozinha do RU. B: Modelo de lixeira sugerida para facilitar a separação dos resíduos orgânicos vercompostáveis.
Fonte: HEAVYBAO COMMERCIAL KITCHENWARE CO.,LTD

É importante a lixeira ficar do lado da pia para facilitar o dia a dia na lavagem e separação da parte não comestível dos vegetais.



Figura 19: Carrinho para o de transporte de resíduos do RU. Foto do carrinho atual. B: Sugestão de carrinho de transporte de resíduos com grades e abertura lateral
Fonte: Autoria própria; Cromo galvanizadora



Figura 20: Armazenamento temporário dos resíduos gerados pelo RU.
Fonte: Autoria própria.

4.2 Tratamento de resíduos orgânicos

O tratamento de resíduos orgânicos crus, de origem vegetal foi realizada em duas etapas, a vermicultura e a vermicompostagem.

4.2.1 Vermicultura

Por meio da vermicultura, foi possível identificar e compreender o ciclo reprodutivo das minhocas, observando a postura de casulos e identificação dos mesmos em eclodidos e não eclodidos, e a diferenciação das minhocas adultas pela presença do clitelo e hábitos alimentares. Esta fase foi muito importante para identificar a aceitação ou não de determinados alimentos, inclusive quando dispostos em pedaços ou ralados. Por exemplo, foi possível identificar que quando adicionada cenoura ralada fresca, gerou *stress* elevado nas minhocas, pois as mesmas fugiram e morreram (Figura 21), por outro lado, quando foi adicionada uma cenoura inteira não foi identificado este comportamento.

Quando adicionada a cenoura inteira, a mesma murchou e foi utilizada como alimento pelas minhocas, não foi observada a situação de *stress* que antes ocorrera com a adição de cenoura fresca ralada. O mesmo ocorreu com a beterraba ralada, houve a fuga e *stress*, e pedaços grandes de beterraba não indicaram este fenômeno da fuga.



Figura 21: Foto das dos vermidigestores da vermicultura. Reação das minhocas quando foi adicionada cenoura ralada como alimento, indicando *stress*.
Fonte: Autoria própria

Segundo Cenci (2011), que desenvolveu pesquisas com alimentos minimamente processados, o mesmo identificou que em vegetais inteiros o sistema enzimático está geralmente intacto e ativo, e o produto deteriora-se devido ao processo de senescência natural, à medida que as reservas de energia vão sendo consumidas; desta forma, os produtos metabólicos vão sendo acumulados nos tecidos, mas, quando os produtos hortícolas são cortados, descascados, fatiados ou ralados, a taxa metabólica aumenta, provavelmente devido à maior atividade metabólica das células injuriadas e pelo aumento da superfície exposta à atmosfera após o corte. O corte permite o maior contato com o oxigênio o que facilita a penetração deste gás no interior das células, assim sendo a atividade respiratória também aumenta com a temperatura, dependendo da função e da espécie de vegetal, do seu grau de maturação, das suas condições fisiológicas e da composição gasosa da atmosfera ao seu redor.

Segundo Raven *et al.* (2007), a geração de gás etileno, o hormônio da maturação aumenta quando ocorre o envelhecimento de vegetais. Finger *et al.* (2006), realizaram pesquisas com flores e frutos e chegaram a conclusão que o aumento da temperatura entre 5 e 30 °C estimulou a respiração e a produção de

etileno de maneira semelhante em flores. A produção de etileno aumenta em frutos maduros, órgãos feridos e flores e folhas cortadas.

Raven *et al.* (2007), identificaram que, quando o vegetal foi cortado, estimularia a formação de gás etileno, devido ao aumento da área de superfície em contato com o oxigênio, acelerando desta forma o grau de decomposição do vegetal. O que ocorreu no caso da cenoura e beterraba ralada adicionadas na vermicultura. Cada tipo de vegetal reage de forma diferente, mas o que se supõem é que a cenoura e beterraba quando raladas, devem ter estimulado a geração de gás etileno, o que provavelmente foi tóxico para a minhoca e estimulou a fuga por *stress* seguida por mortalidade das minhocas.

A vermicultura também foi importante para compreender o ponto de secagem do vermicomposto produzido pelas minhocas, de modo a possibilitar o seu armazenamento. Também foi testado o ponto de secagem para passar o vermicomposto na peneira. Após todo o processo de secagem desenvolvido para a presente pesquisa foi realizada uma amostragem para verificar a umidade do vermicomposto, o qual apresentou umidade de 48%, valor dentro do limite estabelecido pela IN SDA/MAPA 25/2009, que é de no máximo 50% de umidade.

Esta fase foi importante para identificar o melhor processo de armazenamento da borra de café, pois dependendo da umidade e da forma de secagem, a mesma é colonizada por diferentes insetos que acabam por contaminar o substrato da vermicompostagem.

4.2.2 Vermicompostagem

O experimento da vermicompostagem dessa pesquisa consistiu em avaliar dois modelos de vermidigestores em duplicatas, sendo um modelo com o fundo do vermidigestor com furos e o outro com fundo com barras.

4.2.2.1 Avaliação dos modelos de vermidigestores

O período de tratamento dos resíduos foi planejado para 60 dias, mas o modelo com barras teve o seu término no 45º dia, e o modelo com furos finalizou no período planejado. O vermidigestor com barras não tinha mais substrato para a coleta das amostras no 45º dia, conforme pode ser visualizado na Figura 22B

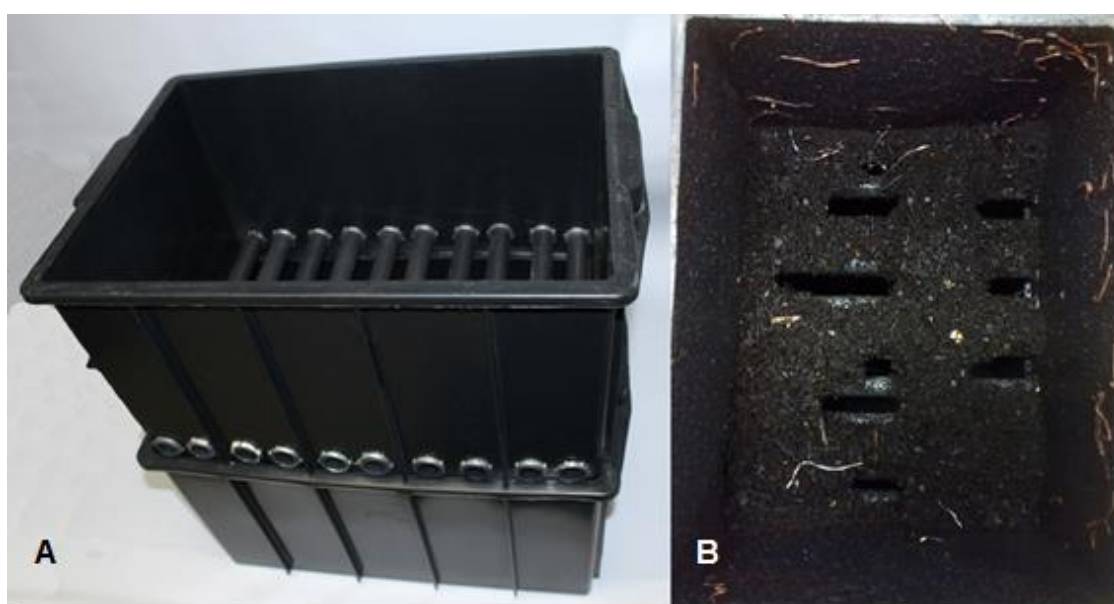


Figura 22: Fotos do modelo de vermidigestor com barras. A: Foto no qual é possível visualizar o fundo do vermidigestor, o qual propicia a queda do vermicomposto pronto. B: Foto do vermidigestor em barras ao 45º dia de experimento.

Fonte: Autoria própria.

O modelo do vermidigestor com barras permite que o vermicomposto pronto caia para a caixa coletora com maior facilidade, o que ocasionou a falta substrato para a coleta das amostras. Este mesmo fator não acontece no vermidigestor com furos, no qual é necessário fazer a retirada do vermicomposto manualmente, os furos só permitem o escoamento do líquido na caixa coletora.

Huang *et al.* (2014), também finalizaram seu experimento antes do planejado, quando as minhocas ingeriram todo o resíduo vegetal fresco utilizado no experimento, o qual ocorreu após 5 semanas de tratamento.

Essa diferença do design no fundo do vermidigestor influencia no manejo do vermicomposto pronto. O modelo de barras permite uma separação do vermicomposto de maneira rápida e com poucas minhocas, enquanto o modelo com furos exige uma separação manual das minhocas do vermicomposto pronto em qualquer composição de duas ou três caixas/vermidigestores empilhados.

Amostragem

O experimento seguiu um plano de amostragem, conforme indicado no subcapítulo 3.2.2, que pretendia viabilizar a coleta de amostras similares entre si em relação a sua quantidade realizadas a cada três dias. Ao final de 60 dias, seriam coletadas 20 amostras por experimento. Devido a perda de substrato ocasionado pela queda de vermicomposto dos vermidigestores com barras, não foi possível finalizar a coleta de 20 amostras neste modelo.

O amostrador, desenvolvido para este experimento (Figura 23), confeccionado com a borda da tampa e barbantes, foi eficiente para facilitar a coleta de amostras seguindo o planejamento e possibilitando coletar quantidades similares destas.



**Figura 23: Amostrador desenvolvido pela pesquisadora para auxiliar na coleta de amostras nos vermidigestores.
Fonte: Autoria própria.**

Temperatura; pH; umidade; e C/N

Segundo Lourenço (2014), a temperatura ideal para a vermicompostagem deve ficar entre 20 a 25°C. Ele considera a temperatura prejudicial entre 30 a 35°C, em que já pode ocorrer danos as minhocas. O pH, a umidade e a relação Carbono e Nitrogênio também são importantes para a manutenção da vermicompostagem. Os resultados obtidos para estes parâmetros pode ser visualizada na Tabela 08.

Tabela 08 - Parâmetros de controle da vermicompostagem, temperatura, pH, umidade e relação C/N.

Parâmetros	Início		Resultados (vermicomposto)	
	substrato inicial	Resíduos	Final Furos 60º dia Barras 45ºdia	Média em todo o periodo do experimento
Temperatura	25°C	25°C	Furos: 27°C ambiente e 26° dentro do vermidigestor. Barras: 28°C no ambiente e 25,5°C dentro do vermidigestor	Furos ambiente 24°C 24°C dentro vo vermidigestor Barras ambiente 24°C 24°C dentro do vermidigestor
pH	8,04	pH café 6,0*	Furos 7,76±0,02 Barras 7,76±0,15	Furos 7,71±0,08 Barra 7,70±0,07
Umidade	80,58%	90,0% (teórica)	Furos 82,51±0,35 Barras: 78,62±0,38	Furos: 82,20±0,55 Barras: 81,73±0,88
C/N	8,71/1	entre 23/1 e 24/1 (teórico)	Furos:11,27±0,01 Barras: 10,88±0,18	Furos:10,73±0,42 Barras: 10,95±0,11

Fonte: Autoria própria

* Liu e Price (2011)

O experimento foi realizado à temperatura ambiente. O interior dos vermidigestores apresentaram uma variação de temperatura ambiente entre 21 a 28 °C e da temperaturura dentro dos vermidigestores entre 21 a 27°C. O experimento foi realizado nos meses de novembro, dezembro de 2016 e janeiro de 2017, meses relativamente quentes para a cidade de Curitiba, num período de final de primavera e início de verão.

Seguindo Edwards *et al.* (2011), na Universidade de Illinois/USA o centro de compostagem precisa aquecer o ambiente em que se encontram os vermidigestores, no período do inverno. Dependendo do local onde é realizada a

vermicompostagem pode haver a necessidade de uma proteção adequada para evitar a queda da temperatura nos vermidigestores.

Nesta pesquisa foi possível ter uma temperatura próxima da faixa ideal para a vermicompostagem, mas em tratamentos a serem realizados em grande escala precisa-se observar o local, para que o mesmo não tenha excesso de incidência solar ou possibilidade de redução da temperatura.

Em relação ao pH, o mesmo se manteve praticamente estável durante o período do experimento. Os resultados mostraram pouca variação entre o modelo de vermidigestor com furos, que apresentou pH $7,71 \pm 0,08$, e o de barras que apresentou pH $7,70 \pm 0,07$. Segundo Lourenço (2014), a faixa de pH ideal para a vermicompostagem se apresenta entre 6,0 - 8,0, sendo considerado um pH ótimo de 6,5 – 7,5.

De acordo com a IN SDA/MAPA 25/2009, o valor de pH no vermicomposto precisa ser igual ou maior à 6,0, portanto, o vermicomposto atende a legislação neste quesito.

Neste experimento não houve adição de cascas de frutas cítricas, que pode ser um dos fatores de mudança de pH na vermicompostagem. Em vista disso, não foi verificada mudança significativa no pH com o substrato de alimento que foi adicionado nos vermidigestores.

Segundo Edwards (1995), a temperatura e a umidade auxiliam no processamento dos materiais orgânicos. A faixa de temperatura na qual o processamento se dá mais rápido, é entre 15 a 25 °C associado aos teores de umidade entre 70 a 90 % de umidade. A atividade e produtividade das minhocas cai drasticamente, e conseqüentemente o processamento da matéria orgânica, quando a temperatura e a umidade estiverem fora destas faixas.

Nesta pesquisa não foi verificada uma mudança significativa entre a umidade dos dois modelos de vermidigestores. O vermidigestor com furos apresentou a umidade de $82,20 \pm 0,55\%$ ao longo dos 60 dias, e o modelo de barras apresentou nos 45 dias umidade de $81,73 \pm 0,88\%$. Foi observado que no modelo de vermidigestor com furos houve a formação de zonas irregulares de acúmulo de água, o que fazia com que houvesse uma retenção maior de água durante um determinado período do experimento, conforme pode ser observado no gráfico da figura 23, referente ao escoamento de lixiviado no experimento, que indica o modelo com furos teve um escoamento mais lento no início do experimento.

De acordo com a literatura, nos dois modelos de vermidigestores, foi mantida a faixa adequada de umidade para a vermicompostagem, entre 70 - 90%, ficando próximo da umidade ótima, que segundo Lourenço (2014), é de 85%.

O problema observado no vermidigestor com furos e que deve estar relacionado a formação das zonas úmidas e lento processo de escoamento da água foi a presença de moscas a partir do 30º dia do experimento. Este fato não ocorreu nos vermidigestores com barras.

Para a comercialização, a IN SDA/MAPA 25/2009 permite um valor menor ou igual a 50% de umidade no vermicomposto. Nesta etapa do trabalho o foco da avaliação da umidade foi para avaliar o processo de decomposição utilizando-se a técnica de vermicompostagem, por esta razão que o valor de umidade apresentou-se elevado comparando com o limite estabelecido na normativa.

