

UNIVERSIDADE DA REGIÃO DE JOINVILLE – UNIVILLE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE E MEIO AMBIENTE

**VALORIZAÇÃO DA FRAÇÃO ORGÂNICA DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE
RESTAURANTE POR MEIO DE COMPOSTAGEM NA ÓTICA DA SAÚDE E DA
SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL**

ANA CARINA EXTERKOETTER

JOINVILLE

2018

ANA CARINA EXTERKOETTER

**VALORIZAÇÃO DA FRAÇÃO ORGÂNICA DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE
RESTAURANTE POR MEIO DE COMPOSTAGEM NA ÓTICA DA SAÚDE E DA
SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Saúde e Meio Ambiente pelo Programa de Pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente da Universidade da Região de Joinville (Univille). Orientadora: Professora Doutora Therezinha Maria Novais de Oliveira.

JOINVILLE

2018

Termo de Aprovação

“Valorização da Fração Orgânica de Resíduos Sólidos de Restaurante por meio de Compostagem na Ótica da Saúde e da Sustentabilidade Ambiental”

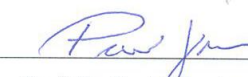
por

Ana Carina Exterkoetter

Dissertação julgada para a obtenção do título de Mestra em Saúde e Meio Ambiente, área de concentração Saúde e Meio Ambiente e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente.

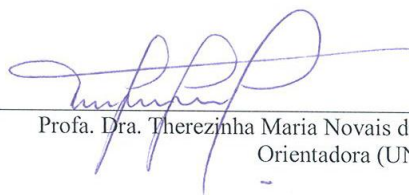


Prof. Dra. Therezinha Maria Novais de Oliveira
Orientadora (UNIVILLE)



Prof. Dr. Paulo Henrique Condeixa de França
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente

Banca Examinadora:



Prof. Dra. Therezinha Maria Novais de Oliveira
Orientadora (UNIVILLE)



Prof. Dra. Virginia Grace Barros
(UDESC)



Dra. Denise Lemke Carletto
(UNIVILLE)

Catálogo na publicação pela Biblioteca Universitária da Univille

E96v	Exterkoetter, Ana Carina
	Valorização da fração orgânica de resíduos sólidos de restaurante por meio de compostagem na ótica da saúde e da sustentabilidade ambiental/ Ana Carina Exterkoetter; orientadora Dra. Therezinha Maria Novais de Oliveira. – Joinville: UNIVILLE, 2018.
	101 p.: il. ; 30 cm
	Dissertação (Mestrado em Saúde e Meio Ambiente – Universidade da Região de Joinville)
	1. Resíduos orgânicos – Reaproveitamento. 2. Compostagem. 3. Sustentabilidade e meio ambiente. I. Oliveira, Therezinha Maria Noivas de (orient.). II. Título.
	CDD 628.44

Elaborada por Rafaela Ghacham Desiderato – CRB-14/1437

AGRADECIMENTOS

A minha orientadora, Therezinha, a oportunidade, o conhecimento transmitido, a paciência e por ter me conduzido ao caminho da ciência com tanta sabedoria.

Ao meu pai, meu grande inspirador, todo incentivo dado a mim desde criança aos estudos e o apoio durante o período do mestrado.

A minha mãe e a minha irmã, por fazerem de nós essa família, por compreenderem os períodos de ausência.

A minha linda filha, Gabriella, que por algumas vezes foi ao laboratório comigo, sempre com muita paciência, dando-me apoio e fazendo-me companhia.

Ao meu amor, companheiro e amigo, Gustavo, que me deu força, coragem e incentivo, auxiliando-me muitas vezes quando parecia impossível.

A Aline, que sempre com muita atenção e clareza me orientou e auxiliou nas pesquisas em laboratório.

A Maná do Brasil, o apoio dado à realização do mestrado e por conceder o local de estudo para minha pesquisa.

Aos meus amigos que estavam sempre transmitindo uma palavra de apoio e compreenderam minha ausência.

Aos meus colegas de trabalho, que me ajudaram no andamento do processo de compostagem, nos ensaios de laboratório e na configuração do trabalho.

A todos que de alguma forma contribuíram com a minha pesquisa.

RESUMO

A geração de resíduos sólidos urbanos tende a aumentar a cada dia em função do aumento populacional e do consumo cada vez maior de bens e serviços. O destino adequado para esses resíduos tem sido um dos grandes desafios da sociedade atual. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), aprovada em 2010, trouxe ao Brasil definições e diretrizes no sentido de obter uma melhor gestão para cada tipo de resíduo. No que tange aos resíduos sólidos dos restaurantes, em que a maior fração é a orgânica, a compostagem manifesta-se como uma possibilidade de resposta a esse desafio. Portanto, o objetivo deste trabalho foi valorizar a fração orgânica de resíduos sólidos de um restaurante por meio do processo de compostagem como uma contribuição para ações de sustentabilidade e saúde ambiental, bem como uma alternativa de atendimento da PNRS. Para tanto, ocorreu a valorização da fração orgânica tanto de resíduos oriundos de áreas distintas do restaurante (pré-preparo, cozinha quente e sobras), mediante o processo de compostagem; quanto dos resíduos de jardinagem da área de entorno na qual está localizado o restaurante. Realizaram-se três tratamentos distintos e três repetições para a avaliação física e química do composto gerado. As leiras foram assim elaboradas em área externa ao restaurante: a primeira, com resíduos da área de pré-preparo; a segunda, com resíduos da cozinha e sobras de pratos; e a terceira, com a mistura dos dois, todas tendo resíduos de jardinagem como fonte de carbono. Durante o processo, foram aferidas as temperaturas. Após a finalização do processo de compostagem, que durou 90 dias, as amostras de cada composto foram coletadas e encaminhadas para análise física, química, microbiológica e de toxicidade. Os resultados mostraram que houve variação significativa entre os ensaios, mas não entre as composteiras. Portanto, todos os resíduos orgânicos gerados no restaurante de forma geral, com exceção de gorduras, ossos e carnes, podem ser utilizados no processo de compostagem. A umidade do composto ficou acima de 50%. Somente no ensaio 1 as composteiras B e C atingiram os valores de 48,76 e 49,24% respectivamente, mostrando que o período de intensas chuvas prejudicou o processo de compostagem, que se deu em área descoberta, não permitindo a produção de um adubo orgânico conforme os padrões preestabelecidos para umidade. No que se refere ao pH, todas as amostras exibiram valores maiores que 6, entre 6,8 e 7,83, estando de acordo com os parâmetros. Para a relação C/N, apenas o composto C do ensaio 2 teve valor acima do instituído pela legislação, de máximo 20, e relação **C/N** 24,09, determinando que seu grau de maturação ainda não estava no nível ideal. Com relação aos contaminantes, observaram-se a presença em valores elevados de alumínio em todos os tratamentos, devendo ser alvo de mais estudos; e a presença de coliformes, possivelmente pelo fato de as leiras serem de pequeno porte, ou seja, de fácil acesso, e permanecerem em ambiente externo. No ensaio de toxicidade com *Eruca sativa*, os índices encontrados revelaram teor maior de toxicidade para o ensaio 1. A compostagem de resíduos orgânicos de restaurantes se mostrou uma prática possível sustentável e pedagógica sendo essencial o cumprimento da relação C/N e o monitoramento de contaminantes.

Palavras-chave: compostagem; fração orgânica; restaurante.

ABSTRACT

The production of urban solid waste has been increasing every day due to the population growth and the progressive use of goods and services. The adequate destination to the solid waste is one of the major challenges of the current society. The National Policy on Solid Waste (Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS), approved in 2010, brought to Brazil definitions and directions in order to obtain a better management to each kind of residues. Regarding the solid waste in restaurants, whose biggest fraction is the organic one, composting is one of the possibilities to answer this challenge. Therefore, this project aimed to value the organic fraction of the solid waste from a restaurant through the composting as a contribution to sustainable and environmental health actions, besides as an alternative to attend the PNRS. For this purpose, we valued the organic fraction from two different origins: distinct areas of the restaurant (pre-preparation, hot cooking and leftovers), through the composting; gardening, of the surrounding area where the restaurant is. Three different treatments and three repetitions were developed, to the physical and chemical evaluation of the generated composition. Spoil piles were elaborated outside the restaurant: the first one, containing pre-preparation waste; the second one, containing kitchen waste and leftovers; and the third one, a mix of both of the preview ones; and all containing gardening waste as carbon source. During the process, the temperatures were measured. After finalizing the composting, which took 90 days, the samples of each composition were collected and sent to physical, chemical, microbiological and toxicity analyses. The results showed there was significant variation between the tests, but not between the spoil piles. Then, in general all of the organic waste produced by the restaurant, except fat, bones and meat, can be used in composting. The humidity of the compost was higher than 50% only at the test 1. The composting B and C reached values of 48.76 and 49.24% respectively, showing that the period of intensive rain jeopardized the composting process, that occurred outdoors, which did not permit the production of an organic fertilizer as the predetermined standards to humidity. With respect to the pH, all the samples presented values higher than 6, between 6.8 and 7.83, according to the parameters. To the C/N relation, only the composition C of test 2 had a value higher than the one established by legislation, of maximum 20, and carbon × nitrogen relation 24.09, determining that its maturation degree was not in the ideal level yet. About the contaminants, high values of aluminum in all treatments, what must be more studied, and coliforms were seen. The presence of coliforms occurred probably due to the size of the spoil piles, they were small, i.e., easy access, and their location – outdoors. In the toxicity test with *Eruca sativa*, the indexes revealed higher toxicity level for test 1. The composting is a possible, sustainable and pedagogical practice, and it is essential the ideal C/N relation and the monitoring of contaminants.

Keywords: composting; organic fraction; restaurant.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Hierarquia de prioridade na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos.....	24
Figura 2 – Disposição final dos resíduos sólidos urbanos coletados no Brasil em 2015 e 2016.....	29
Figura 3 – Fases da compostagem	34
Figura 4 – Área externa do restaurante.....	45
Figura 5 – Leiras do ensaio 1: composteira A) pré-preparo; composteira B) cozinha; composteira C) pré-preparo + cozinha + sobras de pratos	48
Figura 6 – Composteira recebendo os resíduos: ensaio 1	49
Figura 7 – Composteira durante o processo de montagem: ensaio 1	49
Figura 8 – Balança analítica, usada no teste de umidade Erro! Indicador não definido.	
Figura 9 – Estufa contendo amostras utilizadas no teste de umidade Erro! Indicador não definido.	
Figura 10 – Equipamento vibrador utilizado para agitar a amostra para o teste de granulometria	54
Figura 11 – Agitador magnético, no teste de pH com as amostras dos ensaios.....	57
Figura 12 – Sonda utilizada para leitura do pH nos ensaios com as amostras	57
Figura 13 – Procedimento para obtenção do solubilizado	59
Figura 14 – Ensaio de toxicidade crônica: placas de Petri com 10 sementes de rúcula.....	60
Figura 15 – Ensaio de toxicidade crônica com sementes de rúcula (<i>Eruca sativa</i>) ..	61
Figura 16 – Análise de variância de umidade, dos ensaios 1, 2 e 3.....	73
Figura 17 – Análise de variância do pH para os três ensaios 1, 2 e 3.....	75
Figura 18 – Análise de variância do pH, para as composteiras A, B e C	75
Figura 19 – Análise de variância da relação C/N, nos ensaios 1, 2 e 3.....	77
Figura 20 – Análise de variância da relação C/N, das composteiras A, B e C	78
Figura 21 – Análise de variância para cálcio, para os ensaios 1, 2 e 3.....	80
Figura 22 – Análise de variância para magnésio, para os ensaios 1, 2 e 3.....	81
Figura 23 – Análise de variância para o carbono, para os ensaios 1, 2 e 3	81
Figura 24 – Análise de variância para nitrogênio, para os ensaios 1, 2 e 3	82

Figura 25 – Germinação relativa das sementes para os ensaios 1, 2 e 3	865
Figura 26 –Análise de variância da germinação relativa da semente para os ensaios 1,2 e 3 e controle.....	87
Figura 27 – Alongamento da raiz para os ensaios 1, 2 e 3	88
Figura 28 – Análise de variância para alongamento da raiz ensaios 1,2 e 3	91
Figura 29 – Índice de germinação para os ensaios 1, 2 , 3 e controle	91
Figura 30 – Análise de variância do alongamento da raiz, ensaios 1,2,3 e controle	91
Figura 31 – Cartilha de compostagem doméstica (continua).....	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Ensaio 1: quantidade de resíduos por composteira	48
Tabela 2 – Ensaio 2: quantidade de resíduos por composteira	50
Tabela 3 – Ensaio 3: quantidade de resíduos por composteira	50
Tabela 4 – Especificação dos fertilizantes orgânicos mistos e compostos para o composto da classe C, com umidade determinada a 65°C	55
Tabela 5 – Parâmetros químicos analisados e metodologia de análise empregada	56
Tabela 6 – Quantidade de resíduos gerados pelo restaurante	63
Tabela 7 – Volume de resíduo orgânico total.....	65
Tabela 8 – Sobras de resíduos orgânicos nos pratos.....	65
Tabela 9 – Quantidade de resíduos nos três ensaios.....	67
Tabela 10 – Teor de umidade nos ensaios 1, 2 e 3 nas composteiras A, B e C.....	71
Tabela 11 – Valores encontrados nos testes de granulometria dos ensaios 1, 2 e 3, composteiras A, B e C.....	74
Tabela 12 – Relação C/N para os ensaios 1, 2 e 3.....	76
Tabela 13 – Concentração de metais encontrados (mg/kg), nos ensaios 1, 2 e 3....	78
Tabela 14 – Concentração de macro e micronutrientes no composto comparada a diferentes estudos e IN 27/2006 e 25/2009, em mg/kg	80
Tabela 15 – Especificações dos fertilizantes orgânicos mistos e compostos para o composto da classe C e resultados dos ensaios realizados	83
Tabela 16 – Análise de coliformes totais e <i>Salmonella spp.</i> para os três ensaios	85
Tabela 17 – Resultado do ensaio de toxicidade crônica para as composteiras A, B e C dos ensaios 1, 2 e 3.....	86

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Monitoramento de temperatura nas composteiras A, B e C do ensaio 1.....	69
Gráfico 2 – Monitoramento de temperatura nas composteiras A, B e C do ensaio 2.....	70
Gráfico 3 – Monitoramento de temperatura nas composteiras A, B e C do ensaio 3.....	70
Gráfico 4 – Climograma de Joinville, conforme classificação climática de Köppen-Geiger.....	72

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS.....	18
2.1 OBJETIVO GERAL	18
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3 INTERDISCIPLINARIDADE.....	19
4 REVISÃO DE LITERATURA	20
4.1 GESTÃO DE RESTAURANTES	20
4.2 ASPECTOS CONCEITUAIS DOS RESÍDUOS SÓLIDOS	21
4.3 ASPECTOS LEGAIS	23
4.3.1 Política Nacional de Resíduos Sólidos.....	23
4.3.2 Instruções Normativas n.º 25/2009 e n.º 27/2006, do Ministério da Agricultura	25
4.3.3 Resolução n.º 481/2017, do Conama.....	27
4.4 PRINCIPAIS IMPACTOS DA GERAÇÃO E DESTINAÇÃO INADEQUADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS	28
4.5 COMPOSTAGEM COMO FORMA DE GESTÃO	31
4.5.1 Conceito	31
4.5.2 Fontes de materiais para compostagem	32
4.5.3 Fases da compostagem	33
4.5.4 Fatores que influenciam a compostagem	35
4.5.4.1 <i>Presença de Microrganismos.....</i>	35
4.5.4.2 <i>Umidade</i>	35
4.5.4.3 <i>Aeração.....</i>	36
4.5.4.4 <i>Temperatura.....</i>	37
4.5.4.5 <i>Relação carbono / nitrogênio</i>	38
4.5.4.6 <i>pH</i>	39
4.5.4.7 <i>Tamanho das partículas: granulometria</i>	39

	13
4.6 ECOTOXICOLOGIA	40
4.6.1 Ensaios de toxicidade aguda e crônica.....	41
4.7 COMPOSTAGEM SOB A ÓTICA DA SAÚDE AMBIENTAL	41
5 METODOLOGIA	44
5.1 ABORDAGEM DA PROPOSTA.....	44
5.2 LOCAL DO ESTUDO	44
5.3 QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS	45
5.4 PROCESSO DE COMPOSTAGEM	46
5.4.1 Período	46
5.4.2 Resíduos	46
5.4.3 Montagem.....	47
5.4.4 Manejo	51
5.5 PARÂMETROS FÍSICOS.....	51
5.5.1 Temperatura.....	51
5.5.2 Umidade	51
5.5.3 Granulometria	53
5.6 PARÂMETROS QUÍMICOS.....	54
5.6.1 pH.....	56
5.6.2 Cálculo da relação C/ N.....	58
5.7 PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS	58
5.8 ENSAIO DE TOXICIDADE	58
5.9 CARTILHA DE COMPOSTAGEM DOMÉSTICA	61
5.10 ANÁLISE DE DADOS ESTATÍSTICOS	62
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	63
6.1 QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS	63
6.2 SEPARAÇÃO DOS RESÍDUOS, MONTAGEM E MANEJO DAS COMPOSTEIRAS.....	66
6.3 PARÂMETROS FÍSICOS DO ACOMPANHAMENTO DAS COMPOSTEIRAS.....	69
6.3.1 Temperatura.....	69

	14
6.3.2 Umidade	71
6.3.3 Granulometria	73
6.4 PARÂMETROS QUÍMICOS.....	74
6.4.1 pH.....	74
6.4.2 Relação C/ N.....	76
6.4.3 Metais pesados.....	78
6.4.4 Macro e micronutrientes	79
6.4.5 Parâmetros microbiológicos	84
6.4.6 Ensaio de toxicidade crônica	86
7 CARTILHA DE COMPOSTAGEM DOMÉSTICA.....	91
CONSIDERAÇÕES FINAIS	Erro! Indicador não definido.
REFERÊNCIAS.....	97

1 INTRODUÇÃO

De acordo com a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2016), os números referentes à geração de resíduos sólidos urbanos revelam o total anual de quase 71,3 milhões de toneladas no país. O brasileiro gerou então 214.405 toneladas de resíduos sólidos ao dia e 1,04 kg *per capita* diário no ano de 2016.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), 51,4% dos resíduos sólidos urbanos gerados no Brasil em 2008 eram de matéria orgânica, representando a quantidade de 94.335,10 toneladas/dia.

A geração de resíduos sólidos tende a aumentar a cada dia em razão do crescimento populacional, da urbanização, da industrialização e do desenvolvimento econômico, sendo seu destino um dos maiores problemas ambientais que a sociedade atual enfrenta, já que a capacidade dos aterros sanitários é finita e os custos para a sua manutenção são altos.

O setor de serviços que contribui intensamente para a geração de resíduos sólidos orgânicos é o de restaurantes e alimentação coletiva. Esse segmento vem crescendo de forma consistente – 14,7% ao ano em média, segundo dados da Associação Brasileira das Indústrias de Alimentação (*apud* PORTAL BRASIL, 2014). Conforme informações do IBGE (2010), o consumo de alimentos fora do domicílio tem aumentado no Brasil, e gastos com alimentação revelam que 31% deles foram destinados à alimentação fora do domicílio em 2008-2009.

De acordo com Carneiro *et al.* (2010), em uma unidade de alimentação a geração de resíduos é de em média 0,2 kg por comensal/dia. Por causa do número expressivo de refeições produzidas no setor e da grande quantidade de resíduos orgânicos gerados em restaurantes, a destinação adequada desses resíduos tem sido um desafio para pesquisadores da área de gestão e sustentabilidade.

Para Teixeira *et al.* (2006), o elevado número de resíduos sólidos orgânicos gerados pelos restaurantes é na sua grande maioria proveniente de um planejamento inadequado do número de refeições a serem produzidas, da avaliação diária do número de comensais, das preferências alimentares e do treinamento dos funcionários na produção.

Esses resíduos geralmente são aterrados, incinerados a temperaturas acima de 900°C ou descartados em terrenos baldios, córregos e rios e consistem em grande preocupação dos municípios relacionada tanto à saúde ambiental e aos custos envolvidos no processo de destinação quanto ao desperdício de nutrientes que poderiam ser ricamente reutilizáveis (LOUREIRO *et al.*, 2007).