A relação Carbono Nitrogênio dos resíduos é importante para que o processo de compostagem ocorra de forma adequada por meio dos microrganismos (KIEHL, 1985). Após o processo de vermicompostagem, valores baixos da relação C/N indicam maior grau de maturação do vermicomposto Lourenço (2014). A quantidade das substâncias carbono e de nitrogênio presentes no adubo, vermicomposto, resultante desse processo também é importante para uma nutrição vegetal adequada (RAIJ *et al.*, 1997).

No levantamento de Abbasi *et al.* (2015), dos 111 artigos analisados para o tema vermicompostagem, 56 artigos utilizaram como critério de avaliação para indicar se o processo vermicompostagem ocorreu de forma adequada a relação C/N. A relação C/N do produto final do processo indicada nos artigos como adequada foi a relação menor que 20/1.

Os resultados da relação C/N no substrato inicial foi de 8,71/1, tratando-se substrato resultante do vermicomposto gerado na vermicultura. Este valor indica que o vermicomposto já apresentava uma relação dentro do estabelecido pela segundo Abbasi *et al.* (2015). De acordo com a IN SDA/MAPA 25/2009, a relação C/N máxima permitida no vermicomposto é de 14/1, portanto, o vermicomposto atende a legislação neste quesito.

Sobre este substrato foi depositado o substrato de alimento. A fim de iniciar a avaliação do processo de vermicompostagem para 60 dias. O substrato de alimento inicial apresentou a relação C/N entre 23/1 e 24/1, a qual foi determinada de

acordo com a recomendação de Lourenço (2014) com a fórmula indicada no subcapítulo 3.2.2.

O resultado do composto gerado durante o processo de vermicompostagem no modelo de vermidigestor de furos, apresentou relação de $11,27 \pm 0,01$ ao final de 60 dias, equivalendo a média das cinco amostras foi de $10,73 \pm 0,42$; e o modelo com barras $10,88 \pm 0,18$ ao final de 45 dias, e a média de 4 amostras foi de $10,95 \pm 0,11$.

Esta relação encontrada no produto final do processo indica que o mesmo se apresentou adequado e similar entre os dois modelos.

Lixiviado

A diferença, que existe no fundo de cada caixa dos vermidigestores, influenciou no escoamento do líquido presente no substrato. Este líquido que escoou pelo fundo dos vermidigestores com furos ou com barras compõem o lixiviado, também conhecido como chorrume, que foi recolhido na caixa coletora. Foi realizada a coleta de lixiviado a cada três dias e o resultado pode ser observado na Figura 24:

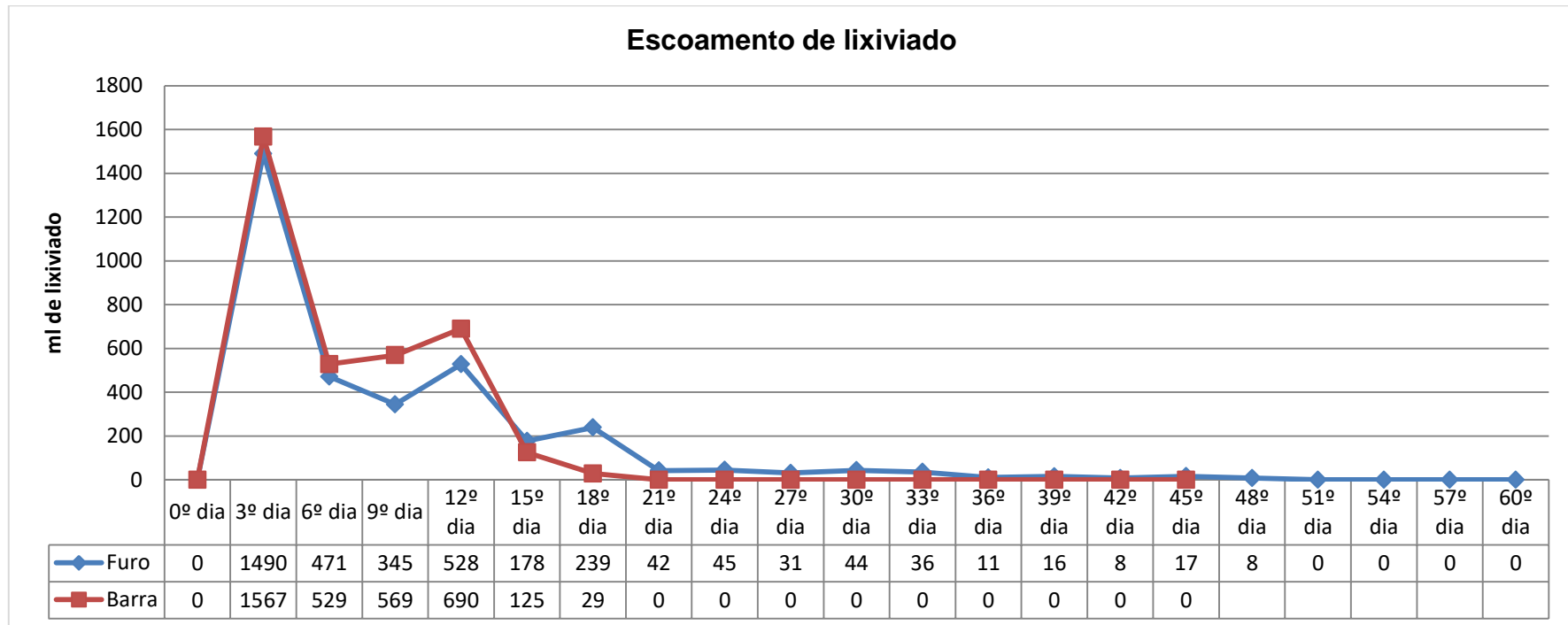


Figura 24: Formação da quantidade de lixiviado gerado na vermicompostagem.

Fonte: Autoria própria

Durante o período de 60 dias do experimento foram observados alguns picos no escoamento de lixiviado em ambos os modelos. No modelo com furos foram observados três picos e no modelo em barras dois picos, no qual o escoamento de lixiviado foi mais intenso e cessou antes do modelo com furos.

O pico de formação de lixiviado no início do experimento até o 3º dia foram observados a geração de 1.490 ml no modelo com furos, enquanto no modelo com barras foram gerados 1.567 ml, percebendo-se uma diferença de 77 ml entre os experimentos.

A partir do 7º dia de experimento foi possível observar maior escoamento do lixiviado no modelo em barras quando comparado com o modelo com furos.

Do 4º ao 9º dia ocorreu uma redução na liberação de lixiviado em ambos os modelos, sendo coletados 816 ml de lixiviado no vermidigestor com furos, e 1.098 ml no modelo em barras.

Entre o 10º e 12º dia, foi observado o segundo pico de escoamento de lixiviado, no qual o modelo em barras indicou ter o melhor escoamento sendo de 690 ml, enquanto no de furos escoaram 162 ml, resultando numa diferença de 528 ml. A partir do 13º, ocorreu a redução do escoamento de lixiviado no modelo em barras até o 18º dia (154 ml), o qual cessou a partir do 19º dia de experimento.

No modelo com furos ocorreu um terceiro pico de escoamento do 16º ao 21º dias apresentando 281 ml. Do 19º ao 33º dias houve uma variação na liberação de lixiviado que foi de 31 a 45 ml a cada três dias. A partir do 34º dia o lixiviado gerado foi de menos que 20 ml, cessando a liberação de líquido no 49º dia de experimento.

Em ambos os experimentos, a quantidade total de lixiviado recolhido foi praticamente a mesma, sendo a média de 3.506 ml no vermidigestor em furos e 3.508 ml vermidigestor em barras. O experimento em barras demonstrou uma melhor eficiência no escoamento de lixiviado neste experimento.

No experimento de Nuernberg & Kaick (2015), foram adicionados 55,8 kg de resíduos divididos em 30 vermidigestores com capacidade de 38 litros cada, e após 14 dias foram gerados 9,6 litros de chorume. No presente experimento foi adicionado cerca de três vezes mais resíduos por caixa/vermidigestor. Observou-se a geração de cerca de nove vezes mais lixiviado do que indicado no primeiro experimento em Nuernberg & Kaick (2015). A causa mais provável dessa diferença da quantidade de lixiviado coletado poderia ser explicada pela diferença na disposição das caixas, que tendo empilhamento de 7 caixas, não permitia o fluxo

completo do lixiviado até a caixa coletora, ou a composição do substrato de alimento que possui alta umidade. No experimento de Nuernberg & Kaick (2015), o chorume gotejava através de várias caixas até chegar no coletor. Neste experimento, o chorume formado caiu diretamente na caixa coletora.

Outra diferença na metodologia entre os dois experimentos Nuernberg & Kaick (2015), e o atual, está relacionada ao tamanho e composição dos resíduos para a formação do substrato de alimento. Nuernberg & Kaick (2015), cortou com uma faca os resíduos, enquanto, na presente pesquisa, os mesmos foram triturados em um triturador para resíduos orgânicos. Quanto menor a granulometria que o corte permite, em relação ao tamanho da partícula, maior a possibilidade de liberação da água presente nos vegetais.

De acordo com Cenci (2011), as células injuriadas liberam o seu conteúdo, aumentando a disponibilidade de água no substrato. Da mesma forma que a trituração ajuda no processo de decomposição dos resíduos, ela atrapalha quando são adicionados resíduos para um longo período de tempo, como ocorreu na presente pesquisa, que aplicou substrato de uma só vez para 60 dias. O substrato rico em água e em grande quantidade, acabou se adensando e compactando, fazendo com que o substrato ficasse muito úmido, acarretando na liberação rápida da água presente nos alimentos, e conseqüentemente, a formação de lixiviado. Se os resíduos não fossem triturados, e sim cortados mantendo pedaços mais integrados, provavelmente não iria ocorrer a geração de um volume tão grande de chorume/lixiviado (Figura 24) no substrato de alimento dos vermidigestores. Portanto, o tamanho da partícula influi na produção mais rápida de lixiviado, e a granulometria precisa ser levada em conta no processo, ainda mais se o volume ou a quantidade de substrato adicionado nos vermidigestores for relativamente grande. Uma das possibilidades para reduzir a formação de lixiviado é retirar uma quantidade de água do substrato de alimentos, após a trituração, antes de depositá-lo nos vermidigestores.

Existem várias desvantagens na formação de lixiviado na vermicompostagem. O lixiviado é difícil de armazenar, pois gera odores desagradáveis e forma gases que impedem o vedamento da tampa dos recipientes. O subproduto, conhecido por biofertilizante, precisa ser diluído para ser aplicado nas plantas, e não pode ser descartado sem tratamento adequado, pois contém muita matéria orgânica.

Número de minhocas vivas e mortas encontradas no compartimento coletor

Nesta pesquisa foi possível avaliar a mortalidade das minhocas de acordo relacionando a quantidade de minhocas encontradas no compartimento coletor vivas e mortas. Os resultados podem ser observados na Figura 25.

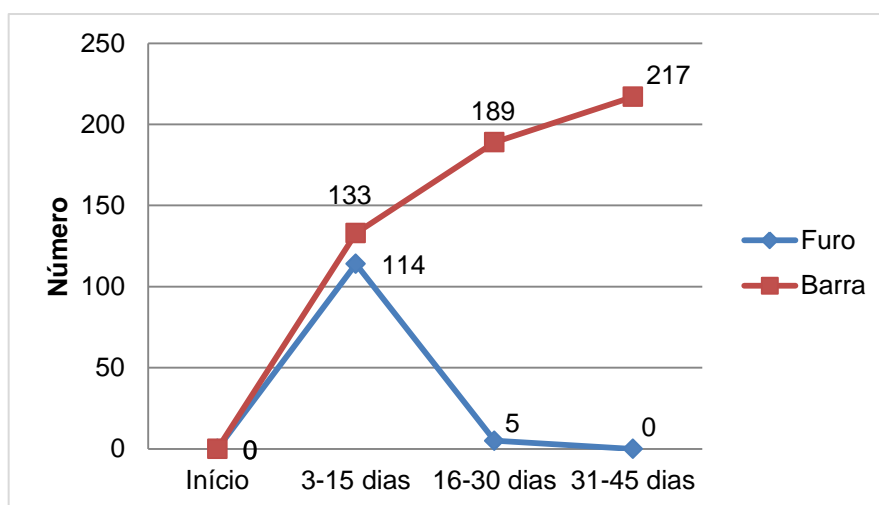


Figura 25: Número de minhocas no compartimento coletor dos vermidigestores com furo e barra ao longo do experimento.

Fonte: Autoria própria.

Foram coletadas as minhocas que se encontravam nas caixas coletoras a cada três dias, as vivas retornaram ao vermidigestor e as mortas foram descartadas. Fica evidente ao analisar a Figura 25 que a número de minhocas encontradas no compartimento coletor do vermidigestor com barras aumentou no decorrer do tempo de experimento. Entretanto, do total de minhocas encontradas mortas nos compartimento coletor de cada vermidigestor, a percentagem de minhocas mortas foi superior no modelo com furos (Figura 26).

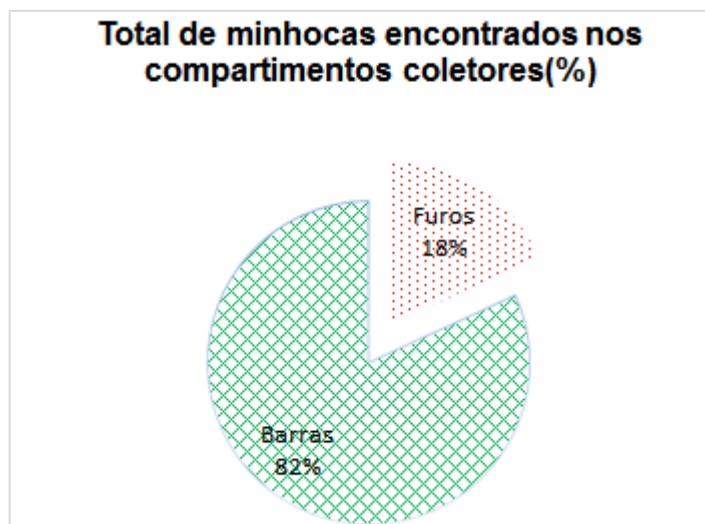


Figura 26: Total de minhocas encontrados nos compartimentos coletores (%) durante os 45 dias de experimento do modelo com barras e dos 60 dias do modelo com furos.
Fonte: Autoria própria.

Conforme ilustrado nas Figuras 25 e 26, no vermidigestor utilizando barras foram encontradas uma quantidade superior de minhocas (539 indivíduos) do que no experimento com furos (119 indivíduos), o que significa que 82% do total de minhocas encontrados nos compartimento coletor dos dois experimentos foi no modelo com barras. Isto ocorreu provavelmente porque o meio de sobrevivência das minhocas (vermicomposto) diminuiu a cada três dias com a retirada de amostras, sobrando uma camada cada vez mais fina de vermicomposto no vermidigestor em barras, facilitando com que as minhocas caíssem no compartimento coletor.

É possível observar que no experimento com o vermidigestor com barras a regulação por meio do escoamento mais rápido do lixiviado permitiu uma melhor adequação do ambiente no substrato, enquanto o vermidigestor com furos.

O vermidigestor com furos apresentou 87% (experimento com 60 dias) das minhocas mortas neste compartimento; o de barras apresentou 94% de minhocas vivas ao final do experimento com 45 dias (Figura 27).

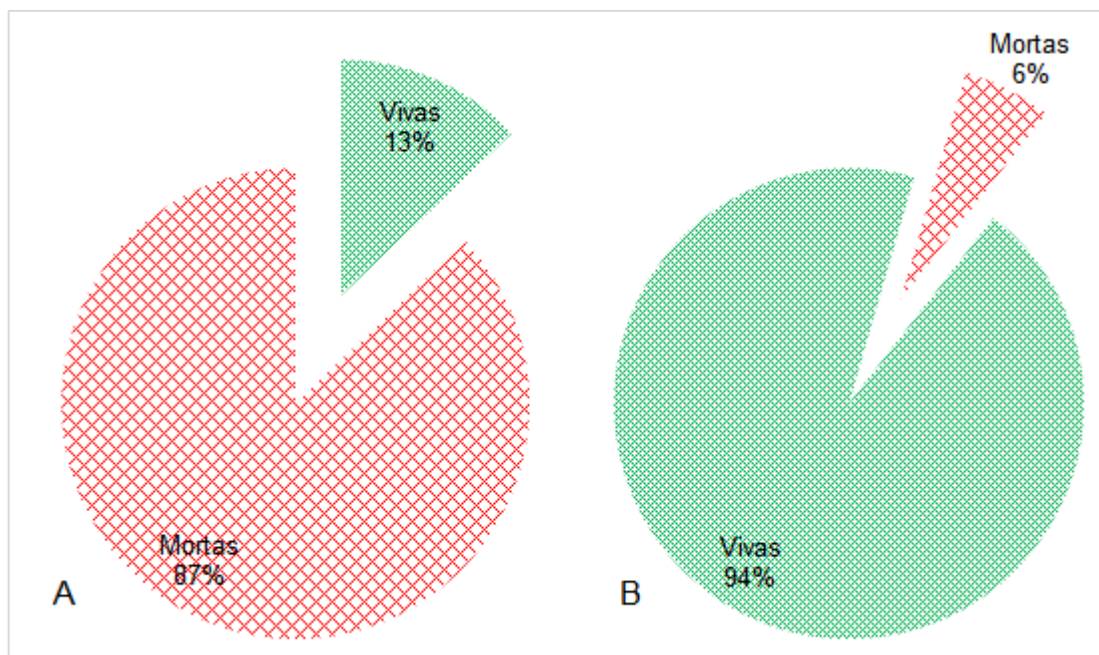


Figura 27: Percentagem de minhocas vivas e mortas encontradas nos compartimentos coletores. A: Resultado do vermidigestor com furos ao longo dos 60 dias de experimento. B: Resultado do vermidigestor com barras ao longo dos 45 dias de experimento. Fonte: Autoria própria.

Também foi possível observar que mesmo com a quantidade de adicionados de uma só vez, o modelo de vermidigestor com barras possibilitou uma melhor adequação do ambiente com a situação de sobrecarga de resíduos, observado pela decrescente quantidade de animais mortos até o 9º dia, e pela baixa quantidade de minhocas mortas encontradas no compartimento coletor durante o período de 45 dias do experimento. A mortalidade de minhocas foi baseada no número de indivíduos encontrados mortos no compartimento coletor, mas também pode ter ocorrido mortes de minhocas no compartimento de tratamento. Foi observado nos primeiros dias de experimento, uma maior quantidade de minhocas mortas nos compartimentos coletores e o percentual de animais encontrados mortos no vermidigestor com barras reduziu com maior rapidez do que no com furos, provavelmente o maior número de mortes ocorreu por falta de oxigênio (Figura 28).

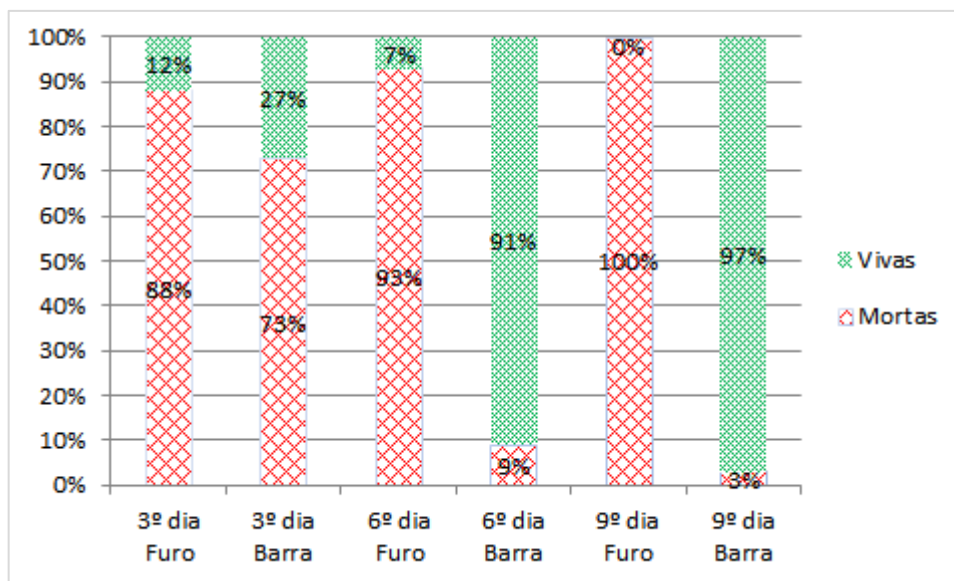


Figura 28: Percentagem de minhocas mortas referente ao total encontradas no compartimento coletor em cada dia de amostragem.

Fonte: Autoria própria

Na primeira coleta, no 3º dia de experimento, 73% do total de minhocas encontradas no compartimento coletor do vermídigester com barras estavam mortas, após três dias houve redução para 9% e após 6 dias caiu para 3%. Como os resíduos crus foram triturados em partículas pequenas, a porosidade do substrato de alimento diminuiu significativamente.

O fato de ter sido realizada uma adição única de substrato de alimento calculada para 60 dias, favoreceu a compactação, que foi muito intensa nesse substrato, o que reduziu a porosidade, aumentou a umidade substancialmente e o ambiente ficou bastante hostil para as minhocas (Figura 29), pois existe pouca possibilidade de passagem de ar nesse substrato.

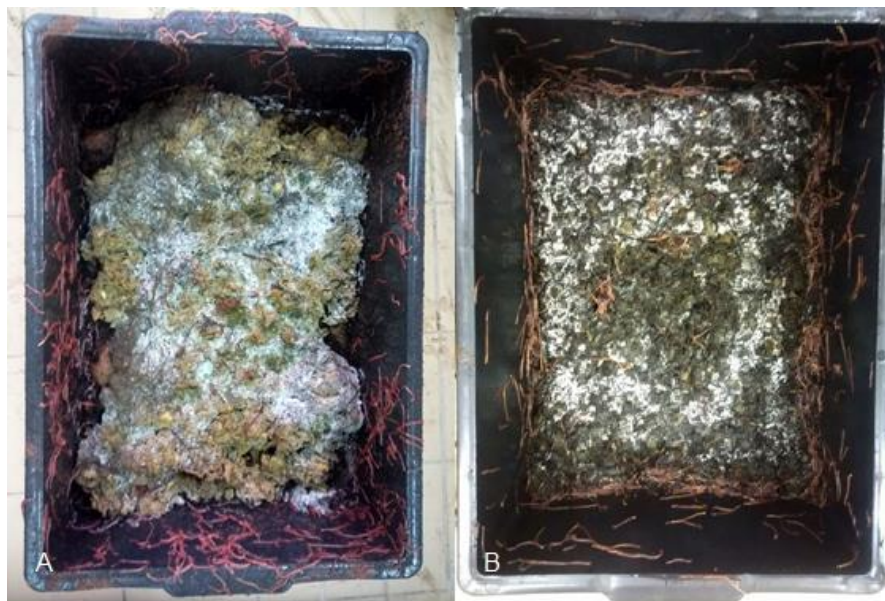


Figura 29: Vermidigestores no 3º dia de experimento. A: Vermidigestor com furos. B: Vermidigestor com barras.
Fonte: Autoria própria.

Observou-se pelo resultado indicado na Figura 29, que nos primeiros dias as minhocas provavelmente tentaram fugir do ambiente insalubre e acabaram caindo para a caixa coletora de lixiviado pelo fundo dos vermidigestores e saindo por frestas entre a caixa e a tampa.

A alta taxa de fuga e mortalidade de minhocas, nos primeiros dias de experimento, foi provavelmente decorrente da liberação de amônia e ácidos orgânicos nos estágios iniciais de decomposição do substrato de alimento. A diferença entre as estruturas dos vermidigestores com furos e com barras permitiram uma avaliação importante. O modelo em barras facilitou o escoamento de lixiviado formado (Figura 24) e proporcionou melhor entrada de oxigênio desfavorecendo o desenvolvimento de microrganismos anaeróbico, que causam odor forte e não são característicos do sistema de vermicompostagem.

O sistema em barras, mesmo tendo uma adição de substrato em uma única vez e com umidade no limite máximo recomendado por Lourenço (2014), ou seja, cerca de 90%, devido a capacidade de rápido escoamento do líquido/lixiviado, permitiu a perda de umidade do substrato, e as minhocas que sobreviveram ao ambiente. Esta capacidade de drenagem foi um fator positivo para o vermidigestor em barras.

YADAV & GARG (2016) relatam que um importante parâmetro no processo de vermicompostagem é a população de minhocas. Em sua pesquisa com tratamento de lodo de esgoto a mineralização e estabilização dos resíduos foi maior quando utilizada maior população de minhocas.

Segundo Suthar & Singh (2008), o maior problema durante a vermicompostagem foi a mortalidade de minhocas.

Os pesquisadores Liu e Price (2011), concluíram que a diminuição da taxa de mortalidade de minhocas, no experimento realizado por eles, ocorreu pela adição de filtro de café e papelão. A adição destes materiais no substrato, permitiram o aumento da porosidade, o que possibilitou uma menor exposição das minhocas a compostos orgânicos e produtos químicos como amônia e ácidos orgânicos, liberados pelo substrato em decomposição da borra de café.

Foi observado, até o 27º dia de experimento desta pesquisa, o desenvolvimento de duas espécies diferentes de moscas nos vermidigestores com furos, as drosóphilas e a mosca doméstica comum, sendo que o mesmo não foi observado no sistema com barras. As moscas gostam de ambientes úmidos, e o substrato do vermidigestor com furos manteve a umidade do substrato por mais tempo que o sistema com barras, permitindo desta forma o desenvolvimento de larvas das moscas.

Foi observado que houve um aumento na população das minhocas após o experimento indicando que no vermidigestor com barras o aumento de 1,20 kg de minhocas.m⁻² para 1,46 kg de minhocas.m⁻² o que explica o fato de o alimento não ter sido suficiente, conforme foi planejado tendo em vista a população inicial de minhocas identificada. No experimento com furos ocorreu uma diminuição da população de minhocas de 1,20 kg de minhocas.m⁻² (100%) para 0,82 kg de minhocas.m⁻². No vermidigestor com barras ocorreu um aumento de 21,67% na população, enquanto que ocorreu mortalidade de 31,95% da população de minhocas no vermidigestor com furos, quando comparada a relação da população inicial. Uma possível causa das mortes de minhocas é com relação a quantidade de resíduos adicionados de uma só vez. Foi observado no experimento com o vermidigestor com furos uma alta mortalidade das minhocas e a formação de zonas de acúmulo de líquido, que geram áreas anaeróbicas, identificado pelos odores no vermidigestor (Figura 30). Uma possível explicação para a ocorrência do acúmulo de líquido deste modelo é que como os furos são relativamente pequenos e os mesmos podem

entupir facilmente com a “cama de minhocas” empastada pela umidade, dificultando a drenagem.

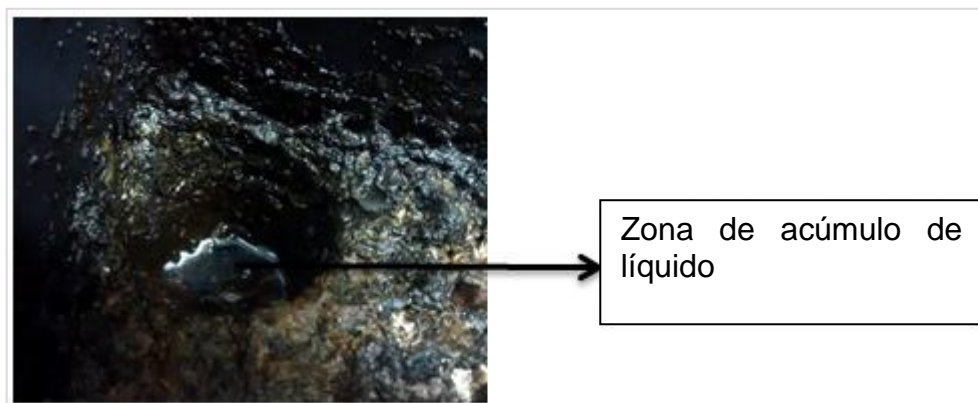


Figura 30: Vermidigestor com furos aos 45 dias de tratamento.
Fonte: Autoria própria

Estas zonas úmidas dificultam a passagem das minhocas e a dispersão do oxigênio, que aumenta a densidade do vermicomposto. Estes fatores podem explicar a mortalidade da população de minhocas verificada no vermidigestor com furos.

Este tipo de observação também foi mencionada por HUANG *et al.* (2016), que realizou experimentos com vermicompostagem utilizando vermidigestores de caixas com furos. Estes autores verificaram que quanto maiores forem as cargas de vegetais frescos adicionados no sistema, maior será o volume de líquido formado, o que leva à insuficiência do conteúdo de oxigênio, pela dificuldade de escoamento do líquido neste modelo de vermidigestor.

Uma possível solução para evitar a mortalidade de minhocas seria realizar a alimentação do vermidigestor diariamente com quantidades menores, evitando o carregamento de substrato de alimento em uma batelada contendo grande quantidade de alimento. Os autores Fernández-Gómez *et al.* (2010), relataram que o sistema de alimentação contínua, em várias bateladas semanais foi um método eficaz para o tratamento de resíduos provenientes de indústria, utilizando a vermicompostagem, no qual o substrato de alimento era composto por uma pasta líquida constituída de tomate e frutas.

Segundo Edwars (1995), o sucesso para a vermicompostagem reside exatamente na forma da adição do substrato do alimento na superfície de pilhas ou

camas, que devem ser adicionadas em camadas finas e sucessivas, de modo a evitar o aumento da temperatura ocasionado pela fermentação deste substrato. Na vermicompostagem pode ser utilizado qualquer tipo de substrato de alimento, mas alguns tipos podem precisar de um pré-processamento para torná-los aceitáveis para as minhocas.