Os resíduos orgânicos dispostos inadequadamente no meio ambiente são responsáveis por prejuízos consideráveis de maneira especial no solo e nos mananciais hídricos, além de atrair vetores que podem causar uma parcela significativa das doenças registradas no país. Evitar o descarte dessa fração orgânica nos aterros sanitários aumentaria assim a vida útil desses locais e, do ponto de vista econômico, diminuiria os gastos com transporte oriundos da disposição e do tratamento dos efluentes gerados (chorume) com a decomposição dessa matéria orgânica.

Diante do elevado percentual de matéria orgânica presente nos resíduos sólidos, principalmente nos restaurantes, o processo de compostagem é uma grande alternativa e foi apontada pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), aprovada em 2010, para o tratamento dos resíduos orgânicos, o que consequentemente minimizaria a parcela de resíduos a ser encaminhado aos aterros sanitários, além de poder gerar um composto com alto grau de utilização, como, por exemplo, em hortas e ajardinamentos públicos e privados.

De acordo com Massukado (2008), a compostagem pode ser definida como um processo controlado de decomposição aeróbica e exotérmica de resíduos orgânicos biodegradáveis, por meio da ação de microrganismos, com liberação de gás carbônico e vapor-d'água, produzindo, ao final, um produto estável e rico em matéria orgânica.

A preocupação maior na produção de refeições tem sido até agora centrada em medidas para evitar o desperdício do alimento depois de pronto, mas todas as etapas de produção são geradoras de resíduos, provocando grandes impactos ambientais, trazendo responsabilidade aos administradores dos restaurantes e a sua equipe no que se refere a desempenhar ações socioambientais que contribuam para a gestão ambiental dos restaurantes (CORREA, 2014).

De acordo com a Associação Brasileira de Refeições Coletivas (2016), o mercado de refeições coletivas como um todo forneceu mais de 12 milhões de refeições/dia, com o volume diário de 5,7 mil toneladas de alimentos utilizados, os

quais geraram grande quantidade de resíduos todos os dias, sobretudo resíduos orgânicos, com alto potencial de compostagem.

Ainda assim, poucos são os trabalhos que buscam encontrar uma melhor gestão para esses resíduos, especialmente no sentido de valorização da fração orgânica deles, obtendo não somente um composto, mas o reconhecimento perante a sociedade de uma postura socioambiental condizente com os objetivos da Agenda 2030 – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – 17 objetivo para transformar nosso mundo.

Portanto, este trabalho objetiva valorizar a fração orgânica de resíduos sólidos orgânicos de um restaurante por meio do processo de compostagem como uma contribuição para ações de sustentabilidade e saúde ambiental, além de ser uma alternativa de atendimento da PNRS e de proporcionar aos restaurantes a possibilidade de trabalhar a compostagem como mais uma atividade socioambiental da empresa.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Valorizar a fração orgânica de resíduos sólidos orgânicos de um restaurante por meio do processo de compostagem, como uma contribuição para ações de sustentabilidade e saúde ambiental e uma alternativa de atendimento da Política Nacional de Resíduos Sólidos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Quantificar os resíduos orgânicos gerados nos diversos ambientes do restaurante;
- Executar o processo de compostagem com três composições distintas da fração orgânica do restaurante em estudo;
- Analisar parâmetros físicos, químicos, microbiológicos e de toxicidade do composto gerado;
- Elaborar cartilha educativa para compostagem, a ser divulgada para os clientes do restaurante.

3 INTERDISCIPLINARIDADE

A proposta do processo de compostagem realizada neste estudo utiliza resíduos de um restaurante que teriam como destino o aterro sanitário da cidade, gerando gastos com transporte, armazenamento e com os custos que envolvem a operação de um aterro sanitário, além da geração de chorume, que oferece riscos aos ecossistemas e à saúde pública.

Na PNRS, aprovada em 2010, o processo de compostagem é proposto para o tratamento dos resíduos orgânicos com o propósito de diminuir a parcela de resíduos a ser enviada aos aterros, reduzindo os impactos ambientais, da saúde e financeiros.

O estudo está de acordo com os objetivos apontados pela linha de pesquisa Qualidade Ambiental e Saúde e traz o olhar interdisciplinar das ciências da saúde, das ciências sociais e da engenharia sanitária, na medida em que apresenta a otimização de um modelo de compostagem, valorizando os resíduos sólidos gerados em um restaurante e minimizando impactos à saúde e ao meio ambiente, por intermédio da produção de um adubo orgânico que pode aumentar a capacidade do solo ao absorver os vários elementos nutritivos, melhorando suas diversas características físicas, químicas e biológicas.

Além disso, intenciona-se operacionalizar ao restaurante uma política de sustentabilidade, desempenhando a responsabilidade socioambiental mediante um sistema de produção viável ao meio ambiente e valorizando a qualidade de vida humana.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 GESTÃO DE RESTAURANTES

Cada vez mais, em razão das longas jornadas de trabalho e do pouco tempo que as pessoas possuem, as famílias alimentam-se fora de suas casas (CARDOSO; SOUZA; SANTOS, 2005).

O Conselho Federal de Nutricionistas (CFN) define na Resolução n.º 380/2005 que a alimentação coletiva engloba atividades de alimentação e nutrição feitas em uma unidade de alimentação e nutrição (UAN), entendida como as empresas fornecedoras de refeições e autogestão, alimentação escolar e alimentação do trabalhador, como restaurantes comerciais e similares, entre outras que compreendem atividades como a produção de refeições para a coletividade (CFN, 2006).

O profissional de nutrição desempenha o papel de gerir esses restaurantes. Segundo ainda a Resolução n.º 380/2005, compete ao nutricionista, no exercício de suas atribuições em UAN, planejar, organizar, dirigir, supervisionar e avaliar os serviços de alimentação e nutrição, além de realizar assistência e educação nutricional a coletividade ou indivíduos sadios ou enfermos em instituições públicas e privadas. São atividades complementares desse profissional implantar e supervisionar o controle periódico das sobras e de resto-ingestão e a análise de desperdícios, promovendo a consciência social, ecológica e ambiental (CFN, 2006).

No contexto dessa gestão, o nutricionista deve elaborar um cardápio equilibrado e com os nutrientes necessários, levando em consideração os hábitos alimentares dos clientes e evitando o desperdício de alimentos e sobras, pois os restaurantes no preparo de suas refeições geram uma quantidade significativa de resíduos orgânicos (LOPES; FONSECA, 2013).

Segundo Lopes e Fonseca (2013), a avaliação periódica das sobras permite identificar a eficiência: do planejamento, da determinação do número de refeições, do dimensionamento *per capita*, da adequação dos utensílios de servir, da compatibilidade das preparações com o padrão do cliente ou com seus hábitos

alimentares e da produção de alimentos, que envolve a apresentação das preparações.

O tipo de serviço executado pela UAN também pode influenciar os índices de desperdício. Muitas vezes, o chamado bufê livre acaba induzindo as pessoas a se servirem mais do que de fato precisam, simplesmente porque o valor é fixo e a comida à vontade, enquanto nos restaurantes em que se paga pelo que se consome o cuidado do cliente com o desperdício é menor.

Para Araújo, Martins e Carvalho (2015), a sustentabilidade pode ser uma importante estratégia de gestão. A implementação de ações de sustentabilidade em UAN exige que o nutricionista se envolva no processo, o influencie e o apoie.

De acordo com Veiros e Proença (2010), o conceito de sustentabilidade é algo que vem sendo inserido na cultura, tornando-se um assunto atual e que pode ser compreendido por ações de desenvolvimento que satisfazem às precisões atuais, de modo que as gerações futuras tenham a garantia de que suas necessidades não serão comprometidas.

A sustentabilidade em um restaurante envolve diversas questões. Além de apenas proporcionar uma alimentação saudável, está ligada a recomendações para agricultura, fornecedores, transporte e embalagem dos produtos até a chegada ao restaurante, o que inclui a normatização para procedimentos de manipulação, o porcionamento e a gestão dos resíduos produzidos, o planejamento arquitetônico do local, a economia de energia e a otimização na utilização dos recursos naturais (NUNES, 2012), a fim de se assegurar e se sustentar a qualidade de vida humana.

4.2 ASPECTOS CONCEITUAIS DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

Após a Revolução Industrial, os resíduos começaram a ganhar importância, principalmente para a saúde pública, entretanto foi na década 1970 que os resíduos de fato tiveram peso ambiental, tanto em nível nacional quanto internacional, pois o tema foi abordado em grandes encontros mundiais, como nas conferências de Estocolmo, em 1972, em seguida na ECO-92, no Rio de Janeiro, e em 1997 no evento de Tbilisi (DEUS; BATTISTELLE; SILVA, 2015).

De acordo com a Norma Brasileira Regulamentadora (NBR) 10004/2004, são considerados resíduos sólidos:

Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível (ABNT, 2004a).

Nos parâmetros atuais que ressaltam o valor econômico dos resíduos, como observado na Lei n.º 12.305, de 2 de agosto de 2010 (BRASIL, 2010b), e regulamentada pelo Decreto n.º 7.404, de 23 de dezembro de 2010 (BRASIL, 2010a), que dispõe sobre a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) no Brasil, resíduos sólidos são definidos como:

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 (BRASIL, 2010b).

Os resíduos sólidos podem ser orgânicos, de procedência animal ou vegetal, ou seja, ter feito recentemente parte de um ser vivo, como, por exemplo: frutas, hortaliças, restos de pescados, folhas, sementes, cascas de ovos, restos de carnes etc. Esse tipo de resíduo é considerado normalmente por conta da decomposição desses produtos. Se não há o mínimo de cuidado com o armazenamento desses resíduos, cria-se um ambiente propício ao desenvolvimento de microrganismos que muitas vezes podem ser agentes causadores de doenças (PEREIRA NETO, J. T., 2007).

Segundo Gouveia (2012), os resíduos sólidos produzidos atualmente passaram a abrigar em sua composição elementos sintéticos e perigosos aos ecossistemas e à saúde humana, em virtude das novas tecnologias incorporadas ao cotidiano. Nesse sentido, conclui-se que é preciso caminhar em direção à gestão

dos resíduos sólidos que busque a eliminação de seus impactos negativos na saúde ambiental.

No Brasil, saúde ambiental é definida pelo Ministério da Saúde como:

Uma área da saúde pública que atua junto ao conhecimento científico e à formulação de políticas públicas relacionadas à interação entre a saúde humana e os fatores do meio ambiente natural e antrópico que a influenciam, com vistas a melhorar a qualidade de vida do ser humano, sob o ponto de vista da sustentabilidade (BRASIL, 2005).

Os resíduos sólidos, se não administrados de maneira consciente e sustentável, são capazes de prejudicar essa saúde ambiental, trazendo consequências a médio e longo prazo que podem ser irreversíveis ao meio ambiente.

4.3 ASPECTOS LEGAIS

4.3.1 Política Nacional de Resíduos Sólidos

Os resíduos sólidos são abordados na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) – Lei n.º 12.305/2010 (BRASIL, 2010b). Com a instituição da PNRS, objetivaram-se mudanças relacionadas aos aspectos considerados importantes para a questão dos resíduos sólidos urbanos no Brasil nos setores público e privado, discriminando responsabilidades aos geradores, ao poder público e aos consumidores.

A PNRS dispõe sobre seus propósitos e instrumentos, bem como acerca das diretrizes relativas à gestão integrada, às responsabilidades dos geradores e do poder público, aos instrumentos econômicos aplicáveis e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluindo os perigosos. Estão sujeitas à observância dessa lei as pessoas físicas ou jurídicas, de direito público ou privado, responsáveis direta ou indiretamente pela geração de resíduos sólidos e as que desenvolvem ações ligadas à gestão integrada ou ao gerenciamento desse tipo de resíduo (BRASIL, 2010b).

Conforme a PNRS a gestão e o gerenciamento de resíduos sólidos devem ser observados na seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, apresentado na Figura 1. Na PNRS, o poder público, o setor empresarial e a coletividade aparecem como responsáveis pela efetividade das ações voltadas para assegurar a observância da referida lei, das diretrizes e das demais determinações estabelecidas em seu regulamento.

Figura 1 – Hierarquia de prioridade na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos



Fonte: disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>

Ao deixar a disposição final por último, essa ordem busca, além do fim da cadeia de resíduos sólidos, mostrar como são importantes modificar a cultura de consumo exacerbado e também reduzir a geração de produtos que não podem ser reutilizados ou reciclados (ZANETTE, 2015).

Entre os princípios da PNRS, estão listados a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos e o reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania, citados no artigo 6 da lei (BRASIL, 2010b).

Dos objetivos da PNRS, o artigo 7 determina, entre outras questões, a proteção da saúde pública e da qualidade ambiental, a não geração, a redução, a reutilização, a reciclagem e o tratamento dos resíduos sólidos, bem como a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a integração dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis nas ações que envolvem a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, o incentivo ao desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e empresarial voltados para a melhoria dos processos

produtivos e ao reaproveitamento dos resíduos sólidos, incluídos a recuperação e o aproveitamento energético.

A PNRS institui que, no âmbito da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, cabe ao titular dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, observado, se houver, o plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos: implantar sistema de compostagem para resíduos sólidos orgânicos e articular com os agentes econômicos e sociais formas de utilização do composto produzido (BRASIL, 2010b).

4.3.2 Instruções Normativas n.º 25/2009 e n.º 27/2006, do Ministério da Agricultura

A Instrução Normativa (IN) n.º 25 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), de 2009, aprova as normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, os registros, as embalagens e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura, nas formas dos anexos à publicação (BRASIL, 2009b).

Conforme tal instrução, os fertilizantes orgânicos simples, organominerais, compostos e mistos, dividem-se em quatro classes, de acordo com a matéria-prima com a qual são preparados, da seguinte forma:

- Classe A: fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza matéria-prima de origem vegetal, animal ou de processamento da agroindústria, sem a utilização, no processo, de metais pesados tóxicos, elementos ou compostos orgânicos sintéticos potencialmente tóxicos, resultando em produto de uso seguro na agricultura;
- Classe B: fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza matéria-prima oriunda de processamento da atividade industrial ou da agroindústria, em que metais pesados tóxicos, elementos ou compostos orgânicos sintéticos potencialmente tóxicos são empregados no processo, resultando em produto de aplicação segura na agricultura;

- Classe C: fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza qualquer quantidade de matéria-prima originada de lixo domiciliar, resultando em produto de uso seguro na agricultura;
- Classe D: fertilizante orgânico que, em sua produção, emprega qualquer quantidade de matéria-prima vinda do tratamento de despejos sanitários, resultando em produto de utilização segura na agricultura (BRASIL, 2009b).

Todo fertilizante para ser utilizado na agricultura deve ser autorizado pelo Mapa, atendendo aos limites para fertilizantes orgânicos estabelecidos pela IN n.º 25/2009 (BRASIL, 2009b).

O produto da compostagem feita com os resíduos orgânicos do restaurante e de jardinagem nesta pesquisa pode se enquadrar como fertilizante orgânico classe C, conforme a classificação descrita na IN25/2009.

No Quadro 1 estão os valores limites para fertilizantes orgânicos estabelecidos pela IN n.º 25, utilizados como referência no estudo.

Quadro 1 – Valores limites para fertilizantes orgânicos da classe C, conforme a Instrução Normativa n.º 25/2009

Garantia	Fertilizante orgânico classe C
Umidade (máxima)	50%
Nitrogênio total (mínimo)	0,5%
Carbono orgânico (mínimo)	15%
pH (mínimo)	6
Relação carbono / nitrogênio (máxima)	20

Fonte: Brasil (2009b)

Por sua vez, a IN n.º 27, de 2006, dispõe sobre fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes.

O Quadro 2 representa os limites máximos de contaminantes admitidos em fertilizantes orgânicos determinados pela IN n.º 27/2006, utilizados como referência neste estudo.

Quadro 2 – Limites máximos de contaminantes admitidos em fertilizantes orgânicos, conforme a Instrução Normativa n.º 27/2006

Contaminante	Valor máximo permitido
Arsênio	20 mg/kg
Cádmio	3 mg/kg
Chumbo	150 mg/kg
Cromo	200 mg/kg
Mercúrio	1 mg/kg
Níquel	70 mg/kg
Selênio	80 mg/kg
Coliformes termotolerantes	1.000 NMP/g de MS
Ovos viáveis helmintos	1 em 4 g de ST
<i>Salmonella spp.</i>	Ausência em 10 g de ST

MS: matéria seca; ST: sólidos totais.

Fonte: Brasil (2006)

O artigo 3 da IN n.º 27/2006 determina que nos resultados analíticos obtidos serão admitidas tolerâncias limitadas a 30% dos valores definidos.

4.3.3 Resolução n.º 481/2017, do Conama

A Resolução n.º 481, de 3 de outubro de 2017, estabelece critérios e procedimentos para garantir o controle e a qualidade ambiental do processo de compostagem de resíduos orgânicos, visando à proteção do meio ambiente e buscando reestabelecer o ciclo natural da matéria orgânica e seu papel natural de fertilizar os solos (BRASIL, 2017b).

Essa resolução não se aplica a processos de baixo impacto ambiental, aqueles que são usados para uso próprio ou comercializados diretamente para o consumidor final.

Durante o processo de compostagem, deverá ser garantido o período termofílico mínimo necessário para a redução de agentes patogênicos e o responsável pela usina de compostagem precisa disponibilizar relatórios de controle de temperatura e da operação dos sistemas de compostagem ao órgão ambiental

competente, assim como que a relação carbono × nitrogênio no composto final seja menor ou igual a 20 (BRASIL, 2017b).

Os estabelecimentos sujeitos à elaboração de planos de gerenciamento de resíduos sólidos, conforme artigo 20 da Lei n.º 12.305/2010, priorizarão a destinação dos resíduos orgânicos para a compostagem ou outras alternativas de reciclagem de resíduos orgânicos (BRASIL, 2010b), respeitando a ordem de prioridade prevista nos artigos da lei do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama).

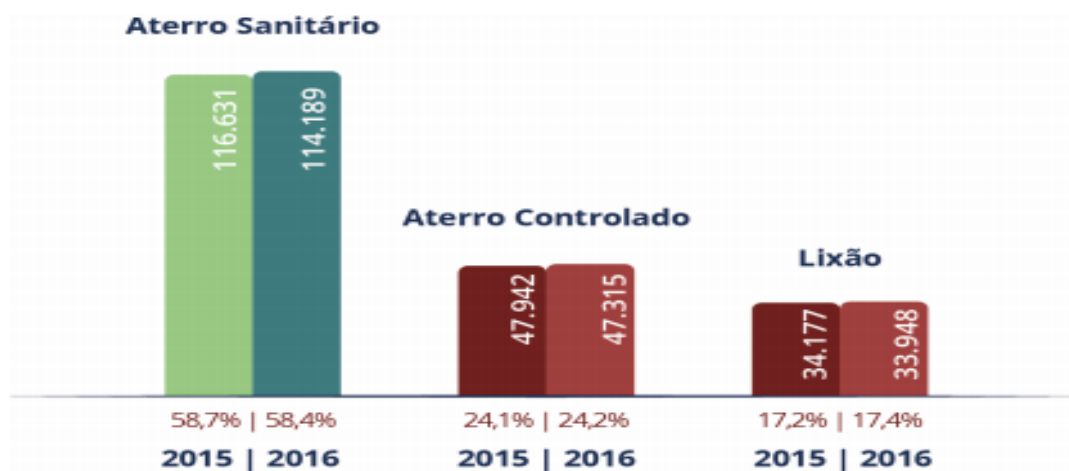
4.4 PRINCIPAIS IMPACTOS DA GERAÇÃO E DESTINAÇÃO INADEQUADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS

A geração exacerbada de resíduos sólidos e o seu gerenciamento inadequado causam problemas ambientais e econômicos que tomam proporções cada vez maiores.

Existe uma relação direta entre a produção de resíduos e a economia de um país, de forma que, quanto maior a renda, maior é o consumo e, geralmente, também maior é a produção de resíduos. Essa característica transforma os resíduos sólidos em importantes indicadores socioeconômicos, tanto pela quantidade de geração quanto pela sua caracterização (NASCIMENTO *et al.*, 2015).

Conforme a Abrelpe (2016), dos resíduos sólidos urbanos coletados no Brasil em 2016, 58,4% tiveram como destino os aterros sanitários, 24,2% os aterros controlados e 17,4% os lixões, como mostra a Figura 2.

Figura 2 – Disposição final dos resíduos sólidos urbanos coletados no Brasil em 2015 e 2016



Fonte: Abrelpe (2016)

A decomposição da matéria orgânica presente no lixo resulta na formação de um líquido de cor escura, o chorume, que pode contaminar o solo e as águas superficiais ou subterrâneas, pela contaminação do lençol freático. Pode ocorrer também a formação de gases tóxicos, asfixiantes e explosivos que se acumulam no subsolo ou são lançados na atmosfera (GOUVEIA, 2012).

De acordo com Gouveia (2012), os locais de armazenamento e de disposição final tornam-se ambientes propícios para a proliferação de vetores e de outros agentes transmissores de doenças. Pode haver também a emissão de partículas e outros poluentes atmosféricos, diretamente pela queima de lixo ao ar livre ou pela incineração de dejetos sem o uso de equipamentos de controle adequados. De modo geral, os impactos dessa degradação estendem-se para além das áreas de disposição final dos resíduos, afetando toda a população.

Impactos não tão imediatos ao meio ambiente como os supracitados também podem ocorrer, como as mudanças climáticas. A decomposição anaeróbica da matéria orgânica presente nos resíduos gera grandes quantidades de gases de efeito estufa (GEE), principalmente o metano (CH_4), segundo gás em importância entre os considerados responsáveis pelo aquecimento global (GOUVEIA, 2012). Os resíduos sólidos são responsáveis por 12% das fontes emissoras de metano, um dos GEE. Já a maior parte dessas emissões de metano, 84%, ocorre na disposição final dos resíduos nos aterros e nos lixões.

Os vários impactos ambientais decorrentes das diferentes formas de disposição de resíduos sólidos oferecem também riscos importantes à saúde

humana. A inter-relação entre o processo produtivo, o ambiente e a saúde traz à tona os diversos problemas ocasionados pelos resíduos sólidos e os danos que podem causar à biodiversidade, afetando diretamente o homem (PARAHYBA JUNIOR, 2010). A disposição desses resíduos no solo, em lixões ou aterros, por exemplo, constitui uma importante fonte de exposição humana a inúmeras substâncias tóxicas. As principais rotas de exposição a esses contaminantes são a dispersão do solo e do ar contaminado, a lixiviação e a percolagem do chorume. Ainda, proliferam-se moscas, ratos e baratas, que são transmissores potenciais de doenças ao homem (ARAÚJO; PIMENTAL, 2016).

Segundo Sissino e Moreira (1996), estudos têm revelado que áreas próximas a aterros apresentam níveis elevados de compostos orgânicos e metais pesados e que populações residentes nas proximidades desses locais exibem níveis altos desses compostos no sangue. Assim, tais depósitos de resíduos sólidos são potenciais fontes de exposição para populações, tendo sido relatado riscos aumentados para muitos tipos de câncer, anomalias congênitas, baixo peso ao nascer, abortos e mortes neonatais nessas e em populações vizinhas a esses locais.

O custo para o processo de coleta até a disposição adequada do resíduo sólido urbano é alto. Basta pensarmos quanto custaria para manter caminhões, funcionários e um aterro em uso ininterrupto, visto que estamos gerando lixo constantemente durante o dia. Entretanto, é a sociedade quem paga.

Em conformidade com as pesquisas de Meldonian (1998) e Calderoni (1998), a adoção de métodos de tratamento como a coleta seletiva e a reciclagem evidencia vantagens socioeconômicas e ambientais, entre as quais se destacam o reaproveitamento e a reutilização dos resíduos como fonte de matéria-prima, economia de energia, maximização na utilização das áreas de disposição final, redução da poluição à saúde pública e ao meio ambiente e, por fim, a geração de renda e emprego.

É importante que se delineiem políticas públicas que articulem aspectos sociais (saúde, segurança do trabalho, autogestão, cidadania, inclusão, entre outros), econômicos (geração de renda, redução de custos, mercado etc.) e técnico-ambientais (qualidade, eficiência e outros). As decisões que envolvem o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos são fundamentalmente decisões sobre saúde pública e requerem, portanto, a integração entre políticas econômicas, sociais e ambientais (GOUVEIA, 2012).

4.5 COMPOSTAGEM COMO FORMA DE GESTÃO

4.5.1 Conceito

O processo de compostagem funciona como alternativa para curar os resíduos, por meio da atuação de conjuntos de microrganismos decompositores aeróbios, somando um caráter biológico ao sistema (SANTOS FILHO, 2014).

Conforme De Bertoldi, Vallini e Pera (1983), Senesi (1989), ABNT (1996) e Kiehl (2004), a compostagem pode ser definida como um processo controlado de decomposição aeróbica e exotérmica da substância orgânica biodegradável, mediante a ação de microrganismos autóctones, com liberação de gás carbônico e vapor-d'água, produzindo, ao final, um produto estável e rico em matéria orgânica.

A eficiência necessária para o processo de compostagem somente será encontrada quando as exigências ambientais de decomposição forem alcançadas. Essas exigências estão relacionadas a aeração, umidade, temperatura, pH, tamanho da partícula e relação carbono $\times$ nitrogênio (SANTOS FILHO, 2014).

No contexto do estudo de Zanette (2015), podemos dizer que a compostagem consiste em amontoar resíduos orgânicos de restaurantes provenientes do pré-preparo e do desperdício das refeições, misturando-os com material orgânico seco rico em carbono, como restos de jardinagem, de forma organizada.

O produto resultante do processo de compostagem é chamado de composto orgânico, também conhecido como fertilizante orgânico, e possui grande quantidade de nutrientes, sendo possível o seu uso em diversas finalidades. Esse composto pode ser utilizado como corretivo orgânico para o solo, além de ser aplicado na agricultura e horticultura, pois conta com matéria orgânica parcialmente estabilizada, substâncias húmicas e elementos. Quando empregado dessa maneira, permite melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos, aumentando, assim, a retenção de água e a capacidade de infiltração, especialmente em solos argilosos (BRIETZKE, 2016).

Além da sua utilização como adubo orgânico, a compostagem reduz a periculosidade da matéria orgânica, que normalmente gera gás e chorume, tornando-a um material inerte.

Caso a matéria orgânica fosse separada na fonte e encaminhada para a compostagem, despesas seriam diminuídas nos municípios, como o transporte e gastos com aterros. O estímulo à informação e à divulgação poderia fomentar a separação da matéria orgânica, que seria destinada à compostagem caseira, a pátios de compostagem comunitários, escolas e centros comunitários (ZANETTE, 2015). É preciso que surjam políticas públicas e financiamento de programas municipais.

4.5.2 Fontes de materiais para compostagem

Segundo Meira, Cazzonato e Soares (2003), os resíduos orgânicos compostáveis podem ser classificados de forma simplificada em dois grupos:

- Castanhos: aqueles que contêm maior proporção de carbono em relação ao nitrogênio (C/N superior a 30:1), cor acastanhada, baixo teor de umidade e decomposição lenta. Por exemplo, feno, palha, aparas de madeira e serragem, aparas de grama seca, folhas secas, ramos pequenos e pequenas quantidades de cinzas de madeira;
- Verdes: aqueles com maior proporção de nitrogênio (C/N inferior a 30:1), alto teor de umidade e decomposição mais rápida que os castanhos. Por exemplo, restos de cozinha (legumes, hortaliças, restos e cascas de frutos, cascas de frutos secos, borras de café, restos de pão, arroz, massa, cascas de ovos esmagadas, folhas e sacos de chá, cereais e restos de comida cozida) e aparas de grama fresca. É necessário atentar para a quantidade de restos de comida cozida, incluindo arroz e massas, que venham a ser colocados em uma composteira; se a proporção for relativamente grande para uma composteira doméstica, é preferível descartá-los, por causa da atração de insetos. No entanto, caso a composteira seja grande, não haverá problema em utilizar esses resíduos como material compostável,

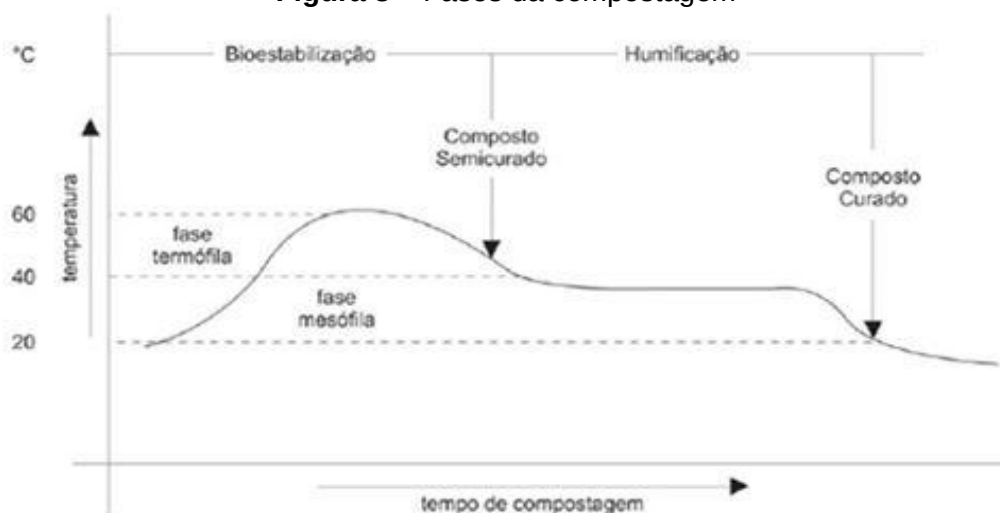
sempre prestando atenção para que não haja compactação nem atração de insetos, ou mau cheiro.

É necessário que sejam observadas as características físico-químicas dos materiais orgânicos, para que o processo de compostagem seja realizado de forma satisfatória, pois os resíduos precisam ser misturados e combinados em função das suas especificidades, garantindo um eficiente processo de compostagem e um produto final de qualidade (INÁCIO; MILLER, 2012).

4.5.3 Fases da compostagem

O processo de compostagem não se limita apenas à adição e mistura de materiais orgânicos em pilhas, mas envolve a escolha dos materiais, a seleção do sistema de compostagem, o local em que será realizado, como também a disponibilidade desses materiais para que o processo se complete (KIEHL, 2004).

Kiehl (2004) relata que durante o processo de compostagem é possível observar três fases: uma primeira, inicial e rápida, de fitotoxicidade ou de composto cru ou imaturo; seguida de uma segunda fase, de semicura ou bioestabilização; para atingir finalmente a terceira fase, a humificação, acompanhada da mineralização de determinados componentes da matéria orgânica, como ilustrado na Figura 3.

Figura 3 – Fases da compostagem

Fonte: D'Almeida e Vilhena (2000)

Conforme Aquino (2005, p. 1):

Os resíduos orgânicos sofrem transformações metabólicas desde que fornecidas às condições de umidade, aeração e microrganismos como bactérias, fungos, actinomicetos, protozoários, algas, além de larvas, insetos etc., que têm na matéria orgânica *in natura* sua fonte de matéria e energia. Como resultado da digestão da matéria orgânica por esses organismos, ocorre à liberação de nutrientes como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio se transformando em nutrientes minerais. Ou seja, esses elementos, antes imobilizados na forma orgânica, tornam-se disponíveis para as plantas num processo conhecido como mineralização. Os microrganismos que realizam a decomposição da matéria orgânica absorvem carbono (C) e nitrogênio (N), sendo o tempo necessário para que ocorra a decomposição e a consequente mineralização, governado pela relação entre C e N da matéria-prima.

O teor de nitrogênio dos resíduos a serem decompostos deve ter teoricamente 1,7%. Quando o conteúdo é inferior a esse valor, o tempo de decomposição é maior (KIEHL, 1985). Para que todo o ciclo esteja completo, são necessários aproximadamente de 90 a 120 dias após a mistura dos materiais orgânicos (dependendo da relação C/N do resíduo), tendo como resultado um composto normalmente escuro e de textura turfa, utilizado como condicionador de propriedades físicas e biológicas do solo, assim como um composto fertilizante capaz de fornecer os nutrientes essenciais para o suprimento das plantas (KIEHL, 1985).

4.5.4 Fatores que influenciam a compostagem

4.5.4.1 Presença de Microrganismos

A transformação da matéria orgânica é resultante da ação de diferentes comunidades de microrganismos (incluindo bactérias, actinomicetos, leveduras e fungos) que predominam nas várias fases da compostagem (KIEHL, 2004).

Segundo Pereira Neto (2007), a intensidade dos microrganismos decompositores nos processos de compostagem está estritamente relacionada à diversidade e à concentração de nutrientes. A microbiota do composto determina a taxa de velocidade do processo de compostagem e produz a maior parte das modificações químicas e físicas do material (VALENTE *et al.*, 2009).

Os microrganismos liberam enzimas hidrolíticas, que retiram porções da matéria orgânica na forma solúvel e de baixo peso molecular, sendo necessária a presença de oxigênio nessa fase, para que a matéria orgânica já absorvida seja metabolizada (KIEHL, 2004).

Além desses organismos, participam também da degradação da matéria orgânica outros, como algas, protozoários, nematoides, vermes, insetos e suas larvas. Os agentes bioquímicos, como enzimas, hormônios e vírus, também contribuem para a degradação da matéria orgânica (BRIETZKE, 2016).

4.5.4.2 Umidade

No processo de decomposição da matéria orgânica, a umidade é indispensável para a atividade metabólica e garante a atividade microbiológica, pois é a água que promove o transporte de nutrientes dissolvidos (FIALHO, 2007).

A faixa de umidade ótima para se obter o máximo de decomposição está entre 50 e 60%, principalmente durante a fase inicial, pois se faz necessário um adequado suprimento de água para promover o crescimento dos organismos

biológicos envolvidos no processo e para que as reações bioquímicas ocorram apropriadamente no decorrer da compostagem (MERCCKEL, 1981).

Como a compostagem é um processo aeróbico, na prática a umidade ideal deve ser manejada com base na capacidade de aeração da massa de compostagem. Ou seja, devem-se observar características físicas como porosidade e estrutura do material, sempre objetivando satisfazer à demanda microbiológica por oxigênio (PEREIRA NETO, 1998).

Teores de umidade abaixo de 40% limitam a atividade microbiana, podendo até interrompê-la. Por sua vez, teores acima de 65% podem tornar o ambiente anaeróbio, impedindo a ação de microrganismos aeróbios (KIEHL, 2001).

Ao longo do processo, caso a umidade se apresente elevada, devem ser realizados o revolvimento e o acréscimo de material seco. Se a umidade estiver baixa, faz-se a irrigação da leira (KIEHL, 2001).

4.5.4.3 Aeração

A aeração é o fator mais importante a ser considerado na decomposição da matéria orgânica, podendo influenciar outros parâmetros, como temperatura, velocidade da reação, umidade e velocidade da oxidação (KIEHL, 2004).

Quando se busca a compostagem como tratamento de resíduos orgânicos, procura-se oferecer um ambiente aeróbio para que os microrganismos se desenvolvam, diminuindo assim a emissão de GEE como o metano e o óxido nitroso (VALENTE *et al.*, 2009).

Como a compostagem é um processo aeróbio, precisando obrigatoriamente de oxigênio (O_2), torna-se necessário oxigenar o composto, a partir do qual é promovida a chegada de O_2 às várias camadas da pilha de compostagem (EPSTEIN, 2011), acelerando dessa maneira o processo aeróbico.

O revolvimento consiste em uma atividade importante durante todo o processo de compostagem, pois tem a função de aerar a leira, de modo a eliminar o calor excessivo ou reduzir a umidade excessiva. Existem diversas formas de aerar a leira, sendo as principais o revolvimento manual, o revolvimento mecânico e a injeção de ar (MASSUKADO, 2008).

O oxigênio é de vital importância para a oxidação biológica do carbono dos resíduos orgânicos, para que ocorra produção de energia necessária aos microrganismos que realizam a decomposição. Parte dessa energia é utilizada no metabolismo dos microrganismos, e o restante, liberado na forma de calor (MASSUKADO, 2008).

Uma compostagem mal conduzida pode levar à oxidação anaeróbia, acompanhada de putrefação e mau cheiro eliminado na atmosfera, na forma de ácido sulfídrico, mercaptanas (dimetildissulfeto, dimetilsulfeto, metilmercaptanas) e outros produtos contendo enxofre, todos com cheiro de “ovo podre” (KIEHL, 2004). Ainda, conforme Kiehl (2004), o processo aeróbio é caracterizado pela alta temperatura desenvolvida no composto, pelo menor tempo de degradação da matéria orgânica e pelas reações de oxidação e oxigenação que se dão no processo, conduzindo o substrato a ter no fim pH próximo de 7. O odor desagradável pode ser reduzido por revolvimento da leira, ou por outro meio de aeração, transformando o processo de anaeróbio para aeróbio.

No processo de compostagem se faz necessário revolver o material orgânico no mínimo três vezes por semana, para aumentar a porosidade do meio, que sofre compactação natural, por causa do próprio peso do resíduo; e homogeneizar o material, a fim de reduzir o teor de umidade e controlar a temperatura do processo. Os intervalos entre os períodos de aeração tendem a aumentar, já que a atividade microbiana vai diminuindo e a leira estabilizando-se, até atingir a temperatura ambiente (MASSUKADO, 2008).

4.5.4.4 Temperatura

A temperatura é um fator de grande importância no processo de compostagem, podendo ser considerada um potente indicador de eficiência do processo em relação à atividade dos microrganismos e à oxigenação (VALENTE *et al.*, 2009). Ela também pode indicar a qualidade do processo, além de ser de fácil monitoramento.

De acordo com Kiehl (2004), no processo de compostagem a atividade microbiológica atinge alta intensidade, provocando a elevação da temperatura no

interior das leiras, chegando a valores de até 65°C, ou mesmo superiores, em decorrência da geração de calor, pelo metabolismo microbológico de oxidação da matéria orgânica, que é exotérmico.

As diferenças de temperatura determinam quatro fases distintas no processo:

1. Mesofílica, em que predominam temperaturas moderadas (20 a 45°C), com duração de dois a cinco dias;
2. Termofílica, quando se atinge a temperatura máxima (45 a 65°C) e ocorre a máxima decomposição dos compostos orgânicos, com duração de três a vários dias. Elimina patógenos que possam existir na matéria compostada;
3. Resfriamento, quando a temperatura cai a níveis do ambiente;
4. Maturação, que consiste no período de estabilização do composto, quando ele se torna maduro e estabilizado (GUERMANDI, 2015; MASSUKADO, 2008).

Em cada fase, há o desenvolvimento de um ou mais grupos de microrganismos, que exercem diferentes funções de biodegradação da matéria orgânica (MASSUKADO, 2008).

4.5.4.5 Relação carbono/nitrogênio

A compostagem, para ser realizada perfeitamente, deve ter a relação carbono /nitrogênio (C/ N) alcançada. Esses elementos são essenciais para o processo, pois o carbono é fonte de energia para os microrganismos, e o nitrogênio, fundamental na síntese de proteínas. Os microrganismos somente degradam o carbono se existirem em quantidade suficiente (MASSUKADO, 2008).

Segundo Kiehl (1998), a relação inicial C/N recomendada deve ser de 25 a 35/1. O acompanhamento dessa relação durante a compostagem permite conhecer o andamento do processo, pois quando o composto atinge a semicura, ou bioestabilização, a referida relação situa-se em torno de 18/1, e quando atinge a maturidade, ou seja, transforma-se em produto acabado ou humificado, a relação gira em torno de 10/1.

Segundo Valente *et al.* (2009), a relação C/N não pode ser uniforme, sendo possível sua variação de acordo com as características do material a ser compostado.

Resíduos castanhos, ou palhosos, vegetais secos, grama seca, serragem são caracterizados como fonte de carbono. Já os resíduos verdes, legumes, cascas, verduras e resíduos fecais são fonte de nitrogênio, e é a dosagem de ambos os tipos de resíduos que determinará o equilíbrio C/N (BRIETZKE, 2016).

4.5.4.6 pH

No processo de compostagem os resíduos orgânicos usados são em sua maioria de matéria ácida. Dessa forma, a fase inicial da decomposição apresenta pH baixo e, à medida que o processo avança, os ácidos orgânicos e os minerais que se agrupam reagem com bases liberadas de matéria orgânica, formando compostos alcalinos, aumentando o pH do composto (VALENTE *et al.*, 2009).

No início do processo os níveis de pH se apresentam entre 5 e 6. Com o andamento, atingem valores de 6 a 8 (GUERMANDI, 2015).