Para esta pesquisa o substrato de alimento foi composto por alimentos crus que não passaram por um pré-tratamento, mas pode-se sugerir em aplicar alimentos cozidos provenientes do RU e cascas de frutas cítricas, mas para estas duas tipologias seria necessário obrigatoriamente um pré-tratamento, que poderia ser por meio de uma compostagem termofílica. A orientação de Edwards (1995), é que para alguns tratamentos preliminares seria necessário envolver lavagem, pre-compostagem, trituração ou mistura.

Além das possibilidades de pré-tratamento indicadas por Edwards (1995), Abbasi *et al.* (2015), indicaram os seguintes aspectos para que a vermicompostagem seja realizada em um curto espaço de tempo e com sucesso, a qual ele denomina de vermicompostagem rápida:

I) O formato do vermidigestor precisa ter uma relação entre área e volume que permita maximizar o contato do substrato inicial com o substrato de alimento, e que permita o arejamento do conteúdo do vermidigestor permitindo a formação dos canais pela minhoca, que evitam as zonas anaeróbicas;

II) O vermidigestor precisa ter um design apropriado para facilitar a adição da alimentação, assim como a coleta do vermicomposto produzido.

III) Adicionar alimentação em camadas com pouca altura para manter a uniformidade da umidade, pouca acumulação de lixiviado não havendo necessidade de fazer a recirculação.

IV) A densidade de minhocas é maximizada para atingir uma população sustentável. A alta população de minhocas ajuda ainda mais a mistura e arejamento do substrato devido ao movimento da minhoca.

A avaliação dos espectros Matriz Excitação-Emissão (MEE), da matéria orgânica extraída na vermicompostagem

Por meio da avaliação dos espectros de matriz excitação-emissão - MEE, por meio de emissão de fluorescência molecular, foi possível observar processo de degradação da matéria orgânica. Para esta pesquisa foi aplicada a avaliação dos espectros MEE provenientes do processo de vermicompostagem do modelo com furos, no qual foram retiradas 21 amostras para o período de 60 dias, e para o modelo com barras foram analisadas 16 amostras para o período de 45 dias. A amostra do substrato considerada como sendo inicial foi a mesma para os dois modelos, e refere-se ao substrato com minhocas que foi depositado no fundo de cada vermidigestor.

Este tipo de análise permitiu identificar a degradação dos resíduos vegetais, que formaram o substrato de alimento, dos quais se originaram compostos com características lábeis que posteriormente se transformam em compostos mais complexos, à medida que ocorre a biodecomposição no sistema. Segundo Coble (1996), Hudson, Baker e Reynolds (2007) alguns picos de MEE, conforme indicado na Tabela 09, são característicos de matéria orgânica mais refratária ou húmica (moléculas mais complexas), que podem ser observadas pelos picos A, C e M. Também é possível identificar picos de compostos mais lábeis (menos húmicos) que são os picos T, T₂ e B (Tabela 1 e Figura 31).

Tabela 09 - Principais picos de MEE relacionados com a matéria orgânica

Pico	Excitação	Emissão	Possível Fonte
A	260 nm	380-460 nm	Substâncias húmicas terrestres
C	350 nm	420-480 nm	Substâncias húmicas terrestres
M	312 nm	380-420 nm	Substâncias húmicas marinhas
T	275 nm	340 nm	Materiais semelhantes às proteínas (Triptofano)
T ₂	225 nm	340 nm	Materiais semelhantes às proteínas (Triptofano)
B	275 nm	310 nm	Materiais semelhantes às proteínas (Tirosina)

Fonte: Coble (1996); Hudson, Baker e Reynolds (2007).

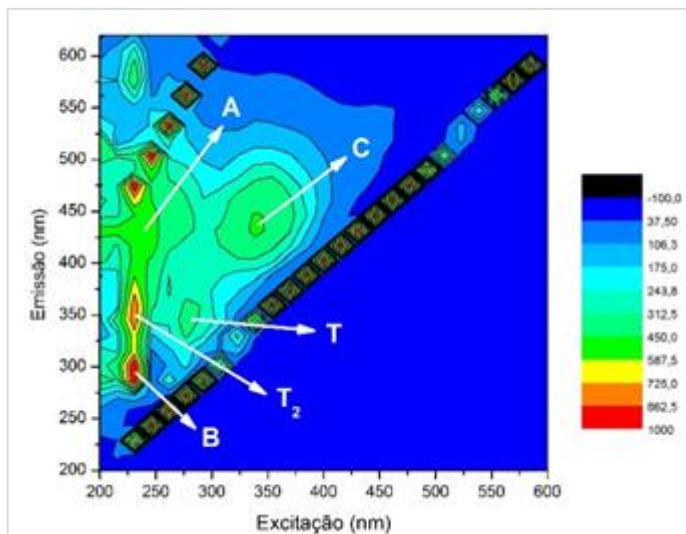


Figura 31. Exemplo de picos que podem ser observados numa amostra contendo matéria orgânica dissolvida.

Fonte: Brehn, 2017

Foram realizadas análises por meio de espectros de emissão de fluorescência por MEE, para identificar a transformação da matéria lábio em substâncias húmicas. Segue na sequencia os resultados obtidos para cada um dos modelos.

Modelo com furos

Na Figura 32 constam os espectros da matéria orgânica dissolvida, extraída do modelo com furos, para o qual foram analisadas 20 amostras que foram retiradas a cada três dias durante o período de pesquisa para este vermidigestor, que durou 60 dias. Os resultados das amostras: inicial (A), 6º dia (B), 15 º dia (C), 24 º dia (D), 39 º dia (E), 45 º dia (F) e 60º dia (G), serão apresentados na figura 33.

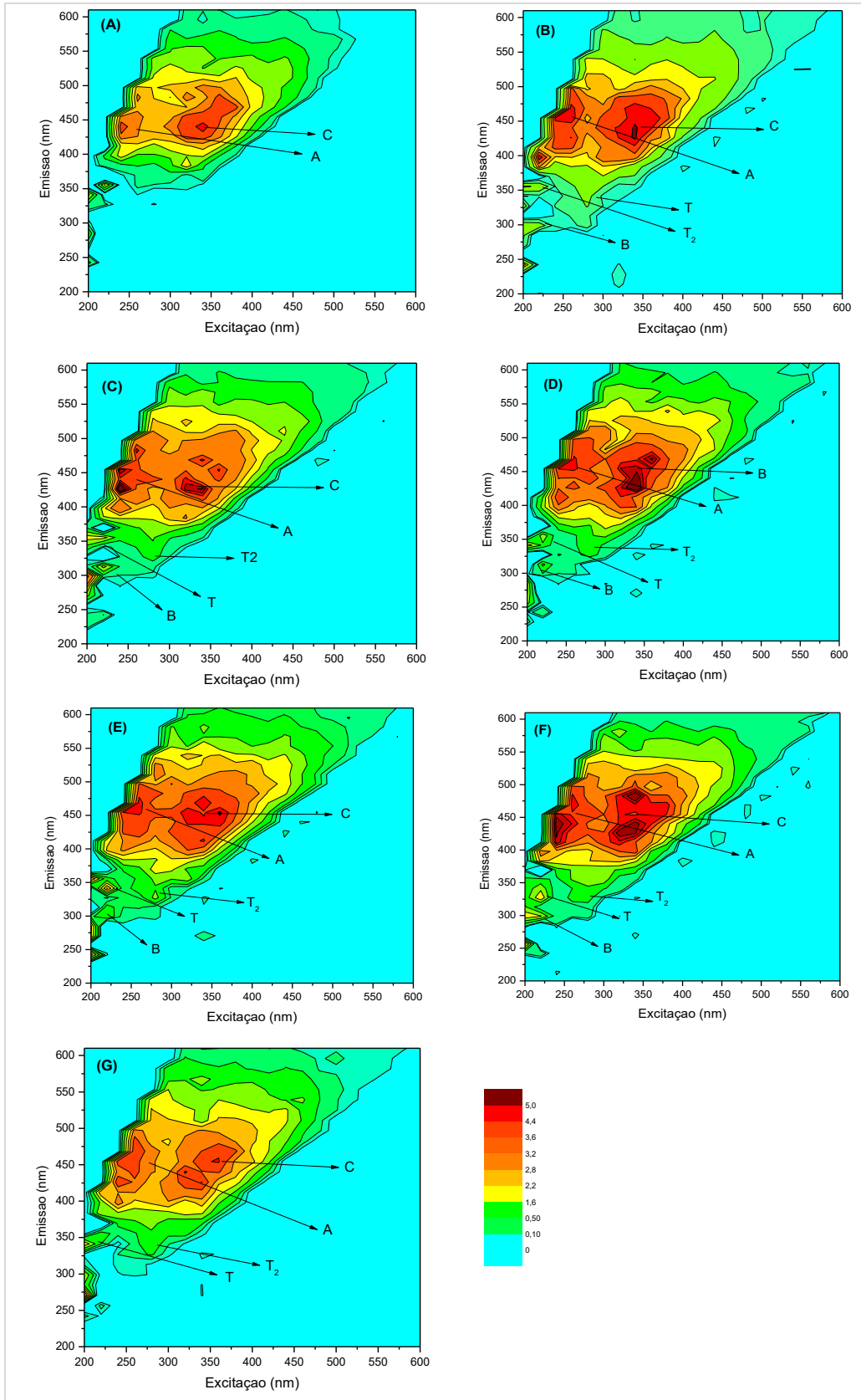


Figura 32. Espectros de matriz excitação-emissão (MEE) de fluorescência da matéria orgânica extraída na vermicompostagem no sistema de furos nos períodos: inicial (A), 6 (B), 15 (C), 24 (D), 39 (E), 45 (F) e 60 dias (G).

Fonte: Autoria Própria.

Na Figura 32, constam os picos/bandas no espectro de emissão, da matéria orgânica extraída do material inicial do sistema de vermicompostagem. Neste espectro foi possível observar que os compostos extraídos apresentaram características de substâncias húmicas (predominância dos picos A e C). Este fato pode ser explicado porque a amostra inicial era composta por material já decomposto em períodos anteriores, provenientes da vermicultura. Desta forma, a amostra apresentou baixa ou nenhuma intensidade dos picos T e T₂ (semelhantes ao triptofano) e/ou B (semelhante à tirosina), ou seja, matéria lábil. Este resultado semelhante nos dois modelos de vermidigestores (barras e furos) porque a amostra era a mesma.

No sistema de furos, a decomposição da matéria orgânica, considerando os picos da Tabela 1, apresentou uma variação na composição da matéria orgânica existente no sistema entre a amostra inicial (A), que apresenta compostos semelhantes a substâncias húmicas, quando comparada com as demais seis amostras (B, C, D, E, F e G). À medida que o processo de vermicompostagem foi ocorrendo, observou-se a liberação de compostos mais lábeis nas 6 amostras retiradas ao longo dos 60 dias, podendo ser identificadas nas Figura 33B a 33G. Os compostos lábeis podem ser indicados por meio dos picos T e T₂ (semelhante ao triptofano) e/ou do pico B (semelhante a tirosina).

Praticamente não houve modificação na identificação das bandas do espectro MEE em todas as amostras, o que indica que o ambiente não estava propício para a decomposição da matéria lábil, ou o tempo não foi suficiente, necessitando de mais dias para uma melhor humificação.

Sistema em barras

Na Figura 33, podem ser visualizados os espectros da matéria orgânica dissolvida extraída do modelo de barras, para o qual das 16 amostras analisadas serão apresentados alguns resultados. Foi possível visualizar a decomposição da matéria lábil, sendo resultado apresentado da seguinte forma: amostra inicial (A), 6º dia (B), 15º dia (C), 24º dia (D), 39º dia (E) e 45º dia (FA).

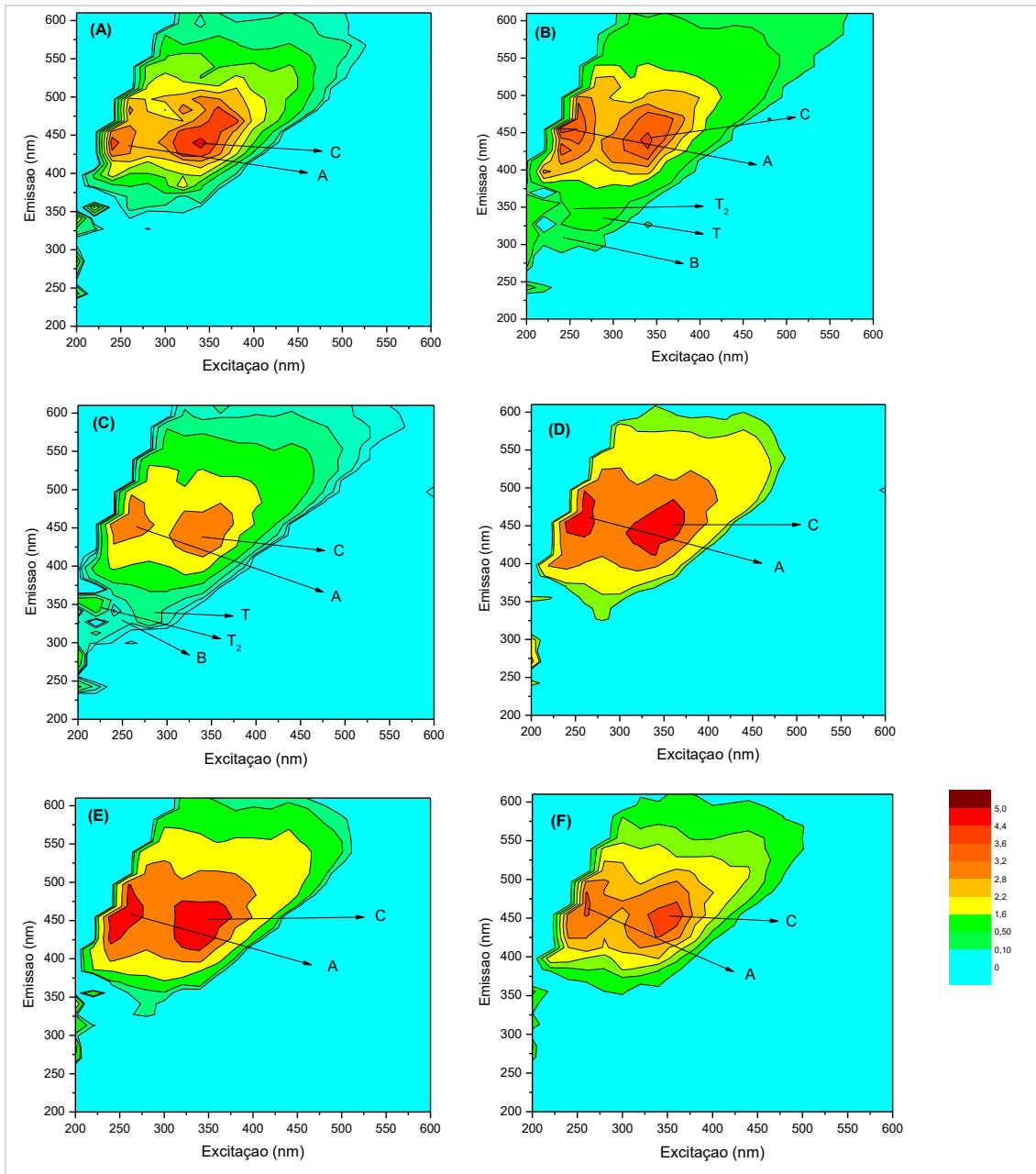


Figura 33. Espectros de matriz excitação-emissão (MEE) de fluorescência da matéria orgânica extraída na vermicompostagem no sistema de barra nos períodos: inicial (A), 6 (B), 15 (C), 24 (D), 39 (E) e 45 dias (F).