Para a compostagem, níveis de pH em torno de 7 a 8 são considerados benéficos, pois podem ser usados para a correção de solos ácidos (PEREIRA NETO, 1996).

Segundo Valente *et al.* (2009), o fato de serem utilizados resíduos ácidos no processo de compostagem não resultará em problemas, pois reações químicas ocorrem e regulam a acidez, gerando um produto final com pH entre 7 e 8.

4.5.4.7 Tamanho das partículas: granulometria

O sucesso do processo de compostagem, por meio da decomposição da matéria orgânica, está relacionado à superfície específica do material a ser compostado (VALENTE *et al.*, 2009). Quanto menor a superfície das partículas (granulometria), maior será a superfície de degradação, e níveis ideais estão entre 1

e 5 cm, segundo Guermandi (2015). Se as partículas forem muito finas, pode ocorrer compactação excessiva; se forem muito grossas, devem ser trituradas (KIEHL, 2004).

O tamanho da partícula tem grande importância no processo de compostagem, pois, quanto menor a partícula do material a ser compostado, melhor será a atividade das bactérias aeróbias no substrato e, assim, maior será a área superficial de contato com o O_2 , favorecendo as reações químicas (BRIETZKE, 2016).

A legislação brasileira classifica os fertilizantes orgânicos, segundo a granulometria, em: granulado e mistura granulada, mistura de grânulos, microgranulado, pó, farelado fino, farelado e farelado grosso (BRASIL, 2009b).

4.6 ECOTOXICOLOGIA

A ecotoxicologia é a ciência que estuda os efeitos das substâncias químicas sobre os organismos vivos, podendo a resposta ser aguda ou crônica (diferindo na duração), sendo uma ferramenta auxiliar nas análises de impactos ambientais causados por tais elementos, estimando assim sua toxicidade em relação ao organismo teste utilizado (WALKER, 2006).

Um dos desafios da ecotoxicologia é identificar potenciais fontes de contaminantes no meio ambiente, bem como conhecer as possíveis interações, transformações e destino que esses contaminantes podem ter no ambiente para realizar a predição segura dos efeitos tóxicos que podem causar a diferentes ecossistemas (CASTRO, 2013).

Segundo Silva, Pompeu e Paiva (2015), para que uma pesquisa tenha confiabilidade maior sobre a toxicidade de seu objeto de estudo, é recomendável a utilização de mais de um organismo teste e, se possível, de níveis tróficos diferentes, pois os organismos possuem sensibilidade distinta a tais compostos.

4.6.1 Ensaios de toxicidade aguda e crônica

Os ensaios de toxicidade podem agudos e crônicos. No teste de toxicidade aguda, o objetivo é estabelecer a concentração de um contaminante que produz efeitos danosos a um organismo, em curto tempo de exposição, resultando em danos biológicos severos ou a morte. Geralmente, o efeito observado é a letalidade (SPADOTIM, 2015).

Já no teste de toxicidade crônica, avalia-se a resposta a um estímulo prolongado ou contínuo, por longo período de tempo, podendo abranger parte ou todo o ciclo de vida do organismo. Por meio desses testes, determina-se o potencial tóxico de um agente químico ou de uma mistura complexa, sendo os efeitos desses poluentes mensurados mediante a resposta de organismos vivos, que reagem de forma diferente para o mesmo composto (CARNIATO *et al.*, 2007).

Conforme Rand *et al.* (1995), os testes de toxicologia têm sido realizados com uma ampla variedade de espécies representativas de diferentes níveis tróficos. Em razão da grande quantidade e diversidade de espécies, a escolha do organismo a ser utilizado deve ser baseada em considerações específicas do problema a ser solucionado, pois não existe uma espécie que atenda a todos os requisitos para todos os ecossistemas.

Para o ecossistema terrestre, os principais organismos utilizados como bioindicadores são hortaliças como *Allium cepa* L. (cebola), *Lactuca sativa* (alface) e *Eruca sativa* (rúcula), no seu estágio de semente. Podemos citar como outros bioindicadores decompositores as minhocas *Eisenia fetida* e *Eisenia andrei*.

4.7 COMPOSTAGEM SOB A ÓTICA DA SAÚDE AMBIENTAL

Saúde ambiental é definida pelo Ministério da Saúde (BRASIL, 2005) como uma área da saúde pública que atua em relação ao conhecimento científico e à formulação de políticas públicas ligadas à interação entre a saúde humana e os fatores do meio ambiente natural e antrópico que a influenciam, com vistas a melhorar a qualidade de vida do ser humano, sob o ponto de vista da

sustentabilidade. Ela entende o impacto do ambiente sobre a saúde das populações e então previne e controla esse impacto, no intuito de reduzi-lo e/ou eliminá-lo. Nesse contexto, os resíduos sólidos, se não administrados de maneira consciente e sustentável, podem prejudicar a saúde humana e o meio ambiente.

A compostagem vem a ser uma forma de tratamento de resíduos orgânicos, que são gerados em grandes quantidades e causam sérios danos ao meio ambiente quando não tratados (BRIETZKE, 2016).

De acordo com Pereira Neto (1998), a compostagem destaca-se no processo de tratamento dos resíduos orgânicos por atender a todas as vantagens ambientais, como: diminuir a presença dos resíduos orgânicos no ambiente; reciclar nutrientes e energia, contribuindo para a economia dos recursos naturais; não exigir mão de obra especializada; requerer pouca energia externa e instalações simples e de baixo custo; ser aplicável a qualquer escala operacional; e produzir um fertilizante de grande aplicabilidade para a agricultura.

No âmbito da produção de alimentos em restaurantes, deve ser considerado um sistema de produção que seja viável para a saúde ambiental, de forma a assegurar e sustentar a qualidade de vida humana (ARAÚJO; MARTINS; CARVALHO, 2015), sendo o tratamento dos resíduos orgânicos parte fundamental nesse sistema de produção.

A preocupação maior no tocante à produção de refeições tem sido até agora centrada em medidas para evitar o desperdício dos alimentos depois de prontos, mas todas as etapas de produção são geradoras de resíduos, provocando grandes impactos ambientais, trazendo a responsabilidade aos administradores dos restaurantes e sua equipe de desempenhar ações socioambientais que contribuam para a gestão ambiental dos restaurantes (CORREA, 2014).

Para os restaurantes, é relevante ter ciência sobre os direcionamentos da PNRS, instituída pela Lei n.º 12.305/2010, onde o setor empresarial aparece também como responsável pela efetividade das ações estabelecidas nesta lei.

Como uma medida para que essas ações socioambientais aconteçam a educação ambiental é o método mais apropriado à sensibilização daqueles que ainda não perceberam que a responsabilidade ambiental é inerente a todo e qualquer cidadão, independentemente do papel exercido em casa, na empresa ou na sociedade (DOMITILLA; CASTILHO, 2013).

A implementação de intervenções educativas continuadas aos clientes no que se refere aos danos ambientais e sociais causados pelo desperdício de alimentos pode ser uma alternativa em potencial para a redução da geração de resíduos orgânicos por meio da conscientização (SILVÉRIO; OLTRAMARI, 2014).

5 METODOLOGIA

5.1 ABORDAGEM DA PROPOSTA

Esta pesquisa caracteriza-se como um estudo quantitativo e experimental. Para Lakatos e Marconi (2010), a análise quantitativa efetua-se com toda a informação numérica resultante da investigação que se apresentará como um conjunto de quadros, tabelas e medidas.

Segundo Gil (1999, p. 33), método experimental consiste essencialmente em submeter os objetivos de estudo à influência de certas variáveis, em condições controladas e conhecidas pelo investigador, para observar os resultados que a variável produz no objeto.

O sistema experimental ocorreu na área externa do restaurante, com os resíduos orgânicos gerados pelo estabelecimento, com três tratamentos e três repetições com duração de três meses, para a avaliação física e química do composto gerado por meio do processo de compostagem dos três diferentes tipos de composto. Para tanto, foi determinada a melhor composição da fração orgânica dos resíduos sólidos do ponto de vista econômico, técnico e ambiental.

5.2 LOCAL DO ESTUDO

O estudo foi realizado em um restaurante localizado em uma universidade privada da cidade de Joinville (SC), que serve em torno de 350 serviços ao dia, com cafeteria, bufê de almoço e café da tarde, no sistema de bufê por quilo e livre.

O estabelecimento alimentício foi inaugurado no dia 7 de julho de 2007 e atende ao público da universidade e ao público externo. Seu horário de atendimento vai das 8 às 22h, de segunda a sexta-feira, e aos sábados, das 8 às 14h30.

O restaurante (Figura 4) possui 350 m² de área construída e 150 m² de área de jardim.

Figura 4 – Área externa do restaurante



Fonte: primária

A compostagem foi feita em local de fácil acesso, nos fundos do restaurante, à distância de 20 m da edificação, diretamente sobre o solo, plano e em campo aberto, sendo utilizada uma lona para cobri-la em dias de chuva. O local possui ao fundo vegetação com diversas plantas e árvores. Também existe uma horta nas proximidades, em que são cultivados principalmente temperos para uso do restaurante no preparo dos alimentos.

5.3 QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS

Com base no estudo de Alves e Ueno (2015), os resíduos orgânicos e não orgânicos foram quantificados durante cinco dias por setores dentro da área do restaurante. Eram os setores: área de pré-preparo, área da cozinha quente, área de devolução de pratos e área de descartáveis. Determinaram-se responsáveis pela pesagem do material, os quais foram treinados pela pesquisadora. A pesagem foi realizada em balança com capacidade mínima de 2 kg e máxima de 200 kg da marca Toledo, sob supervisão.

Após a pesagem, os dados foram transcritos em uma planilha do *software* Excel (Microsoft). Nela se transcreveram o peso dos resíduos orgânicos e dos recicláveis por área e o número de refeições servidas no dia, para melhor

visualização e entendimento, com o objetivo de identificar o potencial de geração de composto, o porquê da separação por áreas e também o peso de resíduos gerados por comensal, para comparação com a literatura atual.

5.4 PROCESSO DE COMPOSTAGEM

5.4.1 Período

O processo de compostagem foi realizado no período de setembro de 2016 a novembro de 2017, com três tratamentos, cuja durabilidade era de 90 dias cada um, e três repetições.

O primeiro ensaio ocorreu de setembro de 2016 a dezembro de 2016; o segundo ensaio, de fevereiro de 2017 a maio de 2017; e o terceiro ensaio, de agosto de 2017 a novembro de 2017.

5.4.2 Resíduos

Os resíduos orgânicos foram coletados de três diferentes áreas, constituindo três fontes distintas: área de pré-preparo, área da cozinha quente e área de devolução dos pratos. Depois, esses resíduos foram pesados e picados à mão usando um facão, conforme Massukado (2008). Aplicou-se, quando necessário, o critério de exclusão de não utilizar gorduras, ossos nem carnes. Descartou-se a gordura pela possibilidade de compactação das leiras, e o restante (especialmente as carnes), por atrair animais como roedores, gatos e cachorros.

Os resíduos de jardinagem foram coletados pela equipe de manutenção da universidade. Utilizaram-se folhas, restos de podas de árvores e grama, que também foram pesados e picados à mão, usando um facão quando preciso.

5.4.3 Montagem

O sistema utilizado na compostagem foi o de leiras revolvidas, descrito por Kiehl (2012). As dimensões utilizadas para a montagem das leiras foram: 1,2 m de comprimento, 1 m de altura e 1 m de largura.

A primeira leira (composteira A) foi alimentada por resíduos exclusivos da área de pré-preparo, como cascas de verduras e frutas, cascas de ovos, restos de verduras, legumes e grãos, além de resíduos de jardinagem.

Na segunda leira (composteira B) colocou-se resíduos da área de cozinha quente e sobras de pratos, por exemplo, restos de alimentos de forma geral, arroz, feijão, molhos, massas, legumes, verduras, cascas de ovos, bem como os resíduos de jardinagem.

Já a terceira leira (composteira C) alimentou-se com resíduos tanto da área de pré-preparo como da área de cozinha quente e sobras de pratos do bufê, e também os resíduos de jardinagem.

Como regra geral, para cada porção de resíduos úmidos derivados dos alimentos colocada na composteira, duas porções de matéria seca, derivada da jardinagem, eram necessárias (BRASIL, 2017a).

Todos os resíduos orgânicos foram triturados em partículas em torno de 5 cm (KIEHL, 2012).

Em todas as leiras, primeiramente foi colocada uma camada de grama, com a intenção de conter melhor os resíduos, seguida do resíduo orgânico, e por último se adicionou outra camada de grama para evitar o ressecamento dos resíduos conforme é possível verificar na (Figura 5).

Figura 5 – Leiras do ensaio 1: composteira A) pré-preparo; composteira B) cozinha; composteira C) pré-preparo + cozinha + Sobras de prato



Fonte: primária

Foram feitas camadas, intercalando os resíduos por 8 dias, até se completar a altura ideal da leira, que deve ter de 1 a 1,3 m, de acordo com Kiehl (2012), na proporção exibida na Tabela 1.

Tabela 1 – Ensaio 1: quantidade de resíduos por composteira

Ensaio 1	Peso (kg)	Peso (kg)	Peso (kg)	Peso (kg)	Peso (kg)	Peso (kg)	Peso (kg)	Peso (kg)	Peso (kg)
Composteira A	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7	Dia 8	Total
Resíduo orgânico	18,1	18	17	20	16,2	20,3	14,8	17,5	141,9
Jardinagem	10	10	10	10	10	10	10	10	80
Composteira B									
Resíduo orgânico	12	7	9	10,3	6,8	9,8	10,3	9,5	74,7
Jardinagem	7,5	5	7,5	7,5	5	7,5	7,5	7,5	55
Composteira C									
Resíduo orgânico	13,1	12,2	13,8	10	9,5	10	8,1	11,2	87,9
Jardinagem	10	7,5	10	7,5	7,5	7,5	5	7,5	62,5

Fonte: primária

Nas Figuras 6 e 7 se observa a composteira em seu processo de evolução, no período de montagem, já recebendo os resíduos e evoluindo em altura.

Figura 6 – Composteira recebendo os resíduos: ensaio 1



Fonte: primária

Figura 7 – Composteiras durante o processo de montagem: ensaio 1



Fonte: primária

Para o ensaio 2, que aconteceu de fevereiro a maio de 2017, seguiu-se o mesmo processo: foram feitas camadas, intercalando os resíduos por 8 dias, até se completar a altura ideal da leira, nas proporções apontadas pela Tabela 2.

Tabela 2 – Ensaio 2: quantidade de resíduos por composteira

Ensaio 2	Peso (kg)	Peso (kg)	Peso (kg)	Peso (kg)	Peso (kg)	Peso (kg)	Peso (kg)	Peso (kg)	Peso (kg)
Composteira A	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7	Dia 8	Total
Resíduo orgânico	8	7	6,6	9	9	8	11	13	71,6
Jardinagem	4	4	4	4	4	4	4	4	32
Composteira B									
Resíduo orgânico	8	2,4	3,8	3	6	5	7,2	6	41,4
Jardinagem	3	1,5	1,5	1,5	2	2	3	2	16,5
Composteira C									
Resíduo orgânico	8	9	4	6	7,1	6,5	8	8	56,6
Jardinagem	3	3	1,5	1,5	3	2	3	3	20

Fonte: primária

Para o ensaio 3 realizado de agosto a novembro de 2017, os valores estão na Tabela 3.

Tabela 3 – Ensaio 3: quantidade de resíduos por composteira

Ensaio 3	Peso (kg)	Peso (kg)	Peso (kg)	Peso (kg)	Peso (kg)	Peso (kg)	Peso (kg)	Peso (kg)	Peso (kg)
Composteira A	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7	Dia 8	Total
Resíduo orgânico	9,1	9,8	12	19	13,6	12	8	10	93,5
Jardinagem	4	4	5	7	5	5	3,5	5	38,5
Composteira B									
Resíduo orgânico	2,6	5	4	5	2,5	4,5	3	5	31,6
Jardinagem	1,5	2	1,5	1,5	1	2	1	1,5	12
Composteira C									
Resíduo orgânico	6	11	11	12,3	8,5	10	6,5	8,5	73,8
Jardinagem	3	5	5	5	3	4	3	3,5	31,5

Fonte: primária

5.4.4 Manejo

A aeração do sistema foi feita por meio de revolvimento manual, utilizando-se uma pá. O primeiro revolvimento ocorreu uma semana após o preenchimento das leiras. Depois dele, repetiu-se o procedimento três vezes por semana, diminuindo-se a frequência no decorrer do processo, chegando a uma vez por semana até o último dia.

5.5 PARÂMETROS FÍSICOS

5.5.1 Temperatura

A temperatura do composto foi aferida semanalmente com termômetro de mercúrio com graduação de 1 a 100°C. O termômetro foi inserido no centro de cada composto até a estabilização da temperatura, ou seja, esta igualar-se à temperatura ambiente, seguindo estudo de França *et al.* (2014).

5.5.2 Umidade

O teste de umidade foi realizado no fim do processo de maturação do composto, em triplicata, no Laboratório de Biotecnologia da Universidade da Região de Joinville (Univille), conforme procedimento da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 1997), para avaliação da umidade de substâncias orgânicas, da seguinte forma:

1. Pesou-se uma quantidade de amostras em recipiente (cadinho) de peso conhecido utilizando uma balança analítica de precisão (Figura 8);

Figura 8 – Balança analítica, usada no teste de umidade.



Fonte: primária

2. Os cadinhos foram para a estufa a 100°C por 24 horas (Figura 9);

Figura 9 – Estufa contendo as amostras utilizada no teste de umidade



Fonte: primária

3. Retirados da estufa utilizando uma pinça, os cadinhos foram colocados em dessecador até resfriar;
4. Os compostos A, B e C dos três ensaios foram postos um a um nos cadinhos e pesados;
5. Eles voltaram então à estufa a 100°C, por mais 24 horas;

6. Retiraram-se então as amostras uma a uma da estufa com uma pinça, colocando-as no dessecador até o resfriamento;
7. Pesaram-se então as amostras secas.

A umidade foi calculada pela Equação (1), segundo método da Embrapa (1997):

$$U\% = \frac{100 (G1 - G2)}{G1} (1)$$

Em que:

G1 = peso da amostra in natura em gramas

G2 = Peso da mostra secada a 100°C em gramas

5.5.3 Granulometria

Os ensaios de granulometria foram realizados no Laboratório de Solos da Univille, de acordo com a norma da Embrapa (1997), para a determinação da granulometria de substâncias orgânicas, com base no estudo feito por Massukado (2008). Para os ensaios, seguiram-se os seguintes passos:

1. Coletaram-se aproximadamente 250 gramas da amostra;
2. Homogeneizaram-se as amostras até obter a quantidade de cerca de 100 gramas para cada uma;
3. As amostras foram secadas em estufa por 24 horas a 100°C;
4. Retiraram-se as amostras da estufa para resfriamento à temperatura ambiente;
5. As amostras foram agitadas mecanicamente por 10 minutos em equipamento vibrador apropriado para o ensaio (Figura 10), utilizando as peneiras NBR 4,75, ABNT 8, ABNT 12, NBR 32, NBR 53, NBR 90;
6. Pesou-se o material retido em cada peneira.

Com as porcentagens obtidas, classificou-se o composto em granulado, pó, farelado e farelado grosso, de acordo com a IN n.º 23/2005 (BRASIL, 2009b).

Figura 8 – Equipamento vibrador utilizado para agitar a amostra para o teste de granulometria



Fonte: primária

5.6 PARÂMETROS QUÍMICOS

As análises químicas foram realizadas em laboratórios terceirizados e no Laboratório de Biotecnologia e Ecotoxicologia da Univille. Foi utilizada como base para os parâmetros a serem analisados a Lei federal n.º 6.894, de 16 de dezembro de 1980 (BRASIL, 1980), a qual é regulamentada pelo Decreto n.º 4.954, de 14 de janeiro de 2004, e representado pela IN n.º 25, de 23 de julho de 2009. A IN n.º 25 traz no anexo III da resolução as especificações para a produção e comercialização de fertilizantes orgânicos simples, mistos e compostos e os limites de parâmetros como: umidade, nitrogênio total, carbono orgânico, relação C/N e outros nutrientes (BRASIL, 2009b).

A especificação dos fertilizantes orgânicos mistos e compostos para o composto da classe C é verificada na Tabela 4.

Tabela 4 – Especificação dos fertilizantes orgânicos mistos e compostos para o composto da classe C, com umidade determinada a 65°C

Garantia	Fertilizante orgânico classe C
Umidade (máxima)	50%
Nitrogênio total (mínimo)	0,5%
Carbono orgânico (mínimo)	15%
pH (mínimo)	6
Relação C × N (máxima)	20

Fonte: Brasil (2009b)

Foram analisados ainda os parâmetros listados na Tabela 5, de acordo com os estudos de Marques Neto e Schalch (2010), Massukado (2008) e Guermandi (2015) e as IN n.º 25/2009 (BRASIL, 2009b) e IN n.º 27/2006 (BRASIL, 2006).

Tabela 5 – Parâmetros químicos analisados e metodologia de análise empregada

Parâmetros	Unidade de medida	Metodologia
Umidade	%	Embrapa (1997)
Granulometria		Embrapa (1996)
pH		Embrapa (1997)
Carbono orgânico total	mg/kg	POP PA 182 (Ver. 2)
Nitrogênio orgânico total	mg/kg	POP 019 (Ver. 11)
Relação C × N	mg/kg	
Alumínio	mg/kg	EPA 3050B (1996), POP 371 (Ver. 4) e POP 372 (Ver. 3)
Arsênio	mg/kg	EPA 3050B (1996), POP 371 (Ver. 4) e POP 372 (Ver. 3)
Cádmio	mg/kg	EPA 3050B (1996), POP 371 (Ver. 4) e POP 372 (Ver. 3)
Cálcio	mg/kg	EPA 3050B (1996), POP 371 (Ver. 4) e POP 372 (Ver. 3)
Chumbo	mg/kg	EPA 3050B (1996), POP 371 (Ver. 4) e POP 372 (Ver. 3)
Magnésio	mg/kg	EPA 3050B (1996), POP 371 (Ver. 4) e POP 372 (Ver. 3)
Mercurio	mg/kg	EPA 3050B (1996), POP 371 (Ver. 4) e POP 372 (Ver. 3)
Potássio	mg/kg	EPA 3050B (1996), POP 371 (Ver. 4) e POP 372 (Ver. 3)
Coliformes totais	NMP/g	SMWW (22. ed.), Método 9221 A, B e C
<i>Salmonella spp.</i>	UFN/g	ISO 6579:2002

Fonte: primária

5.6.1 pH

A determinação do pH foi realizada utilizando-se a metodologia baseada no procedimento da Embrapa (1997), no Laboratório de Biotecnologia da Univille:

1. Colocaram-se 10 mL de solo em copo plástico de 100 mL numerado;
2. Adicionaram-se 20 mL de água destilada;
3. Agitou-se a amostra em agitador magnético (Figura 11) por 15 minutos;
4. A amostra foi deixada em repouso por 30 minutos;

5. Mergulhou-se o eletrodo na suspensão homogeneizada;
6. Procedeu-se à leitura do pH com uma sonda de pH (Figura 12).

Figura 9 – Agitador magnético, no teste de pH com as amostras dos ensaios



Fonte: primária

Figura 10 – Sonda utilizada para leitura do pH nos ensaios com as amostras



Fonte: primária

5.6.2 Cálculo da relação C/N

O cálculo da relação C/N foi feita por meio dos dados obtidos da concentração de carbono e nitrogênio nas amostras em análises realizadas por laboratório terceirizado.

5.7 PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS

As análises microbiológicas foram realizadas em laboratório terceirizado, onde foram avaliados coliformes totais e *Salmonella spp.*, de acordo com o método determinado pelo laboratório: SMWW (22. ed.), Método 9221 A, B e C e ISO 6579:2002, respectivamente.

5.8 ENSAIO DE TOXICIDADE

O ensaio de toxicidade crônica foi realizado no Laboratório de Ecotoxicologia da Univille por meio do método de ensaio com rúcula. As sementes são excelentes indicadores para realização de ensaios, pois possuem ciclo de vida curto e quando são reidratadas elas entram em processo de germinação, onde sofrem rápidas mudanças fisiológicas e tornam-se altamente sensíveis ao estresse ambiental (COSTA, 2010).

O Ensaio foi descrito por Costa (2010), conforme os seguintes passos:

1. Obteve-se o extrato solubilizado mediante o processo detalhado na NBR 10006/2004 (ABNT, 2004b) – procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos;
2. Colocou-se uma amostra de 250 gramas de resíduo em um frasco de 1.500 mL (Figura 13).

Figura 11 – Ensaio de solubilização



Fonte: primária

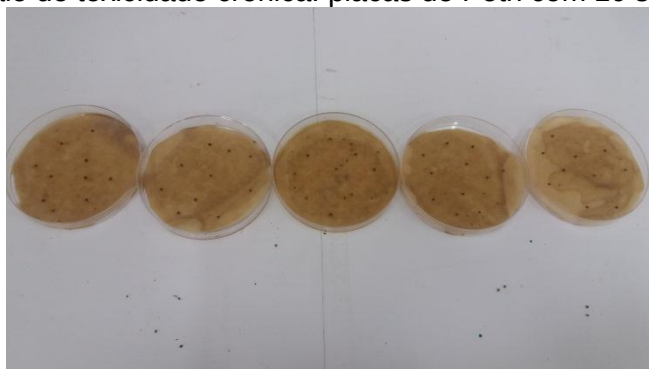
3. Adicionou-se o volume necessário de água deionizada para completar 1.000 mL;
4. Agitou-se a amostra em baixa velocidade por 5 minutos;
5. Cobriu-se o frasco com plástico filme de policloreto de vinila (PVC);
6. O frasco foi deixado em repouso por 7 dias, em temperatura até 25°C;
7. Filtrou-se a solução com aparelho de filtração guardado com membrana filtrante com 0,45 µm de porosidade;
8. Definiu-se o filtrado obtido com o extrato solubilizado.

Em seguida, foi realizado o ensaio com sementes de rúcula (*Eruca sativa*), descrito por Costa (2010). Ele se deu com cinco réplicas para cada diluição de cada amostra, das composteiras A, B e C e dos ensaios 1, 2 e 3. As sementes foram acondicionadas em placas de Petri, contendo dois discos de papel-filtro, e embebidas com a amostra, na proporção de três vezes o peso seco do papel usado no substrato. Foram colocadas 10 sementes espaçadas em cada placa, conforme Figura 14.

Para o controle negativo, foi utilizada uma solução teste com água destilada. Os testes ficaram em temperatura de 4 a 20°C e fotoperíodo de 8 horas de luz e 16 horas de escuro. Após 7 dias, as sementes foram retiradas das placas e feitas as seguintes avaliações: germinação das sementes, alongamento da raiz e tamanho do corpo da planta.

Os testes com *E. sativa* não possuem padronização específica. Portanto, ocorreram seguindo orientações disponíveis nas Regras para Análise de Sementes do Mapa (BRASIL, 2009a).

Figura 12 – Ensaio de toxicidade crônica: placas de Petri com 10 sementes de rúcula



Fonte: primária

A germinação relativa das sementes foi determinada pela Equação (2), que leva em conta as sementes germinadas no experimento e as sementes germinadas no controle negativo. Foram consideradas sementes germinadas aquelas que apresentaram medida igual ou superior a 2 mm.

$$\%G = (SGaSGc) \times 100 \quad (2)$$

Em que:

%G = porcentagem de germinação relativa das sementes;

SGa = número total de sementes germinadas na amostra;

SGc = número total de sementes germinadas no controle.

No tocante ao alongamento da raiz, efetuou-se um cálculo a partir da média das raízes das sementes germinadas com relação a média das raízes das sementes germinadas no controle, por meio da Equação (3):

$$\%R = (MRaMRc) \times 100 \quad (3)$$

Em que:

%R = porcentagem de alongamento da raiz;

MRa = média do alongamento da raiz nas sementes germinadas na amostra;

MRc = média do alongamento da raiz nas sementes germinadas no controle.

O índice de germinação, por sua vez, é dado mediante a junção das duas equações anteriores (2 e 3), no que se refere às medidas de germinação relativa das sementes no controle com o alongamento da raiz no controle, obtendo assim a Equação (4):

$$IG = (\%G) \times (\%R)100 \quad (4)$$

A Figura 15 apresenta o ensaio de toxicidade com rúcula mostrando as sementes de rúcula germinadas, o corpo da planta e a raiz das amostras durante o ensaio de toxicidade.

Figura 13 – Ensaio de toxicidade crônica com sementes de rúcula (*Eruca sativa*)



Fonte: primária

5.9 CARTILHA DE COMPOSTAGEM DOMÉSTICA

Desenvolveu-se neste projeto uma cartilha de compostagem doméstica para orientar os usuários do restaurante sobre o processo de compostagem, como uma forma de sensibilizá-los a se envolverem com a gestão de resíduos sólidos que são gerados por eles todos os dias e atender à política de sustentabilidade da empresa. Meira *et al.* (2003) criaram um manual de compostagem com o objetivo de estimular a comunidade universitária a incorporar valores e atitudes ambientalmente adequados.

A cartilha foi elaborada para que fosse simples e dinâmica, de fácil compreensão, com uso de figuras ilustrativas. Ela foi entregue aos usuários do restaurante em ação realizada durante o atendimento.

5.10 ANÁLISE DE DADOS ESTATÍSTICOS

Fez-se a análise de variância com apenas um fator, usando como repetições os ensaios e as composteiras.

Foram realizados os testes *a posteriori* de Tukey quando o valor apresentou significância de 0,05. As análises foram realizadas pelo programa Statistics 10.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS

A quantificação dos resíduos gerados pelo restaurante realizada nos dias 23, 24, 25, 30 e 31 de maio de 2016 apresentou os resultados descritos na Tabela 6.

Tabela 6 – Quantidade de resíduos gerados pelo restaurante

Data	Resíduo orgânico pré-preparo (kg)	Resíduo orgânico cozinha (kg)	Resíduo orgânico pratos (kg)	Total de resíduos orgânicos (kg)
23/5/2016	26	15,2	4,9	46,1
24/5/2016	25	10,1	4,7	39,8
25/5/2016	20,74	14	5,7	40,44
30/5/2016	21,2	16,5	6,2	43,9
31/5/2016	20	11,15	5,6	36,75
Total	112,94	66,95	27,10	206,99
Total	54,56%	32,34%	13,09%	100%

Fonte: primária

Por meio dos dados da Tabela 6, foi possível identificar que a área que gerou maior volume de resíduos foi a de pré-preparo. Os resíduos foram gerados pela retirada de cascas, partes não comestíveis e partes impróprias para o consumo em razão da qualidade do alimento.

Viu-se ainda que em média 54% dos resíduos orgânicos gerados no restaurante são da área de pré-preparo dos alimentos. O que pode diferenciar esse volume de um dia para o outro é o tipo de preparação, pois alguns alimentos geram maior quantidade de cascas, ou a forma como foram manipulados pelo responsável, além de também haver a influência da qualidade do alimento utilizado.

Pela análise do processo produtivo para quantificação dos resíduos, Venzke (2006) concordou com o achado desta pesquisa, afirmando que a etapa chamada pelo autor de higienização dos alimentos de origem vegetal, ou seja, etapa de pré-preparo, é a que mais gera resíduos orgânicos. Esse é o processo em que os

alimentos são selecionados, descascados, higienizados e cortados, ficando prontos para serem consumidos crus ou para o processo de cocção.

Puderam-se observar nos dias da pesagem desperdícios no momento da higienização de hortaliças folhosas, pelo fato de estas serem recebidas diariamente, mas serem utilizadas no dia seguinte, perdendo qualidade apesar do curto espaço de tempo.

Para esse acompanhamento de desperdício, existem tabelas de fator de correção dos alimentos, como as de Silva e Martinez (2008) e Ornellas (2001), que representam a previsão de perdas dos alimentos durante o pré-preparo.

Os resíduos da cozinha foram compostos principalmente de cascas de legumes, aparas de carne, farináceos, cascas de ovos e sobras de alimentos, em geral do bufê quente. Nessa área foram encontrados volumes menores de resíduos orgânicos se comparados à área de pré-preparo, conforme dados da Tabela 6.

A Tabela 6 ainda mostrou que os resíduos orgânicos dos pratos foram os de menor volume. Neles eram encontrados restos de alimentos em geral, com grande quantidade de carnes.

De acordo com Abreu *et al.* (2011), o desperdício de alimentos, quando existente, pode ser atribuído a três fatores: fator de correção, sobras (excedentes de alimentos produzidos e não distribuídos) e restos (alimentos distribuídos e não consumidos).

O planejamento é primordial para a redução do desperdício. O profissional de nutrição que atua nos restaurantes tem essa responsabilidade, planejando um cardápio adequado, a compra das quantidades corretas e de produtos oriundos de fornecedores de qualidade, o armazenamento adequado, o acompanhamento do processo, o treinamento da equipe de trabalho e a distribuição do alimento pronto. Sua interação com o cliente também é fundamental, assim como o acompanhamento diário das sobras.

Os alimentos não utilizáveis deveriam ser tratados como matéria-prima de alto poder nutritivo, podendo ser utilizados então no processo de compostagem, valorizando assim a fração orgânica dos resíduos do restaurante e eliminando a geração de subprodutos indesejáveis resultantes da decomposição desses resíduos.

A Tabela 7 mostra o volume de resíduo orgânico total gerado e o número de refeições por dia, o que nos dá a *per capita* de resíduo orgânico gerada por comensal que frequentou o restaurante.

Tabela 7 – Volume de resíduo orgânico total

Data	Resíduo orgânico total (kg)	Número de refeições	Per capita por refeição (kg)
23/5/2016	46,1	220	0,209545455
24/5/2016	39,8	195	0,204102564
25/5/2016	40,44	195	0,207384615
30/5/2016	43,9	210	0,209047619
31/5/2016	36,75	219	0,167808219
Média	41,39	207,8	0,199577694

Fonte: primária

Com base nas informações da Tabela 7, foi identificada a geração de 200 g em média de resíduo orgânico por refeição servida no restaurante. No estudo de Alves e Ueno (2015) realizado em uma UAN, a quantidade média de resíduo sólido orgânico gerada por refeição/dia foi de 151 g.

Já Lafuente Júnior (2012) desenvolveu uma pesquisa em um restaurante comercial da cidade de Santos (SP) em que a geração de resíduo sólido orgânico por comensal foi de 351 g.

Os dados da Tabela 7 e os da literatura reforçam a possibilidade de gerenciamento e planejamento voltados para a sustentabilidade, tais como campanhas internas e para os clientes sobre desperdício. Ficaria assim para a compostagem apenas o que ainda pode ser considerado como resíduo nos processos do restaurante, sempre com o olhar da melhoria contínua.

A Tabela 8 apresenta as quantidades de sobras de resíduos orgânicos nos pratos dos comensais.

Tabela 8 – Sobras de resíduos orgânicos nos pratos

Data	Resíduos dos pratos (kg)	Número de Refeições	Per capita por refeições (kg)
23/5/2016	4,9	220	0,022272727
24/5/2016	4,7	195	0,024102564
25/5/2016	5,7	195	0,029230769
30/5/2016	6,2	210	0,002952381
31/5/2016	5,6	219	0,025570776
Média	5,42	207,8	0,020825843

Fonte: primária

Em relação às sobras de resíduos orgânicos descartadas nos pratos, chamados de resto-ingesta desses comensais, obteve-se a média de 26 g *per capita*.

Gomes e Jorge (2012) encontraram em seu estudo em um restaurante comercial a *per capita* de 20 g por comensal, acreditando que essa quantidade estava ligada à sensação de pagar pelo alimento e sentir o prejuízo no bolso por conta do desperdício. Segundo Abreu, Spinelli e Zanardi (2003), em restaurantes com serviço *self-service*, onde as refeições são pagas pelo peso, não há restos, revelando que o cliente sabe a quantidade que consegue comer. No restaurante averiguado aqui existe a forma de bufê por peso e também bufê livre. Possivelmente, este último eleve a *per capita* de sobras nos pratos, no entanto esses dados não foram coletados para este estudo.

Na pesquisa de Alves e Ueno (2015), a média *per capita* dos resíduos dos pratos dos comensais foi de 49 g, e foi observado em dois dias o uso de frutas como mamão e melancia como sobremesa, o que elevou o descarte de resíduos.

O CFN (2006) expressa o percentual aceitável de resto-ingesta, ou sobras nos pratos, com taxas inferiores a 10%.

Para Abreu *et al.* (2011), não existe percentual ideal de sobras; cada restaurante deve criar o seu padrão. Já Vas (2006) admite como aceitáveis valores de 7 a 25 g por comensal.

Dentro da política da Empresa de satisfação dos clientes, um importante sinal de qualidade do que está sendo servido e da aceitação do cliente se reflete nas sobras dos pratos, sendo considerado sim uma forma de mensurar a satisfação do cliente quanto a alimentação servida.

6.2 SEPARAÇÃO DOS RESÍDUOS, MONTAGEM E MANEJO DAS COMPOSTEIRAS

A separação dos resíduos ocorreu normalmente, pois os funcionários do restaurante já separavam os resíduos orgânicos dos não orgânicos em cada uma das áreas do processo. Houve certa dificuldade no momento de picar os resíduos, porque suas partículas tinham tamanhos maiores que o indicado para o processo –

os níveis ideais estão entre 1 e 5 cm, segundo Guermandi (2015). Esse processo foi feito manualmente, com uso de facão, o que acarretou mais tempo do que o normalmente empregado pelo restaurante para essa atividade, ficando ainda mais dificultoso quando na presença de alimentos como melancia, beterraba e laranja.

Durante o processo de montagem das leiras de compostagem, viu-se variação das quantidades de resíduos geradas pelo restaurante, já que as leiras foram feitas em épocas diferentes, com oscilação do número de refeições servidas e dos tipos de preparação.

A Tabela 9 apresenta as quantidades de resíduos usadas, orgânicos e de jardinagem, para a montagem das leiras nos três ensaios.

Tabela 9 – Quantidade de resíduos nos três ensaios

Quantidade de resíduos (kg)				
Composteira	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Média
Composteira A	123,2	103,6	132	119,6
Composteira B	79,2	57,9	43,6	60,23
Composteira C	85,7	86,6	105,3	92,53

Fonte: primária

As composteiras tiveram variações de 1 a 1,5 m de altura por causa da variação da quantidade de resíduos em cada composteira, afinal a composteira A continha somente resíduos da área de pré-preparo, que geram maior volume; a B, resíduos de cozinha, que geram menor volume; e a C, a mistura dos dois tipos de resíduos.

Os resíduos de jardinagem utilizados como fonte de carbono sempre estavam à disposição, uma vez que o *campus* universitário no qual se localiza o restaurante possui uma área verde bastante extensa. Após o preenchimento das leiras, o processo foi acompanhado diariamente, observando-se a decomposição dos resíduos e sua evolução.

As composteiras não geraram odores significativos, e a presença de vetores tampouco se mostrou significativa. Em alguns dias, as composteiras, durante os ensaios 1 e 2, estavam um pouco bagunçadas e com buracos em razão da presença de gatos no local no período.

As leiras foram revolvidas para fornecimento de oxigênio pela primeira vez após uma semana do início do processo, com o uso da pá, conseguindo-se observar

os diferentes resíduos e também o calor gerado nas leiras. A cada revolvimento, notava-se a diminuição das leiras pela decomposição dos resíduos.

As leiras foram feitas a céu aberto e, quando havia indícios de mau tempo, eram então cobertas por uma lona.

6.3 PARÂMETROS FÍSICOS DO ACOMPANHAMENTO DAS COMPOSTEIRAS

6.3.1 Temperatura

O monitoramento da temperatura nas composteiras é um fator muito importante para o acompanhamento do processo, por ser simples, de fácil execução e considerado um indicador do equilíbrio biológico e de sua eficiência. Fez-se o acompanhamento da temperatura em todas as leiras, uma vez por semana, até que elas atingissem temperatura ambiente e estável.

Os Gráficos 1, 2 e 3 apresentam os dados de temperatura das composteiras nos ensaios 1, 2 e 3.