Fonte: Autoria Própria.

Após adicionar o substrato de alimento em cima do substrato inicial (A), foi realizada a retirada de amostras a cada três dias até finalizar o período de vermicompostagem. As amostras que indicaram alguma mudança que pudessem demonstrar o efeito da vermicompostagem/decomposição foram observadas no sexto dia de amostragem (Figura 33B), décimo quinto (Figura 33C), nos quais foi

possível identificar a liberação de material mais lábil, originando alargamento e aumento da intensidade dos picos T e T₂ (semelhante ao triptofano) e/ou do pico B (semelhante a tirosina) da matéria orgânica extraída do processo da vermicompostagem.

Com o passar dos dias os espectros de emissão sofrem alterações nas bandas de emissão. Na vermicompostagem da matéria orgânica foi observado que a banda de material mais lábil começa a diminuir (pico/bandas T, T₂ e B) e predomina a banda de material mais semelhante às substâncias húmicas (picos/bandas A e C). Na Figura 33 D e Figura 33 E foi possível observar esta diminuição, sendo neste caso as amostras relativas ao 24^o e 39^o dia de decomposição. O completo desaparecimento das bandas provenientes de compostos mais lábeis foi observada no 45^o dia (Figura 33F) que no qual foi encerrado o processo de vermicompostagem deste modelo.

Ao comparar com o processo de vermicompostagem no vermidigestor com barra com furos, foi possível observar pelos resultados obtidos pelo MEE, que o vermidigestor com barras apresentou transformação mais rápida da matéria orgânica lábil em matéria mais húmica, que ocorreu em 24 dias (Figura 33D), em relação ao vermidigestor com furos. O vermidigestor com furos ainda apresentava compostos orgânicos lábeis no 60^o dia do experimento (Figura 32G).

A avaliação dos espectros de matriz excitação-emissão - MEE, por meio de emissão de fluorescência molecular foi importante, pois permitiu identificar que o vermidigestor de barras possui melhor potencial de transformação da decomposição da matéria lábil em substâncias húmicas, em menor tempo e de forma mais estável. Isto indica a estrutura do vermidigestor com barras pode ser o diferencial no gerenciamento na vermicompostagem, quando se adiciona substrato de alimento em quantidades excessivas. Obviamente que este fato foi observado nesta composição da vermicompostagem.

Quantidade de vermicomposto formado

O objetivo da vermicompostagem para esta pesquisa é o tratamento adequado de resíduos orgânicos, sendo que a geração de vermicomposto é o

produto final deste processo. O resultado obtido na avaliação dos modelos de vermidigestores conforme visualizado na Tabela 10.

Tabela 10 - Quantidade de vermicomposto formado e variação da população de minhocas no experimento utilizando o vermidigestor com furos

		vermicomposto + Minhocas (g)	H vermicomposto (g)	Minhocas (g)
Início	Cama inicial com minhocas	10000	9822,61	177,39
Final	Restante no vermidigestor	6734,71	6613,99	120,72
	Amostras retiradas	-	4000	-
	Perda estimada na manipulação	-	180	-
		Final - Início	971,38	-56,67

Fonte: Autoria Própria.

Foi calculado que a perda de vermicomposto ocorrida em cada retirada de amostra, em média 9 gramas por manipulação, e, levando em conta que foram realizadas 20 amostragens no sistema de vermidigestor com furos, estima-se a perda de 180 g de vermicomposto no período de experimento, quantidade que foi considerada para o cálculo do total de vermicomposto formado no experimento.

Não foi possível calcular a quantidade de vermicomposto formado no vermicompostor em barras, pois até o 18º dia ocorreu o escoamento de lixiviado (figura 24) e até o 15º dia caiu vermicomposto junto com o lixiviado no compartimento coletor, não sendo possível fazer o cálculo. Contudo, acredita-se que a quantidade de vermicomposto formado no experimento em barras foi a mesma da formada no experimento com o vermidigestor com furos, levando em conta que a população de minhocas, a quantidade de resíduos e a formação de lixiviado foi a mesma.

Em apenas seis dos estudos, de quatro autores, foi quantificada a fração de substrato convertida em vermicomposto num dado período de tempo, nos quais a taxa de conversão de substrato (peso seco) em vermicomposto variou de 14 a 51% (ABBASI *et al.*, 2015).

4.2.2.2 Avaliação do vermicomposto

Foi possível identificar que o vermicomposto obtido nos dois modelos de vermidigestores, avaliados nesta pesquisa, não possuem elementos contaminantes, sendo que não foi detectado Arsenio, Chumbo, Cromo, Níque, e Selênio à 5mg/kg e o Cádmiu não foi detectado à 1mg/kg .

Para complementar a avaliação da qualidade do vermicomposto dos dois modelos pesquisados, foi realizada uma análise dos macro e micro nutrientes presentes. Para compreender melhor os resultados, foi calculada a quantidade de vermicomposto em base seca, para poder ser comparado com os resultados obtidos da análise de nutrientes nos quais os resultados são expressados em g de macronutriente para cada 1kg de vermicomposto seco, e em mg de micronutriente para cada 1kg de vermicomposto seco. Os resultados constam na tabela 11.

Tabela 11 - Análise dos macro (C, N, P, K, Ca, Mg) e micro nutrientes (Fe, Mn, Cu, Zn) presentes no vermicomposto dos dois modelos de vermidigestores.

Parâmetro		Início	Furo 45 dias	Furo 60 dias	Barra 45 dias
Umidade inicial da amostra		80,58	81,00	82,51	78,62
Carbono (C)	mg.kg-1 de amostra seca	292,06	421,32	420,20	415,21
Nitrogênio (N)		33,50	38,00	37,30	38,16
Fosforo (P)		3,37	3,03	3,03	2,83
Potássio (K)		15,19	14,78	14,97	15,16
Cálcio (Ca)		12,84	13,23	13,09	13,18
Magnésio (Mg)		4,00	32,50	36,50	73,00
Ferro (Fe)	mg.kg-1 de amostra seca	1411,00	1397,00	1499,00	1541,50
Cobre (Cu)		32,00	33,50	35,50	29,50
Zinco (Zn)		64,00	61,50	60,00	85,50
Manganês (Mn)		458,00	397,50	396,00	395,50
C/N		8,72	11,09	11,27	10,88

Fonte: Autoria Própria.

Os resultados indicam que o vermicomposto resultante do vermidigestor com furos, quando comparado com o substrato de alimento a partir do 3º dia (início), com as amostras do 45º e 60º dia, obteve um incremento maior para o Carbono e Magnésio. Também obteve um acréscimo no Nitrogênio e Cálcio, mas em menor quantidade, e obteve uma redução no Fósforo e Potássio. Em relação aos micro

nutrientes, este modelo apresentou um acréscimo no Ferro e no Cobre, e uma redução no Zinco e Manganês. Para o modelo de vermidigestor de barras houve um acréscimo maior no Carbono e Magnésio, sendo similar ao modelo de furos, e apresentando pequeno acréscimo para Nitrogênio, Potássio e Cálcio, e uma redução no Fósforo. Para os micronutrientes observou-se um aumento no Ferro e Zinco e um decréscimo para o Cobre.

Para verificar a qualidade do lixiviado formado durante o experimento com os dois modelos, também foram avaliados os mesmos parâmetros de nutrientes, os resultados se encontram na Tabela 12.

Tabela 12: Resultados quantidade de nutrientes de vermicomposto e lixiviado e produzidos em um sistema de vermicompostagem no experimento de vermidigestor com fundo com furos e no com barras.

Amostra	(Coletada no 3º dia de experimento)	Vermicomposto Furo	Lixiviado Furo	Vermicomposto Barra	Lixiviado Barra
C	g.kg ⁻¹ de amostra seca	351,66	420,1	423,13	414,91
N		34,17	37,90	38,07	38,06
P		3,06	12,54	2,90	12,03
K		14,46	108,38	14,50	99,81
Ca		12,63	12,22	12,27	12,60
Mg		19,50	128,5	58,50	133,00
Fe	mg.kg ⁻¹ de amostra seca	1471,5	231,50	1362,5	349,50
Cu		33,00	17,50	44,50	23,00
Zn		59,00	42,00	60	81,00
Mn		424,5	221,50	414	261,50
C/N	-	10,29/1	11,09/1	11,11	10,90
Umidade da amostra	%	81,77	98,13	82,17	98,06

Fonte: Autoria Própria.

Foi constatada que o Potássio esteve em maior concentração no lixiviado (108,38 g.kg⁻¹), do que no vermicomposto (14,46 g.kg⁻¹), sendo o mesmo observado para o nutriente magnésio, que apresentou uma concentração maior no lixiviado (128,50 g.kg⁻¹) do que no vermicomposto (19,50 g.kg⁻¹), ocorrendo o mesmo para o

fósforo no qual a concentração no lixiviado ($12,54 \text{ g.kg}^{-1}$) foi maior do que no vermicomposto ($3,06 \text{ g.kg}^{-1}$) para o modelo com furos.

Para o modelo com barras ocorreu de forma semelhantes, sendo que o Potássio esteve em maior concentração no lixiviado ($99,81 \text{ g.kg}^{-1}$), do que no vermicomposto ($14,5 \text{ g.kg}^{-1}$), sendo o mesmo observado para o nutriente magnésio, que apresentou uma concentração maior no lixiviado ($133,00 \text{ g.kg}^{-1}$) do que no vermicomposto ($58,50 \text{ g.kg}^{-1}$), ocorrendo o mesmo para o fósforo no qual a concentração no lixiviado ($12,03 \text{ g.kg}^{-1}$) foi maior do que no vermicomposto ($2,9 \text{ g.kg}^{-1}$) no vermicomposto.

Segundo os autores Pavinato & Rosolem (2008), os cátions polivalentes (Ca, Mg e Al), em sistemas com alto aporte de resíduos orgânicos são lixiviados no perfil do solo, em relação aos monovalentes (K). Esta preferência na lixiviação poderia ser explicada pela carga nula ou negativa dos complexos orgânicos formados entre os ânions orgânicos dos extratos de plantas e os cátions polivalentes. Nesse caso, grande quantidade de K, provida pela decomposição dos resíduos orgânicos, estaria ligada aos sítios de troca do solo e satisfaria as cargas geradas pelo aumento de pH e lixiviação de Al, favorecendo a formação e manutenção de complexos entre os compostos orgânicos e Ca e Mg o que poderia aumentar a lixiviação dos mesmos (FRANCHINI *et al.*, 2003).

O que se observou com o resultado do lixiviado para ambos os modelos de vermidigestores, foi que o K e o Mg foram lixiviados, e o Ca se manteve praticamente o mesmo, tanto no vermicomposto como no lixiviado.

Ainda segundo Franchini *et al.* (2003): “é importante ressaltar que, em sistemas com baixo aporte de resíduos orgânicos, a preferência de lixiviação é para o K, em relação ao Ca e Mg, por ficar o K mais livre em solução pela menor força de adsorção nos sítios de troca do solo, conseqüência de sua menor valência e maior constante de associação com ânions inorgânicos. Também cabe salientar aqui que a quantidade de K presente nas plantas é, na maioria das vezes, bem superior às quantidades tanto de Ca como de Mg, e esse deslocamento do Ca e Mg poderia estar ocorrendo por movimento de massas de associação com ânions inorgânicos”.

Como a coleta do lixiviado se deu no 3º dia do experimento, isto pode explicar o fato de ter a presença em grande quantidade de potássio no lixiviado dos vermidigestores, devido a presença de grande quantidade de água dos alimentos crus, que lixiviaram o elemento K em grande quantidade para a caixa coletora.

Este fato demonstra a importância do gerenciamento dos vermidigestores no sentido de fazer a alimentação em bateladas, com o objetivo de formar menos lixiviado e com isto manter os nutrientes no vermicomposto.

Mesmo mantendo os nutrientes no vermicomposto, segundo Joshi *et al.* (2015), o fertilizante orgânico nem sempre supre todas as necessidades das plantas porque estes fertilizantes possuem liberação lenta dos nutrientes no solo, e para serem eficientes precisam ser aplicados em grande quantidade, devido aos seus valores mais baixos de N, P, K quando comparados com fertilizantes químicos. Segundo os mesmos autores, a aplicação de vermicomposto sozinho pode ser mais caro do que aplicar fertilizantes químicos sozinhos. Uma das possíveis soluções seria aplicar vermicomposto em combinação com fertilizantes químicos, ou ser complementado com mistura de fertilizante de origem rochosa.

Mas apesar da questão da disponibilização de nutrientes, ainda segundo os autores Joshi *et al.* (2015), o vermicomposto pode melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, a presença de microbiota e compostos fenólicos no vermicomposto ajudam a controlar efetivamente um número de patógenos e pragas das plantas.

4.2.3 Vermicompostagem como ferramenta para a Educação ambiental

A vermicompostagem é uma técnica de tratamento de resíduos que também pode ser utilizada no aprendizado escolar. Podem ser utilizadas composteiras pedagógicas para abordar assuntos como: os animais minhocas, “lixo orgânico”, decomposição, meio ambiente, poluição.

Também pode ser usada na sensibilização ambiental para jovens e adultos, bem como em treinamentos para o tratamento de resíduos orgânicos utilizando a vermicompostagem.

4.3 Educação Ambiental

Conforme já indicado no capítulo da Metodologia, foram 3 etapas para o desenvolvimento e avaliação dos produtos desenvolvidos pelo Edital REA 2015, orientados pela pesquisadora. Na sequência serão apresentados os resultados desta parte da pesquisa.

4.3.1 Etapa 1 – desenvolvimento do cenário e personagens do game

A pesquisa inicial para desenvolver os produtos se deu com a dinâmica do game, o cenário e seus personagens. O cenário sofreu uma série de modificações até ficar com o resultado final que se encontra disponível na última versão do game. Na Figura 34 A, é possível visualizar o desenho livre com a ideia focada na dinâmica do jogo, assim como o cenário atual do game 34 B.