Gráfico 1 – Monitoramento de temperatura nas composteiras A, B e C do ensaio 1

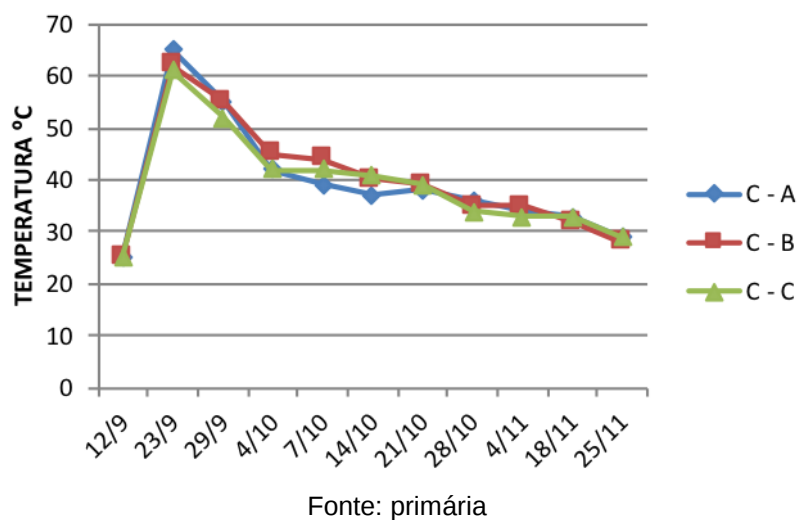
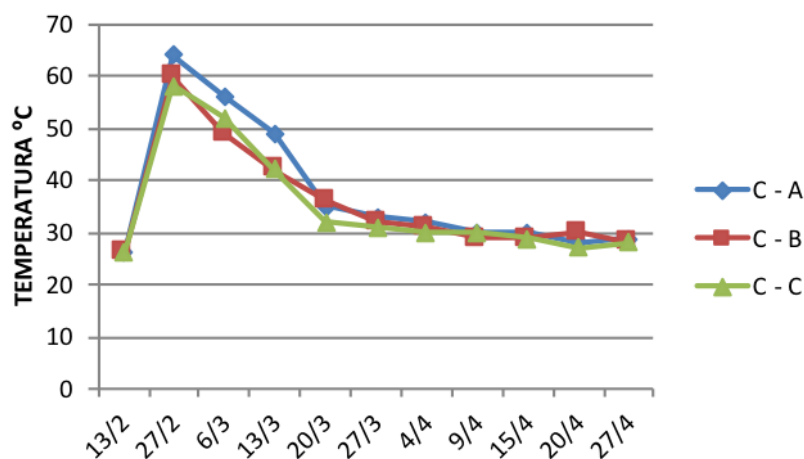
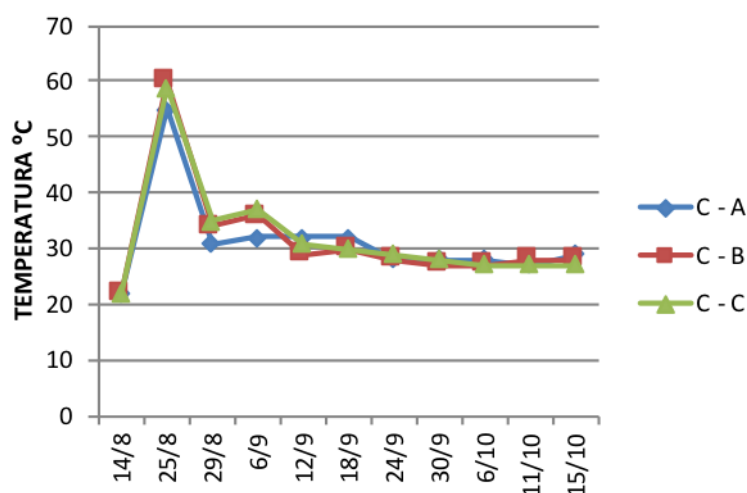


Gráfico 2 – Monitoramento de temperatura nas composteiras A, B e C do ensaio 2

Fonte: primária

Gráfico 3 – Monitoramento de temperatura nas composteiras A, B e C do ensaio 3

Fonte: primária

Nos três ensaios as temperaturas demonstraram equivalência, tendo nos primeiros dias acentuado aumento, declinando aos poucos até se manter próximas à temperatura ambiente.

Nas nove composteiras, verificou-se que a maioria alcançou temperaturas em torno de 65°C ou manteve-se na fase termofílica, entre 45 e 65°C, por 20 dias aproximadamente.

Foram observadas as quatro fases de temperatura durante o processo: nos primeiros dias, a fase mesofílica, com o aumento da temperatura; em seguida a fase termofílica, em que a temperatura se manteve entre 35 e 65°C por cerca de 20 dias;

e por fim se iniciou a redução da temperatura, começando a fase de resfriamento e maturação e ficando à temperatura constante, em média 30°C.

As leiras apresentaram valores compatíveis com os de estudos como Fialho (2007), França *et al.* (2014) e Guermandi (2015).

O aumento das temperaturas assegura a evolução do processo e é consequência da ação dos microrganismos sobre os resíduos, segundo Fialho (2007).

As leiras atingiram as temperaturas entre 50 e 55°C, o que assegura a eliminação de patógenos, conforme Kiehl (2004). Com valores acima disso, o calor limita as populações aptas, ocasionando o decréscimo da atividade biológica.

Temperaturas abaixo de 20°C ou acima de 60°C tornam a decomposição muito lenta. Para Liang *et al.* (2003), valores ótimos de temperatura, baseados na máxima decomposição de resíduos, devem estar na faixa de 50 a 60°C. Todas as leiras alcançaram essas temperaturas na fase termofílica.

6.3.2 Umidade

Os teores de umidade nos três ensaios ficaram entre a faixa de 48,76 a 78,23%, apresentando grande variação, como mostra a Tabela 10.

Tabela 10 – Teor de umidade nos ensaios 1, 2 e 3 nas composteiras A, B e C

	E-1	E-1	E-1	E-2	E-2	E-2	E-3	E-3	E-3
	C-A	C-B	C-C	C-A	C-B	C-C	C-A	C-B	C-C
Umidade (%)	55,14	48,76	49,24	78,23	75,86	77,43	66,68	60,66	64

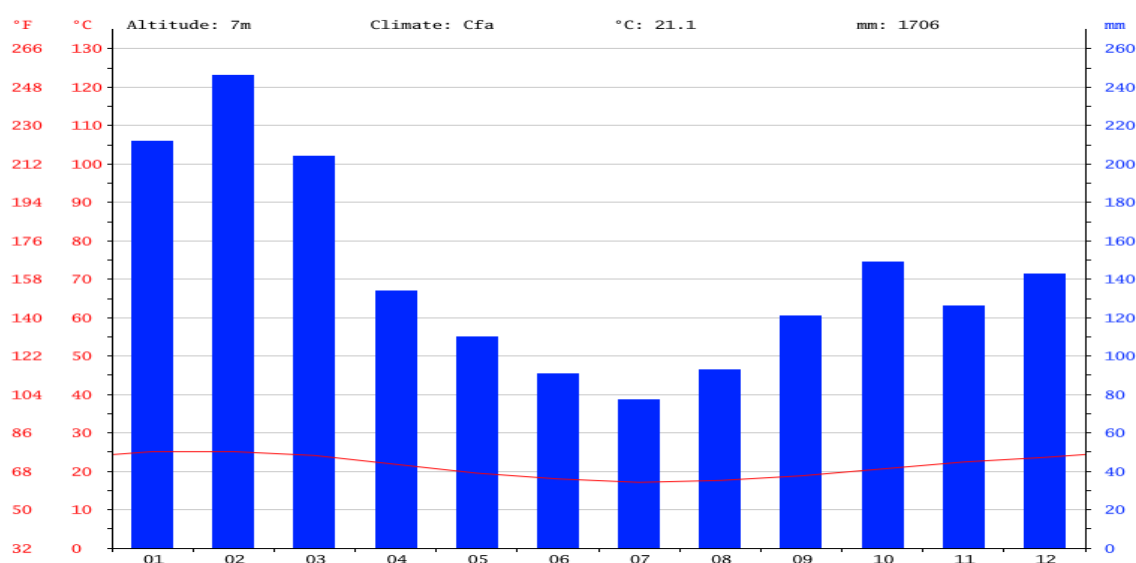
Fonte: primária

Os teores de umidade nos três ensaios ficaram entre a faixa de 48,76 a 78,23%, apresentando grande variação, como mostra a Tabela 10. A composteira B, formada de resíduos da área de cozinha, nos três ensaios indicou o menor índice de umidade, o que determina que o tipo de resíduo usado nessa composteira – restos de comida em geral, como arroz, feijão, farinhas e cascas de ovos – contribui para a menor absorção de água, equilibrando a umidade do composto, em comparação com as que possuíam restos de verduras e cascas.

Os teores de umidade ficaram conforme o valor especificado pela IN n.º 25 (BRASIL, 2009b), de máxima de 50%, para as composteiras B e C do ensaio 1. Nesse ensaio a composteira A ficou um pouco acima, atingindo 55,14%, o que pode ter ocorrido pela maior capacidade de retenção de água no interior dessa leira e pelo tipo de resíduo presente nela.

Já o ensaio 2 exibiu umidade acima do especificado pela IN n.º 25 (BRASIL, 2009b) em todas as composteiras, por conta principalmente do período de chuvas presentes no experimento. Seguindo o climograma de Joinville (Gráfico 4), o mês de maior precipitação é fevereiro, com média de 246 mm, seguindo alta nos meses de março e abril também. Mesmo com a lona para cobertura, o volume de água era muito grande, aumentando assim a umidade das composteiras, que alcançaram valores de 78,3%.

Gráfico 4 – Climograma de Joinville, conforme classificação climática de Köppen-Geiger

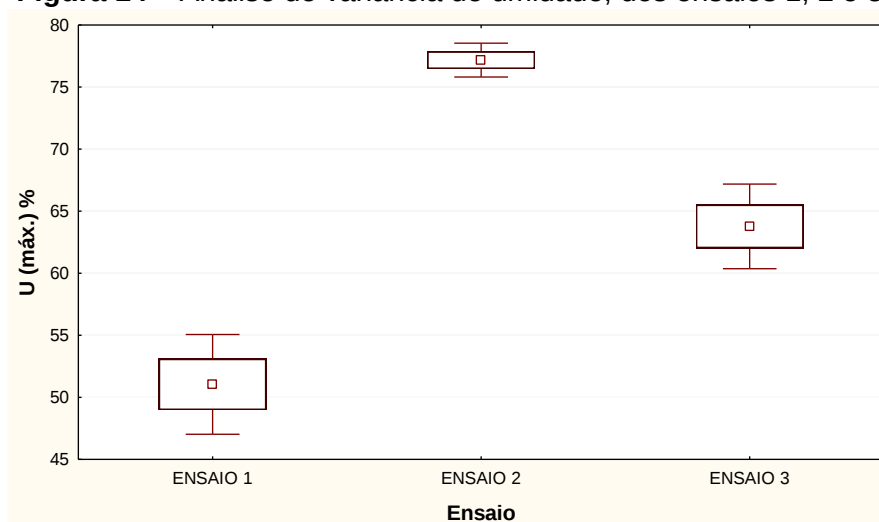


Fonte: disponível em: <<https://pt.climate-data.org/location/4496/>>. Acesso em: 14 abr. 2018

No ensaio 3, a umidade atingiu 66,68%, também apresentando índice fora dos valores indicados pela IN n.º 25.

No estudo realizado por Fialho (2007), a umidade final ficou entre 50 e 65%, considerada faixa ideal para compostagem (LIANG *et al.*, 2003).

Por meio da análise de variância, pôde-se verificar a existência de diferença significativa de umidade entre os ensaios 1, 2 e 3 (Figura 16).

Figura 14 – Análise de variância de umidade, dos ensaios 1, 2 e 3

Fonte: primária

Em seguida, procedeu-se ao teste de Tukey ($p < 0,05$), em que foi constatado se houve ou não significância entre os três ensaios nos resultados para umidade. Pôde então ser observada significância.

Não pôde ser observada variância entre as composições testadas para as três composteiras A, B e C, ao nível de 5% de confiança. Isso demonstra que a variedade do material usado definido no estudo não interfere na variação de umidade do composto final das diferentes composteiras.

6.3.3 Granulometria

A determinação da granulometria foi realizada para as nove amostras retiradas das composteiras dos três ensaios. A Tabela 11 mostra os índices obtidos.

Tabela 11 – Valores encontrados nos testes de granulometria dos ensaios 1, 2 e 3, composteiras A, B e C

Peneira	Granulometria (mm)	% Retida								
		E-1/C-1	E-1/C-2	E-1/C-3	E-2/C-1	E-2/C-2	E-2/C-3	E-3/C-1	E-3/C-2	E-3/C-3
4,75	4,75	65,21	8,39	40	34,48	12,08	52,68	2,09	1,916	2,778
8	2,36	6,1	12,86	11,15	16,73	15,85	16,58	16,73	20,46	30,27
12	1,7	7	57,29	27,98	15,85	36,68	13,08	18,88	18,56	17,53
32	0,125	22,21	21,13	20,9	29,16	38,94	13,86	63,24	59,95	53,78
53	0,053	0	0,06	0	0	0,28	1,96	0,059	0,064	0,059
90	0,032	0	0	0	0	0	0,08	0	0,107	0,099

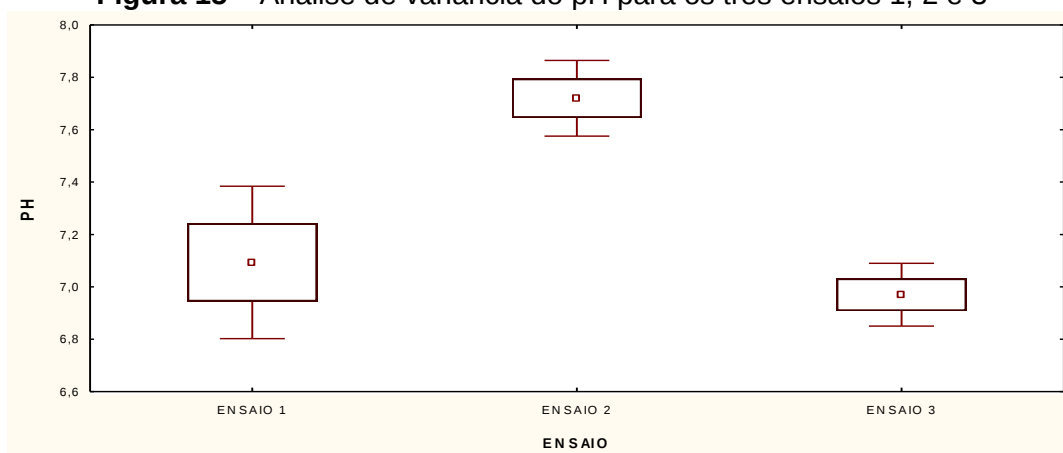
Fonte: primária

O material obtido das composteiras B oriundas de resíduos de cozinha, nos ensaios 1, 2 e 3, apresentou o menor índice granulométrico, pelo fato de conter resíduos com partículas menores. O ensaio 3 mostrou-se mais equilibrado entre as composteiras, exibindo granulometria menor, mas ainda assim não se enquadra em nenhuma das especificações para granulado, pó, farelado ou farelado grosso presentes na IN n.º 25. Por isso, fica então enquadrado com a seguinte denominação: “produto sem especificação granulométrica”, assim como em Guermandi (2015).

6.4 PARÂMETROS QUÍMICOS

6.4.1 pH

A Figura 17 apresenta os resultados para os três ensaios de pH das amostras dos compostos utilizando uma análise de variância .

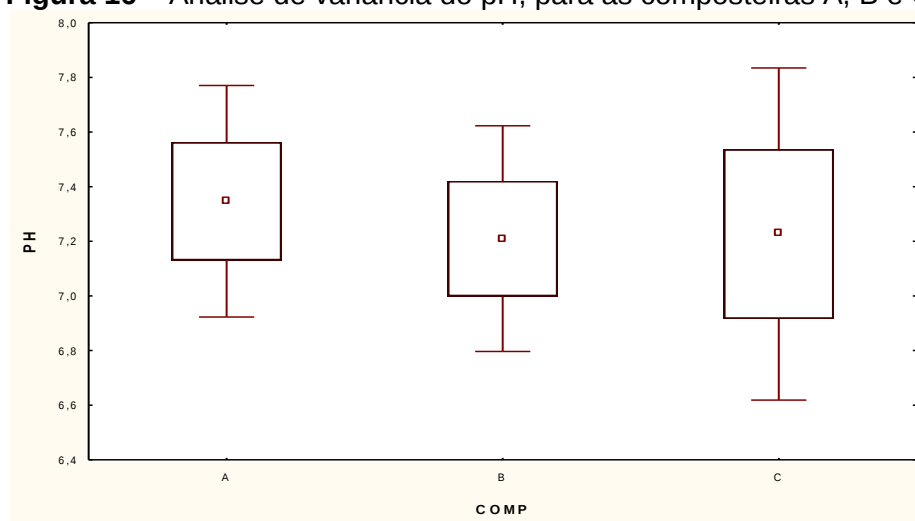
Figura 15 – Análise de variância do pH para os três ensaios 1, 2 e 3

Fonte: primária

Por meio da análise de variância, pôde-se verificar a existência de diferença significativa entre os ensaios 1 e 2 e 2 e 3 nos resultados para pH: entre os ensaios 1 e 2 ($p = 0,011$) e 2 e 3 ($p = 0,0049$).

Observa-se na Figura 17 que o ensaio 2 apresentou os índices mais elevados, tendendo para o pH mais básico. Em um processo de compostagem, o pH pode oscilar de acordo com a característica do material compostado e com a dinâmica microbiana (INÁCIO; MILLER, 2012).

Não pôde ser verificada variância entre as composições testadas para as três composteiras A, B e C, ao nível de 5% de confiança, como mostra a Figura 18.

Figura 16 – Análise de variância do pH, para as composteiras A, B e C

Fonte: primária

Os resíduos presentes nas composteiras B e C podem tornar o composto final mais ácido, pela presença de alimentos com mais acidez, como arroz, feijão, café, queijos, ovos, açúcar, farinhas em geral e molho de tomate.

Pereira Neto (2007) afirma que valores altos de pH nos compostos podem ser vistos como um grande benefício, uma vez que existe a possibilidade de serem aplicados na correção de solos ácidos. Buttenbender (2004) em seu estudo com compostagem de resíduos orgânicos viu valores de pH entre 6,5 e 8,25, acima do mínimo requerido pela legislação. Os valores de pH encontrados aqui ficaram todos acima de 6, conforme o ideal de acordo com a IN n.º 25 para fertilizantes orgânicos.

Valores baixos de pH indicam falta de maturação por conta da curta duração do processo ou da ocorrência de processos anaeróbios no interior da pilha em compostagem (FRANÇA JUNIOR *et al.*, 2014).

6.4.2 Relação C/N

A relação C/N é usada para a avaliação da maturidade do composto, representando o grau de estabilização da matéria orgânica. Um composto maturado apresenta a relação C/N no valor máximo de 20, segundo a IN n.º 25/2009 (BRASIL, 2009b).

Os valores encontrados nos ensaios realizados (Tabela 12) foram similares aos valores observados por outros autores que também fizeram a compostagem de resíduos orgânicos (MASSUKADO, 2008; FIALHO, 2007; FORTES NETO *et al.*, 2013; GUERMANDI, 2015) e em conformidade com o valor máximo estabelecido na IN n.º 25, 2009, no máximo de 20. Apenas o composto C do ensaio 2 teve valor acima do estabelecido pela IN n.º 25/2009, determinando que seu grau de maturação ainda não estava no nível ideal.