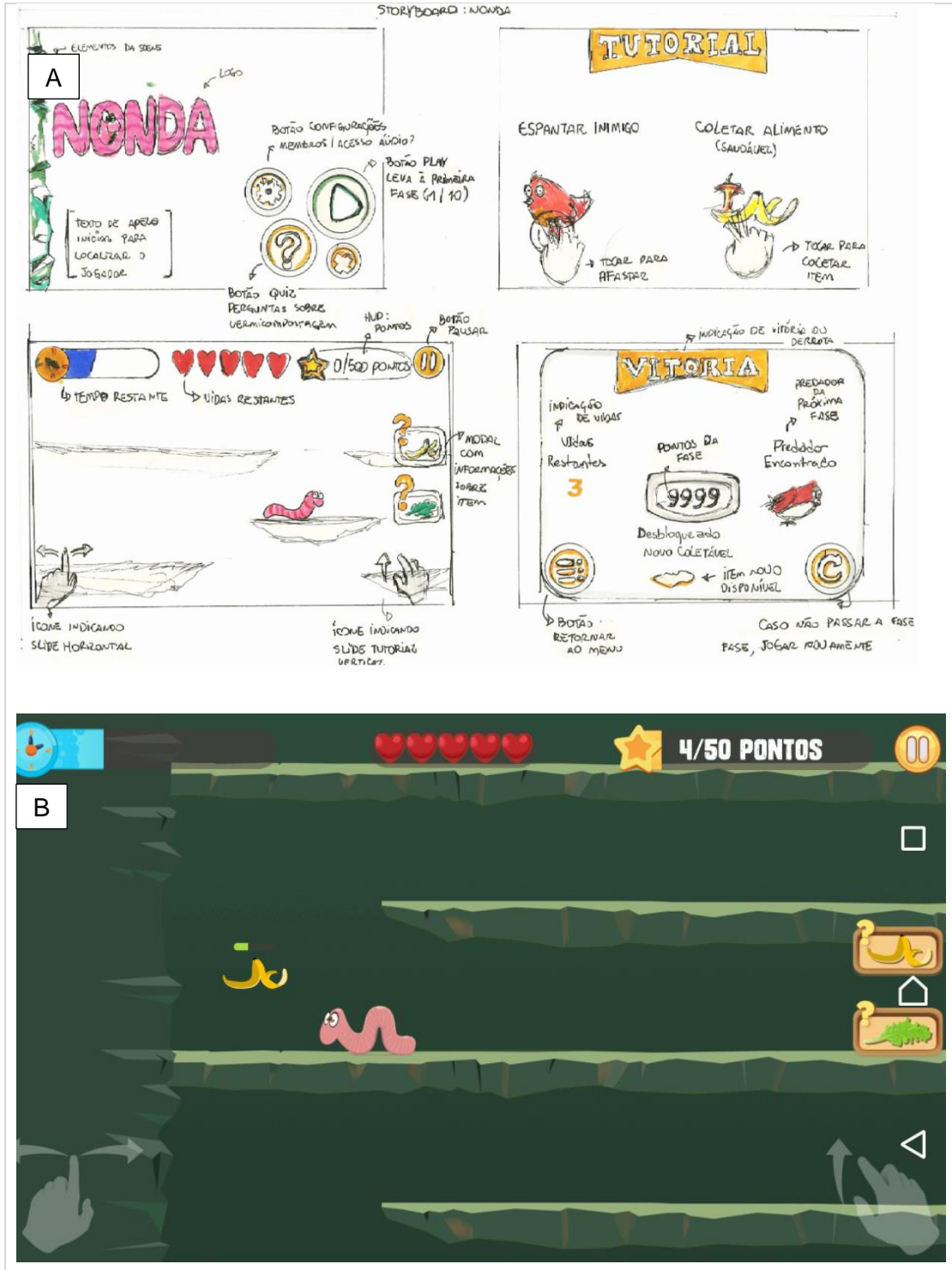


Figura 34: Desenvolvimento do plano de fundo e dinâmica do game. A: Planejamento do game. B: Imagem do game.

Fonte: FERNANDES, 2016.

A definição do personagem central “Nonda” (Figura 35) e dos “inimigos” também passou pelo processo de pesquisa e definição para a arte final. Na Figura 36, pode ser visualizada a personagem central do game, a minhoca “Nonda”.



Figura 35: Personagem central do game e das cartilhas, a minhoca “Nonda”.
Fonte: FERNANDES, 2016.

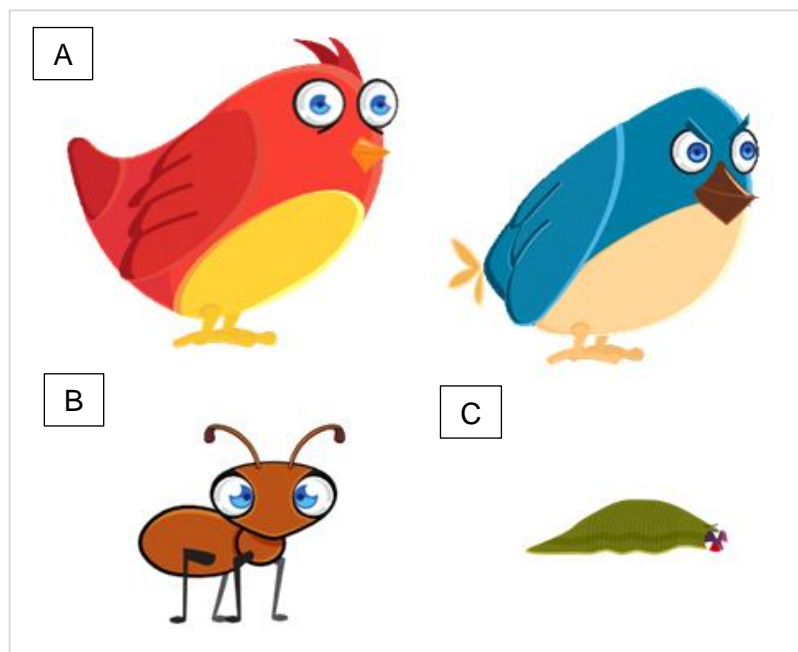


Figura 36: Personagens desenvolvidos para o game Nonda. A: Passaros. B: Formiga. C: Sanguessuga.
Fonte: FERNANDES, 2016.

Atualmente, crianças começam muito cedo a utilizar computadores e o uso de jogos é uma prática bastante comum. Entretanto, a utilização de jogos educativos em ambientes escolares ainda é pouco explorada como forma de fixação e auxílio do aprendizado no Brasil. Abordagens que fogem do comum acabam despertando maiores interesses nos alunos conforme indicaram Neto & Fonseca (2013). O Game da Nonda é justamente uma tentativa de trazer um tema de interesse pedagógico para a linguagem dos games. Esta linguagem adaptada para o aspecto didático-pedagógico é de fato uma novidade, e desenvolve algo voltado para a sensibilização do aluno para pensar a vermicompostagem, foi um desafio.

A dinâmica do jogo foi definida da seguinte forma: O jogador controla apenas um personagem, a “Nonda”. O gameplay se dá dentro de um minhocário/vermidigestor, também chamado de vermicomposteira, e o principal objetivo do jogador é coletar os alimentos saudáveis e defender a vermicomposteira dos predadores, que estão sempre querendo tirar a vida de Nonda. Isso significa, que o próprio jogador precisa enfrentar os predadores que vierem, para que esses não ataquem “Nonda”. Foram definidos três níveis de partidas: a primeira dura 1,5 (um e meio) minutos, a segunda dura 2 (dois) minutos e a terceira 3 (três) minutos. Portanto a ideia é que a dificuldade no game deverá ser maior e proporcional de acordo com o tempo de duração de cada partida. O jogo Nonda possui 3 (três) tipos de predadores. Esses predadores são representações de alguns dos muitos predadores que atrapalham o bom desenvolvimento do minhocário/vermidigestor em diversos aspectos. Nesta dinâmica do game, optou-se pelos pássaros, formigas e sanguessugas como predadores. Durante o gameplay de uma partida, Nonda poderá coletar alimentos que serão colocados na vermicompostagem pela mão da Prof^a. Ana, representada apenas pela animação de uma mão, mas nas cartilhas ela aparece como personagem.

Os alimentos são adicionados em quantidade e tempos diferentes para que o jogador possa explorar o ambiente do jogo. Os alimentos estão divididos entre saudáveis, com restrição e não saudáveis, conforme indicados na Figura 37.



Figura 37: Tipos de alimentação que aparecem na dinâmica do game “Nonda”.
Fonte: FERNANDES, 2016.

Segundo Ribeiro *et al.* (2015), o professor que conseguir mediar o uso dos games nas relações escolares, sempre vai procurar fazê-lo a partir de uma perspectiva educacional, ou seja, para a prática pedagógica, e não apenas ilustrativa ou de entretenimento. Este mesmo autor analisou 27 artigos sobre a aplicação de jogos em sala de aula, e identificou que 40,74% das pesquisas não se preocupam com a adoção de uma teoria de aprendizagem que fundamente o desenvolvimento e a aplicação dos jogos.

Ainda seguindo a linha de pensamento e Ribeiro *et al.* (2015), se for abordada a Teoria da Aprendizagem na sua referência teórica da construção de um jogo educativo, em especial o digital, isto tornaria o jogo uma ferramenta mais consistente na prática pedagógica. Procurando atender a esta questão da teoria Ensino-aprendizagem, que o jogo da Nonda foi desenvolvido, tendo como elemento principal a sensibilização do aluno para a correta alimentação da minhoca, e desta forma obter êxito no desenvolvimento do processo de compostagem. Por meio o game da Nonda, o aluno estará apto para aplicar os conhecimentos sobre alimentação em um processo real, a ser desenvolvido em sala de aula.

4.3.2 Etapa 2 – desenvolvimento das cartilhas

As cartilhas foram definidas após a apresentação dos personagens do game e dos textos acadêmicos desenvolvidos pela pesquisadora. Como os textos estavam em linguagem acadêmica, foi realizada uma transcrição para uma linguagem mais leiga, com o objetivo de facilitar a compreensão do processo da vermicompostagem para atender o público adulto leigo.

Foram pesquisadas como seriam as ilustrações para a cartilha do público adulto. Chegou-se à conclusão que as fotografias seriam a melhor linguagem visual para este público. Mas mesmo trabalhando com as fotografias, ainda constam personagens do game e da cartilha infantil, como a “Nonda”, e a professora Ana e a paleta de cores como elementos de ligação da linguagem visual entre os produtos REA deste projeto. A composição do layout da cartilha para o público adulto pode ser visualizada na Figura 38



O PROCESSO DA VERMICOMPOSTAGEM

CAPÍTULO 02 QUAL É A HISTÓRIA DA VERMICOMPOSTAGEM?

A fertilidade do vale do Nilo é, em grande parte, devido ao trabalho incansável de minhocas. Aristóteles definiu-as como "as entranhas da terra". Os primeiros estudos detalhados sobre o assunto foram liderados por Darwin em 1837. Publicado em 1881 o trabalho "A formação de mofo vegetal por meio da ação das minhocas" com observações sobre os seus hábitos, marcou o início de uma série de investigações que se transformaram na Vermicompostagem Zootécnica, uma atividade muito importante que melhorou a produção agrícola.

A primeira referência dos benefícios da vermicompostagem foi fornecida nos anos 30 por um monge beneditino, Augusto Hensing, quando se utiliza de minhocas para remover os resíduos do mosteiro. Em meados dos anos 40, em Rothamstead (Inglaterra), começou a criação intensiva de minhocas, com o fim específico de obter vermicomposto.

Mas somente nos anos 70 iniciaram-se estudos e técnicas científicas que lançaram os fundamentos sobre o processo de vermicompostagem, nos EUA, pelos Professores Clive A. Edwards, E. Neuhäuser e R. Hartenstein. (Nogales et al, 2008: 189).

VAMOS CONHECER AS MINHOCAS?

Apenas sete espécies no mundo foram identificadas como adequadas para a vermicompostagem, sendo a espécie *Eisenia foetida* a mais utilizada mundialmente, inclusive no Brasil onde é conhecida como *vermelha californiana*.

Esta preferência deve-se a sua habilidade em converter resíduos orgânicos pouco decompostos em material estabilizado, extraordinária proliferação e rápido crescimento. As minhocas são hermafroditas, o que significa que apresentam órgão reprodutor masculino e feminino no mesmo indivíduo. No entanto necessitam de dois indivíduos para que ocorra a reprodução.



As minhocas são classificadas como oligoquetas terrestres e quando adultas medem entre 8 e 10cm.



Elas escavam galerias no solo / vermicomposto fazendo com que a terra fica fofinha e aerada, ajudando os microrganismos (fungos e bactérias) que trabalham na mineralização dos nutrientes, promovendo a primeira etapa, a degradação parcial.

As minhocas podem ser alimentadas com a maioria dos tipos de matéria orgânica desde que não sejam ricos em sais ou amônia.



Folhas secas.



Casca de ovos, frutas, legumes e verduras não cítricas.



Borra de café seca para armazenagem.

Figura 38: Aplicação da técnica da fotografia (A;B) e a inclusão dos personagens professora Ana (C) e Nonda (D) na cartilha adulta.
Fonte: Autora e Eric Alan Aguiar de Lima.

O Título da cartilha foi “O Processo da Vermicompostagem”, justamente para demonstrar que ela precisa de etapas para que ocorra de forma a ter um resultado satisfatório. Foram desenvolvidos 5 capítulos para a cartilha adulta, sendo compostos da seguinte forma:

Os itens do capítulo foram abordados em forma de perguntas, que a personagem Nonda e Prof^a Ana respondem ao longo do texto. São as questões básicas levantadas durante os cursos e aplicação de atividades realizadas pela pesquisadora (Tabela 13).

Tabela 13: Conteúdo abordado em cada capítulo da cartilha de vermicompostagem para adultos.

Capítulo	Conteúdo abordado
1	O que é lixo? O que é resíduo reciclável, perigoso, rejeito e orgânico? Qual o destino dos resíduos orgânicos? Quais os impactos socioambientais e como resolver o problema da destinação inadequada dos resíduos orgânicos?
2	Qual é a história da vermicompostagem? Como é o processo da vermicompostagem? Vamos conhecer as minhocas?
3	Quais os tipos de vermicompostagem? Quais resíduos domésticos podem ser tratados e quais não podem?
4	Vermicompostagem, por onde começar? Como montar um vermidigestor? Como iniciar o tratamento dos meus resíduos orgânicos? Como ativar meu vermidigestor? E quais os cuidados devo ter para minhas minhocas não fugirem?
5:	Qual o ponto de maturação do vermidigestores? Qual a capacidade de produção do vermidigestor? Quanto tempo demora para o vermicomposto ficar pronto? Como secar o vermicomposto? Como armazenar o vermicomposto corretamente? Como aplicar o vermicomposto?

Fonte: Autoria Própria.

O capítulo 1 é uma Introdução ao tema, tendo um enfoque maior nos resíduos orgânicos. Este enfoque do primeiro capítulo é justamente para fazer a conexão com o segundo capítulo, que versa sobre a vermicompostagem

No capítulo 2, estão relacionados de forma geral as noções básicas sobre a vermicompostagem, como surgiu, qual a utilidade, e como se identificam as minhocas que podem ser utilizadas nesta técnica. No terceiro capítulo, foram relacionados os itens mais específicos para a vermicompostagem. Ele é importante para que o leitor entenda que nem todos os tipos de resíduos orgânicos podem ser adicionados nesta técnica de compostagem, e por quais motivos.