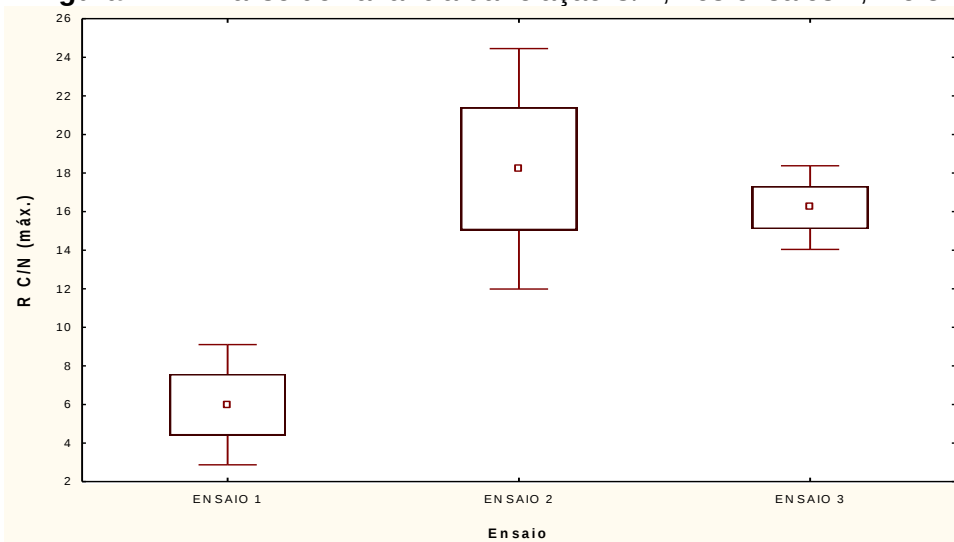
Tabela 12 – Relação C/N para os ensaios 1, 2 e 3

	E-1	E-1	E-1	E-2	E-2	E-2	E-3	E-3	E-3
	C-A	C-B	C-C	C-A	C-B	C-C	C-A	C-B	C-C
C/N	4,1	9,15	4,72	13,17	17,4	24,09	14,54	18,3	15,79

Fonte: primária

A Figura 19 ilustra os resultados da relação C/N para os três ensaios realizados, por meio da análise de variância, determinando variação significativa entre os ensaios 1 e 2 e os ensaios 1 e 3.

Figura 17 – Análise de variância da relação C/N, nos ensaios 1, 2 e 3

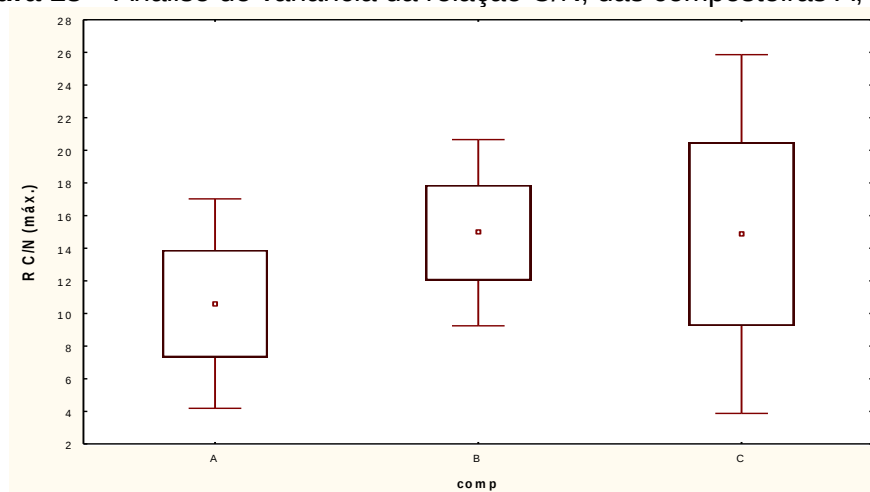


Fonte: primária

Pôde então ser visualizada significância entre os ensaios 1 e 2 ($p = 0,016$) e 1 e 3 ($p = 0,035$) nos resultados para a relação C/N.

A relação C/N exibiu essa variação pelo fato de o ensaio 1 ter maior quantidade de nitrogênio, por causa dos restos de jardinagem, que não estavam secos o suficiente, representando ainda maior fonte de nitrogênio, quando deveria ser maior fonte de carbono.

Não se conseguiu constatar variância entre as composições testadas para as três composteiras A, B e C, ao nível de 5% de confiança, como mostra a Figura 20.

Figura 18 – Análise de variância da relação C/N, das composteiras A, B e C

Fonte: primária

6.4.3 Metais pesados

Os resultados das concentrações dos metais pesados, alumínio, chumbo, mercúrio, cádmio e arsênio, estão apresentados na Tabela 13, observa-se que todos ficaram abaixo dos valores limites estabelecidos pelas IN n.º 27 (BRASIL, 2006) e IN n.º 25 (BRASIL, 2009b), e com valores próximos aos estabelecidos pelos estudos de Massukado e Schalch (2010) e Guermandi (2015) com ressalva para o alumínio que não possui valor de referência.

Tabela 13 – Concentração de metais encontrados (mg/kg), nos ensaios 1, 2 e 3

Tabela 25 - Concentração de metais em concentrações (mg/kg), nos solos E-1, E-2 e E-3											Massukado e Schalch (2010)	Guermandi (2015)
	E-1	E-1	E-1	E-2	E-2	E-2	E-3	E-3	E-3	IN n.º 27		
	C-A	C-B	C-C	C-A	C-B	C-C	C-A	C-B	C-C	IN n.º 25		
Al	2.610	1.230	1.550	768	2.28	1.540	6.190	3.150	3.650	NA	NA	NA
Pb	3,52	1,58	1,89	<1	2,41	2,5	5,6	10,2	8,43	máximo 150	1,3	2,8
Hg	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	máximo 1	<0,5	<0,4
Cd	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1,56	1,15	1,32	máximo 3	<0,5	<0,4
As	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	máximo 20	<0,5	<0,4

AL: alumínio; Pb: chumbo; Hg: mercúrio; Cd: cádmio; As: arsênio.

Fonte: Acquaplant Química do Brasil LTDA

O ensaio 3 trouxe valores mais elevados com relação ao alumínio, chumbo e cádmio. Scheren *et al.* (2013) verificou em seu estudo que alface, espinafre, repolho, agrião, milho e cenoura tendem a acumular altas concentrações de cádmio, e isso pode ter tornado os níveis mais altos no ensaio 3, pela maior presença desses alimentos.

Em pH neutro no solo, o alumínio é geralmente inofensivo, mas em solos ácidos pode ter impacto muito negativo no desenvolvimento das plantas. O alumínio tem o poder de acidificar o solo, o que poderia ter ocasionado os menores índices de pH no ensaio 3, no qual o alumínio se apresenta em maior quantidade. A avaliação do ponto de vista legal para esse metal ficou prejudicada, pois não existe legislação que determine os limites de alumínio para o solo.

Covarrubias *et al.* (2011), em estudo realizado com compostagem de resíduos orgânicos domiciliares, encontrou o valor de 7.927,8 mg/kg para o alumínio, próximo ao encontrado na composteira A do ensaio 3, de 6.190 mg/kg. Valores equivalentes também foram achados para cádmio: 0,49 mg/kg e chumbo: 8,67 mg/kg.

6.4.4 Macro e micronutrientes

Os resultados das concentrações de macro e micronutrientes estão na Tabela 14 e foram comparados aos estudos de Massukado e Schalch (2010) e Ghermandi (2015) e à IN n.º 25 (BRASIL, 2009b).

Tabela 14 – Concentração de macro e micronutrientes no composto comparada a diferentes estudos e IN 27/2006 e 25/2009, em mg/kg

	mg/kg										mg/kg	
											Massukado e Schalch (2010)	Guermandi (2015)
	E-1	E-1	E-1	E-2	E-2	E-2	E-3	E-3	E-3	IN n.º 27		
	C-A	C-B	C-C	C-A	C-B	C-C	C-A	C-B	C-C	IN n.º 25		
C%	11,9	18,3	11,8	26,21	26,1	26,5	22,4	22,7	21,8	mín. 15%	20,50%	38,13%
N%	2,9	2	2,5	1,99	1,5	1,1	1,54	1,24	1,38	mín. 0,5%	2,10%	2,48%
Ca	10.100	19.400	16.000	3.110	6.500	2.190	12.200	11.300	8.520	mín. 10.000	26.500	180.000
Mg	1.890	2.250	1.910	1.000	1.060	1.130	1.850	1.630	2.590	mín. 10.000	22.000	3.036
K	6.620	9.290	7.500	3.260	3.160	2.730	1.020	940	2.930	NA	11.000	32.200

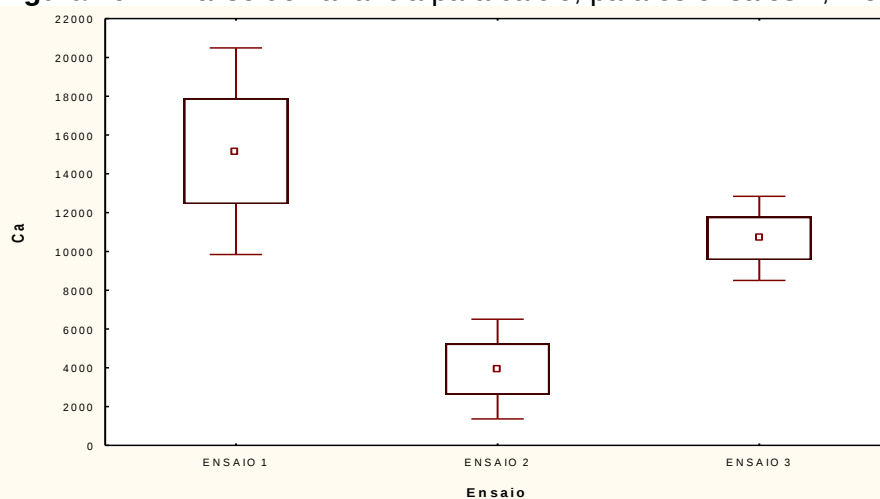
C%: porcentagem de carbono; N% porcentagem de nitrogênio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; K: potássio.

Fonte: Acquaplant Química do Brasil LTDA

A análise desses macro e micronutrientes é indispensável para a avaliação da qualidade do composto.

Com relação ao cálcio, por meio da análise de variância (Figura 21), verificou-se que houve variação significativa entre os ensaios 1 e 2 ($p = 0,012$).

Figura 19 – Análise de variância para cálcio, para os ensaios 1, 2 e 3



Fonte: primária

No ensaio 1 a composteira B, cujos resíduos eram da área da cozinha, foi a que apresentou a maior concentração de cálcio, pelo uso de resíduos orgânicos como leite e derivados e feijão. No ensaio 2 a composteira B também teve o índice maior de cálcio. Já no ensaio 3 a composteira 1 apresentou índice mais elevado

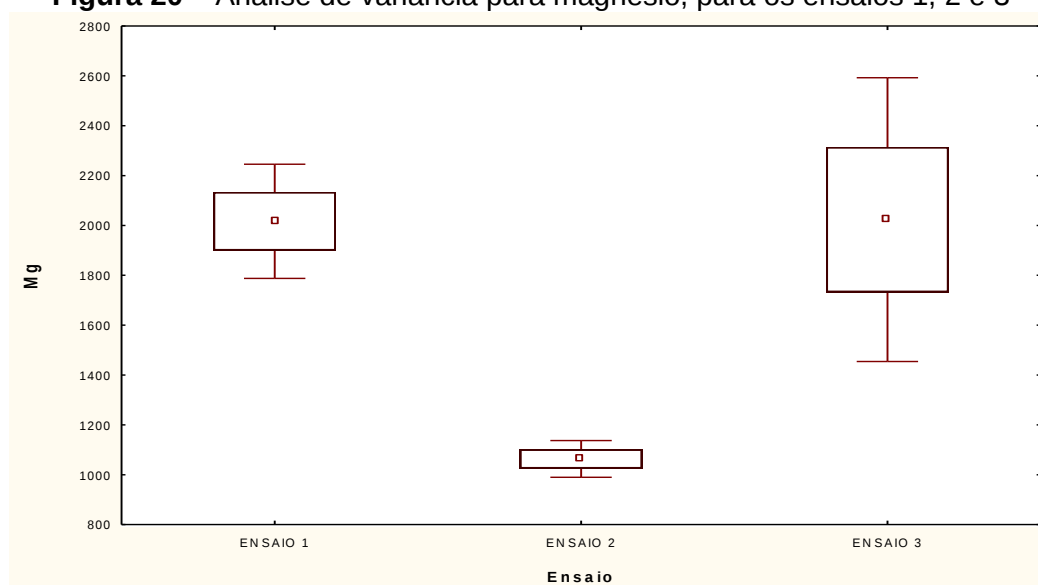
para esse nutriente. Com relação à IN n.º 25/2009 e n.º 27/2006, o ensaio 2 não atingiu os índices mínimos para fertilizantes orgânicos. O mesmo ocorreu com a composteira C do ensaio 3, mas com pouca diferença.

Não pôde ser observada variância entre as composições testadas para as três composteiras A, B e C, ao nível de 5% de confiança para o cálcio.

Analisando a Tabela 14 também foi possível verificar que os índices de magnésio ficaram bem abaixo dos estabelecidos pela IN n.º 25/2009 e n.º 27/2006.

A Figura 22, apresenta por meio da análise de variância, que houve variação significativa entre os ensaios 1 e 2 ($p = 0,023$) e 2 e 3 ($p = 0,022$) para o magnésio.

Figura 20 – Análise de variância para magnésio, para os ensaios 1, 2 e 3



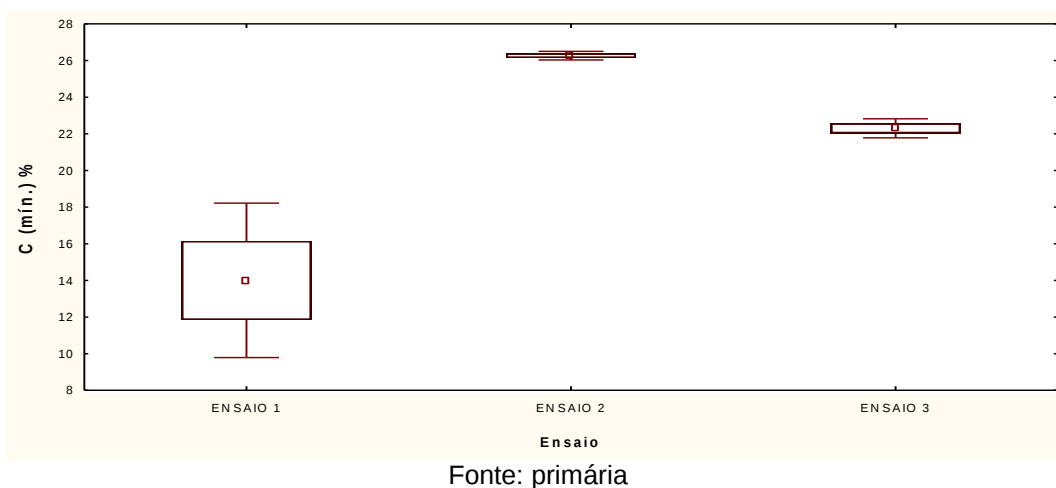
Fonte: primária

Os índices de potássio também se apresentaram abaixo dos valores achados pelos estudos comparados, e não houve variação significativa entre os ensaios isto possivelmente se deve a utilização de resíduos com baixo teor de potássio.

A quantidade de carbono avaliada ficou de maneira geral em conformidade com o estabelecido pelas normas, com exceção das composteiras A e C do ensaio 1.

Por intermédio da análise de variância, verificou-se diferença significativa entre os ensaios 1, 2 e 3, conforme Figura 23.

Figura 21 – Análise de variância para o carbono, para os ensaios 1, 2 e 3

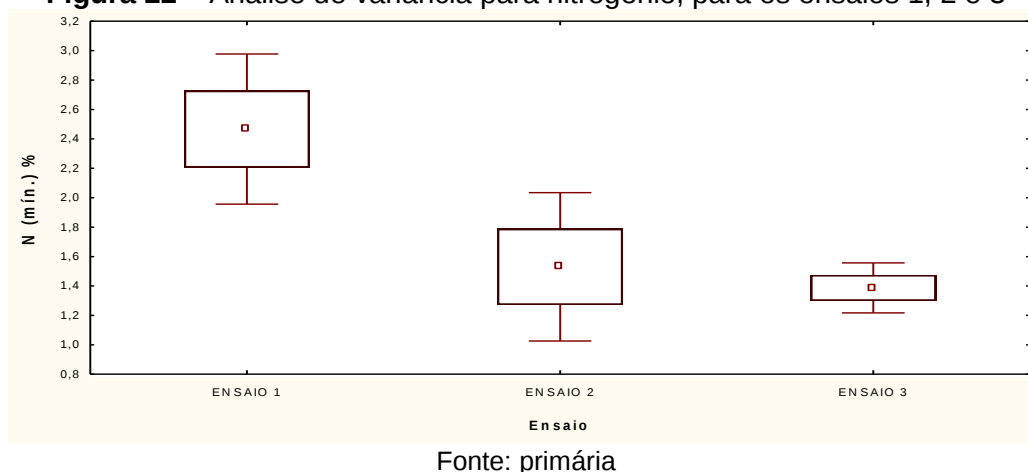


O teste de Tukey ($p < 0,05$) realizado verificou significância entre os ensaios para o carbono, principalmente entre os ensaios 1 e 2 e 1 e 3, demonstrando que no ensaio 1 houve proporção menor de carbono do que o orientado para a compostagem, em razão dos resíduos utilizados.

Para a análise de variância do Carbono entre as composteiras não houve diferença significativa.

Nitrogênio atingiu os valores estabelecidos nas normas e próximos aos dos estudos de Massukado e Schalch (2010) e Guermendi (2015), bem como apontou variância significativa, mediante a análise de variância entre os ensaios 1 e 2 e 1 e 3 apresentados na Figura 24.

Figura 22 – Análise de variância para nitrogênio, para os ensaios 1, 2 e 3



O ensaio 1 apresentou índice maior de nitrogênio, pois foram utilizados resíduos de jardinagem que não estavam secos o suficiente e a grama ainda estava verde.

Na sequência, procedeu-se ao teste de Tukey ($p < 0,05$), pelo qual se verificou se houve ou não significância nos índices de nitrogênio relacionando os três ensaios. Observou-se então significância entre os ensaios 1 e 3.

Avaliando os índices de nitrogênio entre as composteiras A, B e C, por meio da análise de variância, não houve diferença significativa entre as amostras.

Rossi (2015) encontrou em seu estudo de compostagem com cascas de frutas e legumes valores de cálcio de 9.700 mg/kg e magnésio de 1.500 mg/kg, próximos aos achados neste estudo para os ensaios 2 e 3.

A Tabela 15 apresenta as especificações dos fertilizantes orgânicos mistos e compostos para o composto da Classe C, em comparação com as obtidas nos ensaios realizados.

Tabela 15 – Especificações dos fertilizantes orgânicos mistos e compostos para o composto da classe C e resultados dos ensaios realizados

Garantia	IN n.º 25	E-1	E-1	E-1	E-2	E-2	E-2	E-3	E-3	E-3
		C-A	C-B	C-C	C-A	C-B	C-C	C-A	C-B	C-C
Umidade (máx.) %	50	55,14	48,76	49,24	78,23	75,86	77,43	60,66	66,68	64
Nitrogênio total (mín.) %	0,5	2,9	2	2,5	1,99	1,5	1,1	1,54	1,24	1,38
Carbono orgânico (mín.) %	15	11,9	18,3	11,8	26,21	26,1	26,5	22,4	22,7	21,8
PH (mín.)	6	7,28	7,2	6,8	7,75	7,58	7,83	7,01	6,85	7,05
Relação C/N (máx.)	20	4,1	9,15	4,72	13,17	17,4	24,09	14,54	18,3	15,79

Fonte: primária

Os dados mostram que apenas o ensaio 1 não atingiu a especificação para fertilizantes orgânicos mistos e compostos da classe C exigidos pela IN n.º 25 (BRASIL, 2009b), com relação ao carbono e o ensaio 2 e 3 com relação a umidade. Os números em cor verde representam os valores que ficaram em conformidade com as especificações da norma referida, mostrando que é possível produzir fertilizantes orgânicos adequados priorizando a relação carbono/nitrogênio e a umidade, tendo o local das composteiras em área coberta.

No estudo de Guermandi (2015), apenas dois compostos alcançaram todas as especificações exigidas pela IN n.º 25 (BRASIL, 2009b), ficando com a umidade acima do estabelecido, assim como os ensaios 2 e 3 do presente trabalho.

Na pesquisa de Massukado (2008), em uma de suas experiências de compostagem o carbono orgânico não atingiu a quantidade mínima, mas 12,11%, como no ensaio 1 desta investigação, que encontraram valores entre 11,8 e 18,3%.

Os ensaios 2 e 3 foram os que mais se aproximaram dos valores exigidos, ficando somente com o índice de umidade acima do determinado, consequência de os ensaios terem sido realizados a céu aberto, o que torna bem clara a necessidade de o processo de compostagem ser realizado em área coberta. Isso tornaria o composto adequado às normas exigidas.