O passo a passo para montar um vermidigestor vai ser descrito no Capítulo 4. No capítulo seguinte o tema é o resultado da vermicompostagem, ou seja o

vermicomposto. Como identificar que o vermicomposto está pronto, quais os cuidados no armazenamento, onde e como aplicar.

Todas as questões em forma de perguntas foram levantadas durante o período da pesquisa sobre a vermicompostagem, e, durante os cursos, foram as perguntas que mais surgiram pelo público participante. A pesquisadora anotou no diário estas questões e propôs esta sequência para os capítulos.

Esta cartilha pode ser utilizada nos cursos e oficinas sobre vermicompostagem, como material orientador para os professores da rede municipal do ensino fundamental.

A cartilha infantil priorizou imagens e ilustrações com pouco texto, mantendo uma unidade forte com os personagens do game “Nonda” e adotando o mesmo título para a capa desta cartilha, a personagem Nonda e a Professora Ana forma os elementos centrais, conforme pode ser visualizado na Figura 39.



Figura 39: Personagens centrais da cartilha (A) Nonda; (B) professora Ana, e (C;D) elementos visuais da cartilha infantil.

Fonte: Eric Alan Aguiar de Lima e Nubia Silveira Mendes.

No caso da cartilha infantil, o objetivo também foi a sensibilização do aluno pelo material visual, sendo que o professor orientou o processo ensino-aprendizagem tendo como apoio a cartilha adulta. A cartilha infantil foi desenvolvida tendo os personagens principais fazendo a apresentação dos temas prioritários e respondendo a questões. A comunicação visual entre a cartilha infantil e o game da Nonda são complementares e visam a uma interpelação entre os mesmos.

4.3.3 Etapa 3 – Avaliação da aplicação dos produtos REA

Após o término da primeira versão do game e definição dos textos das cartilhas, a pesquisadora fez a aplicação de atividades relacionadas ao processo de vermicompostagem em duas escolas municipais de Colombo, com 19 turmas do ensino Fundamental I. Foram aplicadas atividades lúdicas com os alunos assim como demonstrado o game da Nonda, com o objetivo de identificar possíveis melhorias no mesmo. Segue na sequência as atividades que foram desenvolvidas nas escolas:

Elaboração de duas atividades para crianças:

1- Atividade individual - Escrever as partes do corpo da minhoca e pintar o desenho da Nonda (Figura 40).

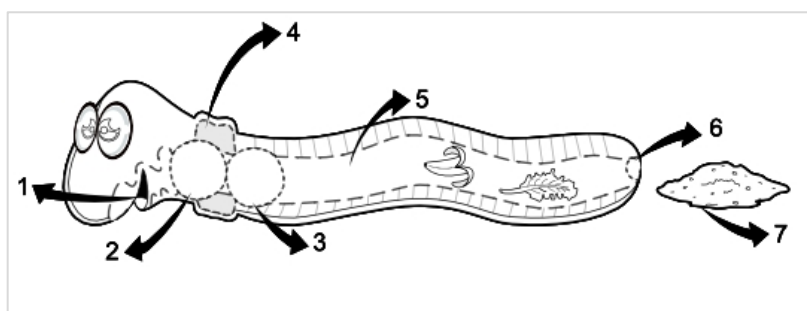


Figura 40: Atividade individual de escrever as partes do corpo da minhoca e pintar o desenho da Nonda.

Fonte: Fernandes, 2016.

Neste caso, utilizou-se a personagem Nonda, que foi estilizada para demonstrar como são as minhocas por dentro, ou seja, o trato digestivo, bem como se forma o vermicomposto ao passar pelo processo de digestão da minhoca.

2- Atividade em grupo. Montagem de uma vermicomposteira na forma de um cartaz gigante para ser colado na sala de aula (Figura 41 e 42).

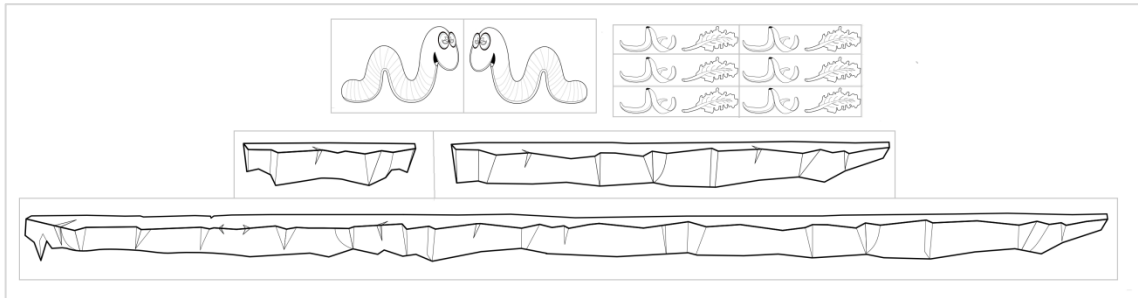


Figura 41: Peças desenvolvidas para montagem do cartaz da vermicomposteira.
Fonte: Fernandes, 2016.

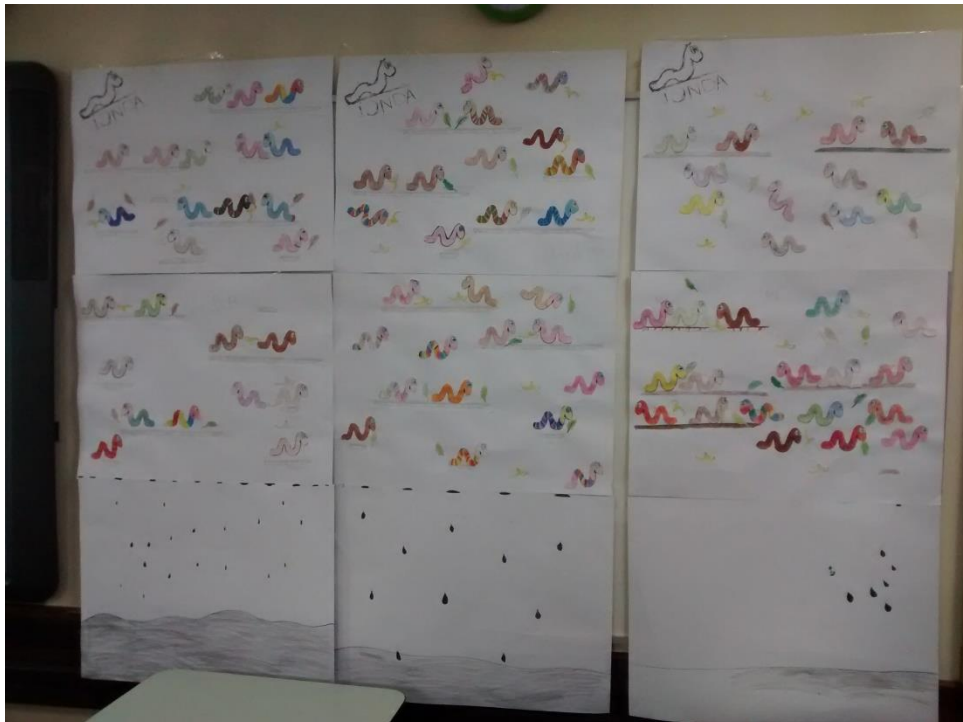


Figura 42: Cartaz feito por turnas de alunos na gincana de colombo.
Fonte: Autoria Própria.

Com esta avaliação da apresentação da parte do game associada a uma atividade lúdica, na qual foram envolvidos alunos e professores que atuam no ensino fundamental, foi possível identificar a possibilidade de incluir um quizz no game, a fim de que o conteúdo proposto nas cartilhas para o público infantil e adulto pudesse ter uma relação mais forte com o game Nonda. Desta forma, por meio das dúvidas que surgiram com a aplicação da vermicomposteira, relatadas pelos professores, o game foi alterado introduzindo as melhorias, como um Quizz, com perguntas sobre todo o processo da vermicompostagem, conforme pode ser visualizado na Figura 43.

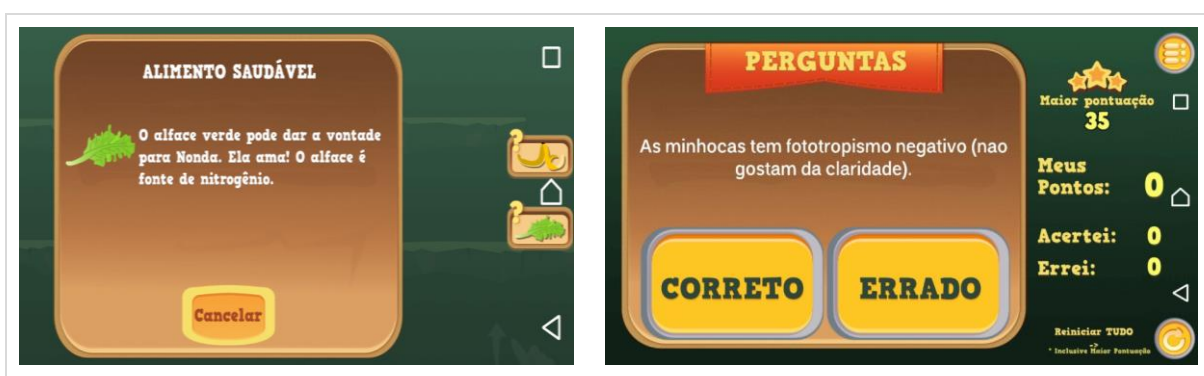


Figura 43: Exemplos do Quizz desenvolvido para o game.
Fonte: Fernandes, 2016.

Também foram realizadas atividades lúdicas com a montagem de um mini vermidigestor com os alunos da Escola papa João Paulo XXIII (Figura 44). Esta atividade auxiliou no desenvolvimento da sequência da cartilha adulta. Tais atividades estiveram relacionadas com a construção de um minivermidigestor.



Figura 44: Elaboração do vermidigestor com os alunos da Escola papa João Paulo XXIII. A: Montagem do vermidigestor. B: Adição de vermicomposto, minhocas e resíduos no vermidigestor.

Fonte: autoria própria.

Foi possível perceber como os elementos sensibilizadores foram importantes para deflagrar uma ação que possa tornar o cidadão pró-ativo frente ao enfrentamento de determinados problemas. Segundo Mazzaroto & Silva (2016), as limitações para abordagem de temas transversais como a vermicompostagem refletem a dificuldade que muitos professores possuem em conseguir contextualizar o conteúdo programático com o cotidiano, o que pode estar relacionado tanto com a falta de preparo dos docentes como com a falta de tempo para montagem e preparo dos recursos a serem utilizados

Segue na sequência a transcrição de alguns trechos comentados pelos alunos participantes, referentes ao processo de assimilação da vermicompostagem:

Fala 1: “Até alguns que tinham nojo passaram a não ter mais, pois todos tiveram que colocar a mão na massa”

Fala 2: “E alguns fizeram horta em casa, inclusive eu, usando adubo orgânico fazendo como você ensinou”

Fala 3: “Na minha outra escola montei uma composteira grande como você ensinou e estamos usando como adubo em uma das horta, Mas foi feita com garrafão de água.”

Na sequência a transcrição sobre algumas questões que surgiram:

Fala 4: “Mas e elas estão fazendo e está formando o chorrume? ou vc sugeriu para cuidar pra não formar chorrume?”

Fala 5: “ Mas temos poucas minhoca. Então ainda estava no começo com pouco adubo.Quando voltarmos temos que comprar minhoca para aumentar a produção”

As oficinas realizadas pela pesquisadora para o público adulto (Figura 45) também foram importantes no sentido de trazerem indagações sobre o processo da vermicompostagem.



Figura 45: Palestra ministrada para funcionários da escola João Paulo XXIII quanto a gerenciamento de resíduos e vermicompostagem.
Fonte: Autoria própria

Para as palestras, foi elaborado um Kit (Figura 46) contendo um banner que mostra como é um vermidigestor em funcionamento. Algumas amostras de vermicomposto úmido (igual como deve ficar dentro do vermidigestor), vermicomposto que sofreu o processo de secagem adequado, vermicomposto seco de maneira inapropriada (empedrado), casulos de minhocas e minhocas (para facilitar a visualização da espécie).



Figura 46: Kit de vermicompostagem elaborado para ser apresentado em palestras e cursos sobre vermicompostagem.
Fonte: Autoria própria

Este tipo de atividade também foi desenvolvida juntamente com funcionário do RU da Universidade. O material desenvolvido para as escolas, serve também para os cursos de capacitação dos funcionários do RU.

A educação ambiental é uma ferramenta importante no treinamento dos funcionários da Universidade que manipulam e descartam resíduos orgânicos alimentares. Com os profissionais capacitados é possível executar um gerenciamento de resíduos orgânicos diferenciado do convencional, de modo a fazer um armazenamento temporário adequado para posterior recolhimento e tratamento.

É importante o funcionário responsável pela unidade de tratamento participar de um curso de curta duração para aprender sobre a técnica de vermicompostagem. Neste curso, o material didático desenvolvido nesta pesquisa será importante na transmissão de um conhecimento técnico de maneira lúdica.

4.3.4 Educação ambiental contínua de modo a possibilitar um gerenciamento dos resíduos apropriado para realizar o tratamento dos orgânicos alimentares na Universidade.

A educação ambiental é uma ferramenta importante no treinamento dos funcionários da universidade que manipulam e descartam resíduos orgânicos alimentares. Com os profissionais capacitados é possível executar um gerenciamento de resíduos orgânicos diferenciado do convencional, de modo a fazer um armazenamento temporário adequado para posterior recolhimento e tratamento.

É importante o funcionário responsável pela unidade de tratamento participar de um curso para aprender sobre a técnica de vermicompostagem. Neste curso, o material didático desenvolvido nesta pesquisa será importante na transmissão de um conhecimento técnico de uma maneira simples e até lúdica, por causa do game.

Para a realização do tratamento dos resíduos orgânicos alimentares é necessário realizar um projeto de uma unidade de vermicompostagem na qual o modelo do vermidigestor seja apropriado de tal maneira que facilite as execução das atividades diárias.

Sugere-se que o vermidigestor seja construído em módulos (Figura 47) que contenham barras no seu fundo, para que o vermicomposto que cai possa ser

facilmente recolhido. Estes módulos também se mostram eficientes para auxiliar na dinâmica de alimentação do vermidigestor, que deverá receber alimentação diária distribuída em todo o sistema de tratamento. Segundo Futuramb (2017), o modelo possui dois módulos de 1,10 m x 0,75 m, os quais possuem a capacidade de tratamento de 2,0 kg/dia de resíduos e produção de 1,3 kg/dia de vermicomposto. Para otimizar a capacidade de tratamento de cada módulo é possível realizar a retirada o excesso de umidade utilizando uma pulper para extrair o excesso de líquido que é liberado pelo processo de trituração. O líquido poderia ser tratado em uma unidade de tratamento de efluentes à ser planejada.



**Figura 47: Modelo de vermidigestor sugerido para utilização na UTFPR.
Fonte: Futuramb.**

5 CONCLUSÕES

Como foi observado nesta pesquisa, existe uma inconstância na geração de resíduo no RU, o que implica em volumes diários diferenciados ao longo da semana e de um mês.

É importante desenvolver um sistema de gerenciamento de resíduos dentro do RU, realizando melhorias na estrutura e treinamento dos funcionários, com objetivo de tratar os resíduos vegetais crus por meio da vermicompostagem.

Com a presente pesquisa é possível concluir que o modelo de vermidigestor com fundo de barras/grades, após a avaliação dos diversos parâmetros físico e químicos se mostrou como sendo o mais adequado pelas seguintes razões:

- Facilidade no recolhimento de vermicomposto pronto,
- Capacidade de se estabilizar mais rapidamente quando analisados os seguintes parâmetros: escoamento de lixiviado; degradação da matéria orgânica lábil; manutenção da população de minhocas e rápido equilíbrio do ambiente impedindo formação de zonas úmidas no vermidigestor.

O vermidigestor em barras suporta melhor os erros de gerenciamento, no caso de adição de substrato em excesso, ao contrário do modelo com furos.

Os parâmetros físico e químicos e de macro e micro nutrientes não se mostraram diferentes entre os dois modelos.

As atividades realizadas com professores e alunos, permitiu verificar as dificuldades que principalmente os professores possuem para repassar este tipo de informação, e incorporar esta estratégia de ação na sala de aula.

Para sanar esta dificuldade, foram desenvolvidos três produtos, o game da Nonda, uma cartilha infantil, e uma para os adultos. Estes produtos ainda precisam ser avaliados no processo pedagógico, mas o fato de serem desenvolvidos de forma interdisciplinar e como recursos educacionais abertos, permitem uma ampla divulgação desta técnica de compostagem.

REFERÊNCIAS

ABBASI, S. A.; NAYEEM-SHAH, M.; ABBASI, Tasneem. **Vermicomposting of phytomass: limitations of the past approaches and the emerging directions**. Journal of Cleaner Production, v. 93. EUA. Elsevier. 2015.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR 10004 – Resíduos sólidos: classificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BARTZ, M. L. C., BROWN, G. G. **As minhocas e o sistema direto na palha**. Revista Plantio direto. Brasil. 2011. Disponível em: <http://febrapdp.org.br/download/publicacoes/754plantio_direto.pdf> Acesso em: 08 mar. 2017, 12:00.

BRASIL. Lei nº. 9795 de 27 de abril de 1999. **Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências**. Acesso: <<http://portal.mec.gov.br/secad/arquivos/pdf/educacaoambiental/lei9795.pdf>>. Acesso em: 08 mai. 2017.

BRASIL. Lei nº12.305, 2 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm> Acesso em: 08 mai. 2017.

BRASIL, 2012. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Governo Federal. Ministério do Meio Ambiente**. Disponível em: < http://www.sinir.gov.br/documents/10180/12308/PNRS_Revisao_Decreto_280812.pdf/e183f0e7-5255-4544-b9fd15fc779a3657> Acesso em: 08 mai.2017.

BREHM, F. de A. **Contaminantes emergentes em um país emergente. Estudo de caso no rio Barigui**. 2017. Dissertação de mestrado. Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

BROWN, G. G.; DOMÍNGUEZ, J.. **Uso das minhocas como bioindicadoras ambientais: princípios e práticas-o 3º encontro latino americano de ecologia e taxonomia de oligoquetas (ELAETAO3)**. Acta Zoológica Mexicana (nueva serie), n. 2, 2010.

CAÑAL, P. **Ecología y escuela teoria e práctica de la educación ambiental**. Barcelona. Editorial Laia, 1986.

COBLE, P. G. **Characterization of marine and terrestrial DOM in seawater using excitation-emission matrix spectroscopy.** Marine chemistry, v. 51, n. 4, 1996.

BOCHNIA, J.; SANTOS, J. T.; SILVA, A. G.; SILVA, C. A. **A gestão de resíduos sólidos gerados no restaurante universitário de uma instituição de ensino superior.** Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia, v. 10, n. 2, 2013.

CARVALHO, I. C. M. **As transformações na esfera pública e a ação ecológica: educação e política em tempos de crise da modernidade.** Revista brasileira de educação. v.11 nº 32. Rio de Janeiro Maio/Agosto.2006

CENCI, S. A. **Processamento mínimo de frutas e hortaliças: tecnologia, qualidade e sistemas de embalagem.** Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2011.

CEZAR, L. C.; BARBOSA, T. R. C. G.; REIS, M. C. T.; JÚNIOR, F. F. **Panorama acadêmico sobre resíduos sólidos: análise da produção científica a partir do marco legal do setor.** Revista Metropolitana de Sustentabilidade. Volume 5, nº 2. ISSN: 2318-3233- 2015

CROMA. **Carrinho transporte caf800.**

Disponível em: <<http://www.cromagalvanizadora.com.br/produto/supermercados/carrinho-transporte-caf800/>> Acesso: 23 abr. 2017

DIAS, G. F. **Educação ambiental: princípios e práticas.** 3. ed. São Paulo: Gaia, 1994.

FERNANDES, E. M. **Nonda: Serious Game na Educação de Resíduos Sólidos Urbanos através da Vermitecnologia.** 2016. 15f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Cornélio Procópio, 2016.

FORNES, F., MENDOZA-HERNÁNDEZ, D., GARCÍA-DE-LA-FUENTE, R., ABAD, M., & BELDA, R. M. **Composting versus vermicomposting: a comparative study of organic matter evolution through straight and combined processes.** Bioresource technology. 2012.

DE OLIVEIRA, Rafael Castelfranchi et al. **Implantação do processo de vermicompostagem no aproveitamento de resíduos orgânicos no campus univertdecidade/uftm–uberaba-mg.** Blucher Engineering Proceedings, v. 3, n. 2, p. 920-926, 2016.

DOMINGUES, C. F. S., THOMAZ, D. P. C., SIMÕES, D. M., & WEBER, M. L. Geração de resíduos sólidos orgânicos em restaurante universitário em São Paulo/SP. Revista M

DORES-SILVA P. R.; LANDGRAF, M. D.; REZENDE, M. O. O. **Processo de estabilização de resíduos orgânicos: vermicompostagem versus compostagem** Quim. Nova, Vol. 36, nº. 5, 2013.

EDWARDS, C. A. **Historical overview of vermicomposting.** BioCycle. Jun, Vol. 36. Color Photographs. ISSN:0276-5055. 1995

EDWARDS, C.A., ARANCON, N.Q., SHERMAN, R. (Eds.). In:Vermiculture Technology: Earthworms, Organic Wastes and Environmental Management. CRC Press, Boca Raton. 2011.

FERNÁNDEZ-GÓMEZ, M. J.; NOGALES, R.; INSAM, H.; ROMERO E.; GOBERNA, M. **Continuous-feeding vermicomposting as a recycling management method to revalue tomato-fruit wastes from greenhouse crops.** Elsevier. Waste Management 30 (2010) 2461–2468

FINGER, Fernando Luiz et al. Influência da temperatura na respiração, produção de etileno e longevidade de inflorescências de esporinha. Bragantia, v. 65, n. 3, p. 363-368, 2006.

FUTURAMB, 2017.

Disponível em: <http://www.futuramb.com/pt/products-page/vermidigestores-sistemas-modulares/> Acesso: 16 mai. 2017 às 10h50.

GÓMEZ-BRANDÓN, M.; LORES, M.; DOMÍNGUEZ, Jorge. **Changes in chemical and microbiological properties of rabbit manure in a continuous-feeding vermicomposting system.**

HUDSON, Naomi et al. **Can fluorescence spectrometry be used as a surrogate for the biochemical oxygen demand (BOD) test in water quality assessment? An example from South West England.** Science of the Total Environment, v. 391, 2008.

HEAVYBAO COMMERCIAL KITCHENWARE CO.,LTD

Disponível em: <http://www.heavybao.com/index.php?ac=article&at=read&did=657> Acesso: 22 abr. 2016

HUANG, K; LI, F.; WE,Y.; Fu, X.; CHEN, X. **Effects of earthworms on physicochemical properties and microbial profiles during vermicomposting of fresh fruit and vegetable wastes.** Contents lists available at ScienceDirect. Bioresource Technology. 2014.

HUANG, K.; XIA, H.; LI, F.; WEI, Y.; CUI, G.; FU, X.; CHEN, X. **Optimal growth condition of earthworms and their vermicompost features during recycling of five different fresh fruit and vegetable wastes.** Environ Sci Pollut Res. 2016.

JOSHI, R.; SINGH, J.; VIG, A. P. **Vermicompost as an effective organic fertilizer and biocontrol agent: effect on growth, yield and quality of plants.** Springer Science+Business. Rev Environ Sci Biotechnol. 2015.

JULIATTO, Dante Luiz; CALVO, Milena Juarez; CARDOSO, Thaianna Elpídio. **Gestão integrada de resíduos sólidos para instituições públicas de ensino superior.** Revista Gestão Universitária na América Latina-GUAL, v. 4, n. 3, 2011.

KAZAMA, Mariana Massae; REZENDE, Sarah Hiratsuka. **Programa jogada certa: coleta seletiva na UTFPR.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2014.

KIEHL, Edmar José. **Fertilizantes orgânicos.** São Paulo: Agronômica Ceres Ltda, 1985.

LAZCANO, C., Gómez-Brandón, M., Domínguez, J. **Comparison of the effectiveness of composting andvermicomposting for the biological stabilization of cattlemanure.** Chemosphere 72, 1013–1019. 2008

LIU, K; Pric, G.W. **Evaluation of three composting systems for the management of spent coffee grounds.** Bioresour. Technol. 2011

LOURENÇO, Nelson. **Manual de Vermicompostagem.** FUTURAMB. 1.^a Edição. Lisboa - Portugal. 2014.

LOPES, Mariana Lara; FONSECA, Vanessa Vasconcelos. **Estudo do manejo dos resíduos de um restaurante institucional da região Sul Fluminense.** Interbio, v. 7, n. 1, p. 47-53, 2013.

MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. . Instrução Normativa nº 25, de 28/07/2009. Disponível em:

<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=recuperarTextoAtoTemáticaPortal&codigoTemática=122918> Acesso: 14 jul 2017

MARTINS, A. P. L.; REISSMANN, C. B. **Material vegetal e as rotinas laboratoriais nos Procedimentos químico-analíticos**. Scientia Agraria, v.8, n.1, p.1-17, 2007.

MESQUITA JÚNIOR, J. M. de. **Gestão integrada de resíduos sólidos**. Coordenação de Karin Segala. – Rio de Janeiro: IBAM, 2007.

NEPA, N. D. E. E. P. E. A. **TACO: Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. Campinas SP: Unicampi, 2011. 161p. Relatório Técnico.

NETO, J. F. B.; FONSECA, F. S. **Jogos educativos em dispositivos móveis como auxílio ao ensino da matemática**. Novas Tecnologias na Educação. CINTED-UFRGS V. 11 Nº 1, julho, 2013

NUERNBERG, A. C. & KAICK, T. S. **Vermicompostagem utilizando resíduo orgânico não cozido do restaurante universitário da utfpr câmpus curitiba - sede ecoville (estudo de caso)**. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro. 2015

OLIVEIRA, C. G. S.; MARQUES, L. M.; BIZARRO, L. M. C. E.; SOTOCORNO, L. M. S. **Diagnóstico do gerenciamento dos resíduos sólidos gerados na praça de alimentação em uma universidade do interior do estado de são paulo**. Colloquium Exactarum, v. 6, n.3. 2014.

PAVINATO, P. S. & ROSOLEM, C. A. **Disponibilidade de nutrientes no Solo - decomposição e liberação De compostos orgânicos de Resíduos vegetais**. Revista Brasileira de Ciência do Solo. 2008.

PEREIRA, J. N., CAMPESE, G. B.; IMPERADOR, A. M. **Tratamento de resíduos orgânicos provenientes do Restaurante Universitário da Universidade Federal de Alfenas, *campus* de Poços de Caldas, por meio da vermicompostagem**. Seminário de Iniciação Científica da UNIFAL-MG – Edição 2012

PHILIPPI, Arnindo Jr.; ROMÉRO, Marcelo de Andrade; BRUNA, Gilda Collet. Curso de Gestão Ambiental. Coleção Ambiental. ISBN 85-204-2055-9. Manole. 2004.

POLETO, Cristiano. **Introdução ao gerenciamento ambiental**. Interciência. Rio de Janeiro. ISBN: 9788571932227. 336 p. 2010.

RAIJ, B van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A.M.C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2º ed. Rev. Atual. Campinas, Instituto Agrônomo/ Fundação IAC, 1997.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHORN, S. E. **Biologia vegetal**. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007. 856 p.

RIBEIRO, R. J.; SILVA JUNIOR, N.; FRASSON, A. C.; PILATTI, L. A.; SILVA, S. C. R.; **Teorias de Aprendizagem em Jogos Digitais Educacionais: um Panorama Brasileiro**. Novas Tecnologias na Educação. CINTED-UFRGS. V. 13 Nº 1, julho, 2015

SEVERO, A. L.; HERRMANN, B. C.; GARCIAS, C.M.; BARRETO, C.; MORETTI, C.; RORRA, L. V.; SILVA, M. C. B.; SILVA, O. B.; FELDMANN, R.;BRANCO, S. M. R. Guia Agenda 21 – passo a passo. Fórum Permanente Agenda 21 Instituições de Ensino Superior. Organização: Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos.2010.

Disponível em:<http://www.meioambiente.pr.gov.br/arquivos/File/agenda21/Guia_Agenda_21.pdf> Acesso em: 23 ago. 2016

SILVA, Antonio Fernando Gouvêa. A Construção do Currículo na Perspectiva Popular Crítica: Das Falas Significativas às Práticas Contextualizadas. Tese de Doutorado em Programa de Pós-Graduação em Educação: Currículo. PUC, São Paulo, 2004

SMYTH, Danielle P.; FREDEEN, Arthur L.; BOOTH, Annie L. Reducing solid waste in higher education: The first step towards 'greening' a university campus. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 54, n. 11, p. 1007-1016, 2010.

SONG, Qingbin; LI, Jinhui; ZENG, Xianlai. Minimizing the increasing solid waste through zero waste strategy. **Journal of Cleaner Production**, v. 104, p. 199-210, 2015.

SUTHAR, Singh; SINGH, S. Vermicomposting of domestic waste by using two epigeic earthworms (*Perionyx excavatus* and *Perionyx sansibaricus*). *International Journal of Environmental Science & Technology*, v. 5, n. 1. 2008.

THIOLLENT, M. Metodologia da pesquisa-ação. Editora: CORTEZ. ISBN: 978-85-2491-716-5. São Paulo: Cortez, 2008.

TRIPP, D. **Pesquisa-ação: uma introdução metodológica**. Educação e Pesquisa, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 443-466, set./dez. 2005

UTFPR. Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos - PGRS.

YADAV, A. & GARG, V. K. **Influence of stocking density on the vermicomposting of an effluent treatment plant sludge amended with cow dung**. Environ Sci Pollut Res (2016) 23:13317–13326. DOI 10.1007/s11356-016-6522-7