6.4.5 Parâmetros microbiológicos

A Tabela 16 apresenta os resultados para *Salmonella spp.* e coliformes totais para os três ensaios realizados.

Tabela 16 – Análise de coliformes totais e *Salmonella spp.* para os três ensaios

	NMP/g	UFC/g
	Coliformes totais	<i>Salmonella spp.</i>
E-1		
C-A	17.000	ausência em UFC/g
E-1		
C-B	17.000	ausência em UFC/g
E-1		
C-C	24.000	ausência em UFC/g
E-2		
C-A	14.000	ausência em UFC/g
E-2		
C-B	14.000	ausência em UFC/g
E-2		
C-C	14.000	ausência em UFC/g
E-3		
C-A	200.000	ausência em UFC/g
E-3		
C-B	24.000	ausência em UFC/g
E-3		
C-C	210.000	ausência em UFC/g
IN n.º 27	1.000 NMP/ g de matéria seca	ausência em 10 g de matéria seca
Massukado e Schalch (2010)	345	< 2,2 NMP/4 g
Guermandi (2015)	108	ausência em UFC/g

Fonte: Acquaplant Química do Brasil LTDA

Os resultados para *Salmonella spp.* indicaram ausência para todos os ensaios, enquadrando-se na IN n.º 27/2006 para fertilizantes orgânicos mistos.

Para os resultados com coliformes totais, todos os resultados se apresentaram bem acima do valor permitido, o que pode-se relacionar aos fatos de o estudo ter sido realizado a céu aberto e de ter sido percebida a presença de animais, como gatos, no local em alguns momentos. Apesar disso, os valores ficaram muito acima do desejável. Observa-se que para estas análises teve-se que realizar repetição de análise colocando em dúvida a integridade das amostras.

6.4.6 Ensaio de toxicidade crônica

O ensaio de toxicidade crônica foi realizado utilizando o organismo *Eruca sativa*, popularmente conhecido como rúcula, e nele foram analisados os seguintes fatores: germinação relativa das sementes, alongamento da raiz e índice de germinação.

A Tabela 17 apresenta os resultados para o ensaio de toxicidade crônica com o organismo *E. sativa*, aos ensaios 1, 2 e 3, às composteiras A, B e C e o controle.

Tabela 17 – Resultado do ensaio de toxicidade crônica para as composteiras A, B e C dos ensaios 1, 2 e 3 e controle

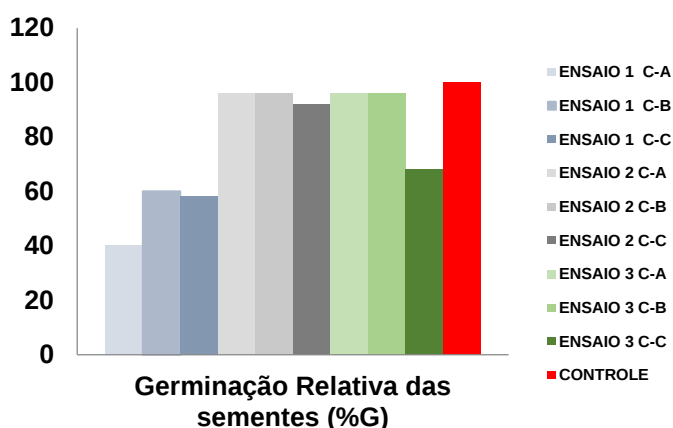
	Ensaio 1			Ensaio 2			Ensaio 3			Controle
	C-A	C-B	C-C	C-A	C-B	C-C	C-A	C-B	C-C	
Germinação relativa das sementes (%G)	40	60	58	96	96	92	96	96	68	100
Alongamento da raiz (%R)	11,89	37,16	31,73	59,29	62,63	90,39	87,68	105,43	48,43	(4,79)= 100
Índice de germinação (IG)	4,76	22,29	18,40	56,91	60,12	83,16	84,17	100,8	32,83	100

Fonte: primária

Os resultados encontrados mostraram que o ensaio 1 foi o que apresentou menor germinação relativa das sementes, índice de germinação e alongamento de raiz.

A medida da germinação relativa das sementes, expressa como %G, representa a relação entre a contagem das sementes germinadas na amostra e no controle negativo. A Figura 25 ilustra o resultado obtido de germinação relativa nos ensaios 1, 2 e 3 para as composteiras A, B e C.

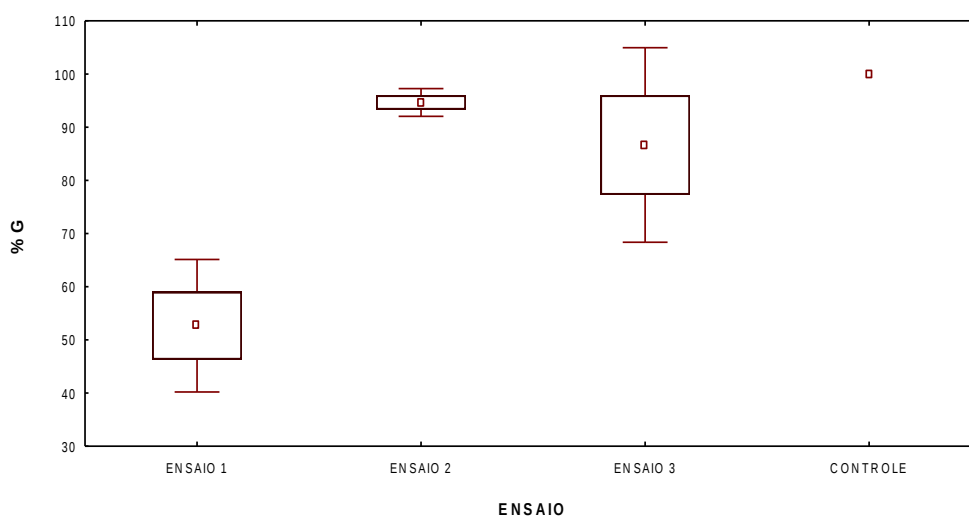
Figura 23 – Germinação relativa das sementes para os ensaios 1, 2 e 3



Fonte: primária

Por meio da análise de variância, pôde-se verificar na Figura 26 a existência de diferença significativa entre os ensaios 1, 2, 3 e o Controle realizados para %G.

Figura 24 – Análise de variância da germinação relativa da semente, para os ensaios 1, 2 e 3 e controle



Fonte: primária

Em seguida, procedeu-se ao teste de Tukey ($p < 0,05$), em que foi verificado se houve ou não significância.

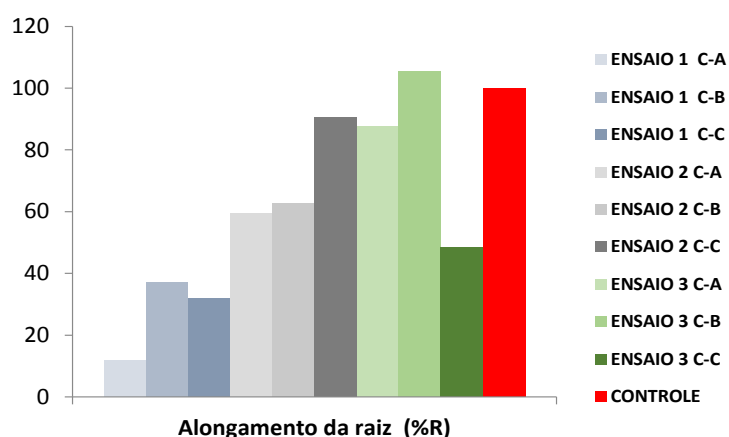
Pôde então ser observada significância entre os ensaios 1 e 2 ($p = 0,015$), 1 e 3 ($p = 0,039$) e ensaio 1 e controle ($p = 0,042$) nos resultados para germinação relativa da semente.

Não se observou variância entre as composições testadas para as três composteiras A, B e C, ao nível de 5% de confiança.

A Figura 27 apresenta o resultado do teste alongamento da raiz (%R), para os

três ensaios das composteiras A, B e C. O alongamento da raiz é obtido da relação entre a média do alongamento da raiz das sementes germinadas no teste e a média do alongamento da raiz do ensaio controle.

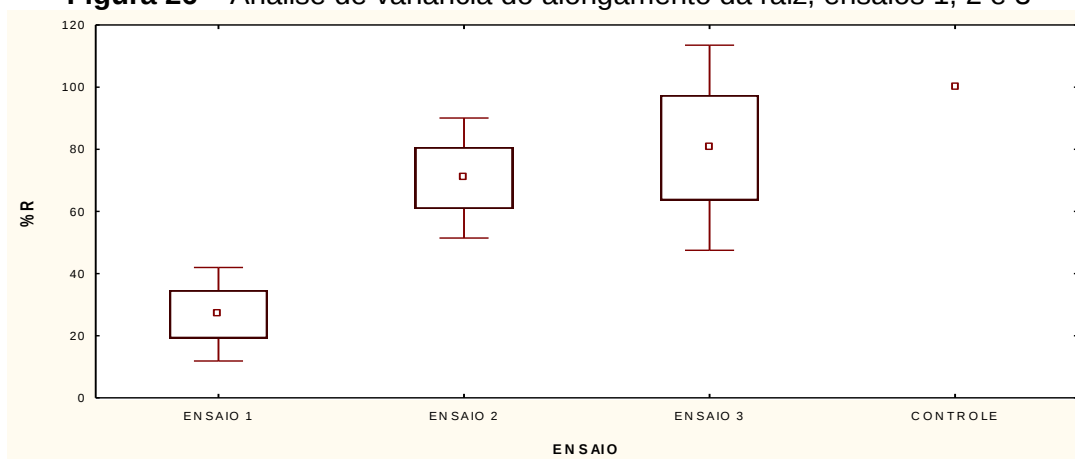
Figura 25 – Alongamento da raiz para os ensaios 1, 2 e 3



Fonte: primária

Para o alongamento da raiz (%R), a análise de variância resultou em diferença significativa entre os ensaios 1, 2, 3 e o controle (Figura 28).

Figura 26 – Análise de variância do alongamento da raiz, ensaios 1, 2 e 3



Fonte: primária

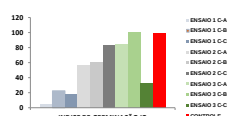
Seguiu-se com o teste de Tukey ($p < 0,05$), em que foi verificado se houve ou não significância, relacionando com o controle.

Não foi observada significância entre os ensaios e o controle. Não pôde ser

observada variância entre as composições testadas para as três composteiras A, B e C, ao nível de 5% de confiança.

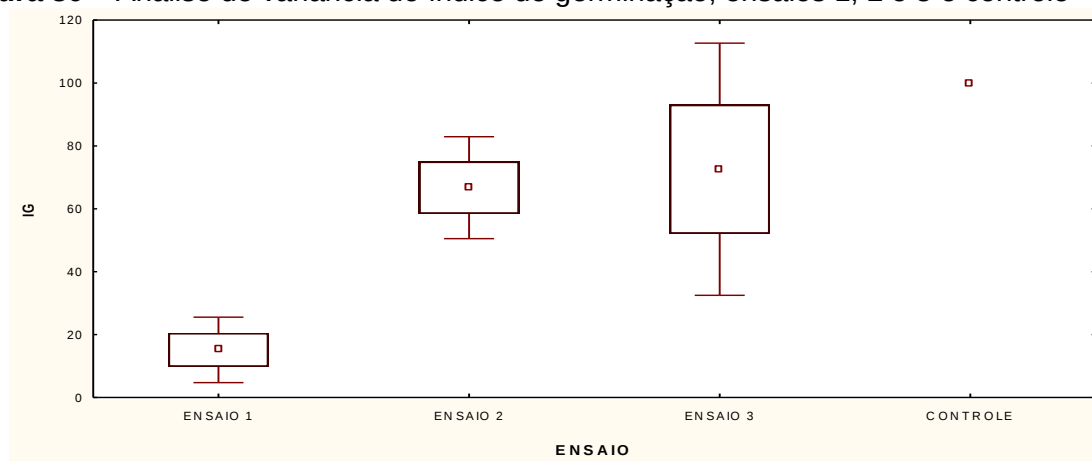
Mediante as medidas de germinação relativa e do alongamento da raiz, é realizado o cálculo do índice de germinação das sementes (IG). Esses resultados são ilustrados na Figura 29.

Figura 27 – Índice de germinação para os ensaios 1, 2, 3 e controle.



Para IG, Índice de Germinação, a análise de variância resultou em diferença significativa entre os ensaios 1, 2, 3 e o controle.

Figura 30 – Análise de variância do índice de germinação, ensaios 1, 2 e 3 e controle



Fonte: primária

Seguiu-se com o teste de Tukey ($p < 0,05$), em que foi verificado se houve ou não significância, relacionando com o controle.

Não foi observada significância entre os ensaios e o controle. Não pôde ser observada variância entre as composições testadas para as três composteiras A, B e C, ao nível de 5% de confiança.

Cruz et al (2013), citou em seu estudo que a condição para a confiabilidade do teste de toxicidade com hortaliças é a germinação de 65% das sementes do controle negativo. O ensaio controle neste estudo teve um valor de 100% de germinação o que mostra excelente confiabilidade de resultados.

Portaluppi et al, 2010, em estudo realizado com genótipo de cevada, triticale, centeio, trigo e *Aegilops tauschii*, cultivados em hidroponia, para determinar a capacidade de crescimento radicular, em diferentes concentrações de alumínio e avaliar a relação de tolerância e sensibilidade comprovou as diferenças entre as espécies, comprometendo o crescimento radicular de algumas delas. As sementes de *Eruca sativa* também demonstraram variação de crescimento radicular nos ensaios realizados, que apresentaram variações de concentração de alumínio. Podendo o alumínio ter contribuído para efeitos sobre a *Eruca sativa*.

A presença de chumbo, como o ocorrido nos ensaios realizados pode provocar a redução na porcentagem de germinação, decréscimos no índice de velocidade de germinação e retardo no crescimento de mudas conforme relatam (SILVA E.; SANTOS P.S.;GUILHERME,M.F.S., 2015)

Conforme Scheren e al. (2013) verificou em seu estudo que alface, espinafre, repolho, agrião, milho e cenoura tendem a acumular altas concentrações de cádmio, e isso pode ter tornado os níveis mais altos no ensaio 3, pela maior presença desses alimentos.

Em estudo de Almeida R.F; Sanches, B.C., (2014) os solos com maior concentração de carbono apresentaram uma melhor fertilidade e qualidade e, conseqüentemente maior capacidade produtiva. O ensaio 1 deste estudo, por ter menor concentração de carbono, apresentou baixo índice de germinação, de alongamento de raiz e de germinação relativa.

Os dados da composteira C no ensaio 3 não justificam a diferença de toxicidade, podendo ter ocorrido algum problema ao realizar o ensaio.

7 CARTILHA DE COMPOSTAGEM DOMÉSTICA

A cartilha de compostagem doméstica foi desenvolvida com os propósitos de sensibilizar e ensinar o público frequentador do restaurante o que é a compostagem de resíduos orgânicos e como ela pode ser feita de maneira doméstica, como uma ação de educação ambiental (Figura 28).

Figura 281 – Cartilha de compostagem doméstica (continua)



A

CONSTRUINDO A COMPOSTEIRA
MATERIAIS UTILIZADOS: TRÊS BALDES COM
TAMPA PLÁSTICA, UMA TORNEIRA DE PVC,
FURADEIRA, RESÍDUOS ORGÂNICOS, SERRAGEM
E RESTOS DE JARDINAGEM

PREPARAÇÃO:

NO BALDE 3 SERÁ INSTALADO NA PARTE
INFERIOR A TORNEIRA DE PVC.
NA PARTE SUPERIOR SERÃO FEITOS ALGUNS
FUROS PEQUENOS PARA PERMITIR A ENTRADA
DO AR E NA TAMPA SERÃO FEITOS 5 FUROS DE 3
CM
NO BALDE 1 E 2 SERÃO FEITOS FUROS LATERAIS
DE MENOR TAMANHO E NO FUNDO DOS
BALDES, FUROS DE 3 CM PARA QUE O
COMPOSTO LÍQUIDO ESCORRA ATÉ O BALDE
QUE ESTARÁ NA BASE

A TAMPA DO BALDE 2 DEVERÁ TER 5 FUROS DE 3
CM E A TAMPA DO BALDE 1, NENHUM.
AGORA É SÓ MONTAR

B

Figura 31 – Cartilha de compostagem doméstica (continua)



C



D

OPERANDO A COMPOSTEIRA

O BALDE 3 FICARÁ VAZIO, ARMAZENARÁ O CHORUME QUE ESCORRE DOS OUTROS BALDES, LÍQUIDO ESTE QUE POSSUI ALTO POTENCIAL FERTILIZANTE.

O BALDE 2 DEVERÁ SER FORRADO COM UMA CAMADA DE 5 CM DE SERRAGEM.

A SEGUIR INICIAM AS CAMADAS: RESÍDUOS ORGÂNICOS / RESÍDUOS DE JARDINAGEM OU SERRAGEM, RESÍDUOS ORGÂNICOS / RESÍDUOS DE JARDINAGEM OU SERRAGEM...

USANDO UM GARFO DE JARDINAGEM, VAI SE MISTURANDO O MATERIAL ANTERIOR COM O NOVO QUE ESTÁ SENDO COLOCADO. FINALIZANDO COM A CAMADA DE RESTO DE JARDINAGEM.

O BALDE 1 COMEÇA A SER USADO DA MESMA FORMA.

EM TORNO DE 60 DIAS APÓS O INÍCIO DO PRIMEIRO BALDE, O ADUBO ORGÂNICO ESTARÁ FORMADO E PODERÁ SER UTILIZADO EM SEU JARDIM OU HORTA.

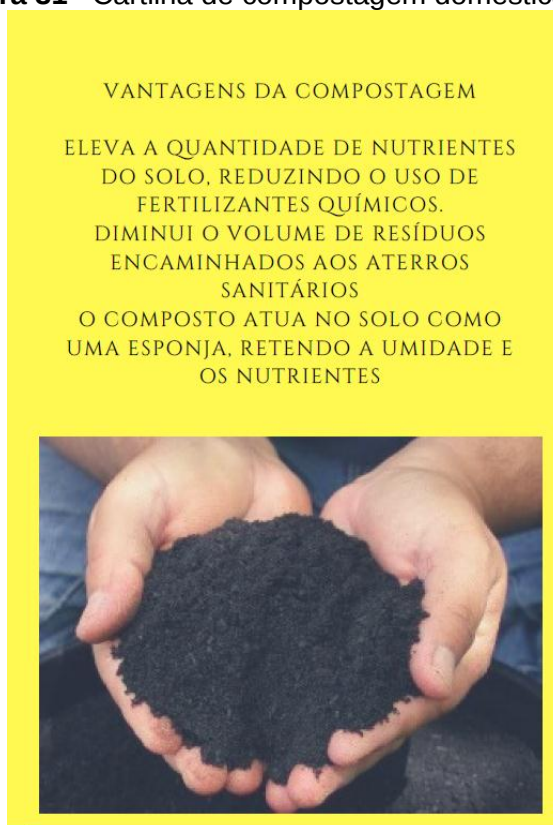
O CHORUME GERADO NO BALDE 3 PODE SER DILUÍDO EM ÁGUA E USADO PARA PULVERIZAR PLANTAS, COMO ADUBO E PESTICIDA.

E



F

Figura 31– Cartilha de compostagem doméstica (fim)



G

Fonte: primária

Foram impressas 80 cartilhas, com o apoio do restaurante. A cartilha foi entregue aos clientes com orientação da nutricionista sobre a importância do processo de compostagem e do papel de cada um como cidadão para a aplicação da PNRS.

O retorno dos clientes foi muito positivo, com perguntas sobre compostagem, demonstrando um interesse positivo à cartilha.

CONCLUSÃO

A compostagem mostra-se neste trabalho como uma prática possível e sustentável e uma técnica eficiente no tratamento de resíduos sólidos orgânicos de restaurantes, uma vez que transforma um possível passivo ambiental em um composto dotado de valor econômico e útil na fertilização do solo.

Este trabalho mostrou que há também a necessidade de se estudar as características dos compostos tanto para fins deste uso quanto para verificar a origem da presença de possíveis contaminantes .

A aplicação do processo de compostagem em restos de alimentos de áreas distintas do restaurante revelou que esses resíduos apresentaram composições química e física semelhantes entre si, com algumas diferenças nos níveis de alguns micro e macro-nutrientes.

Muito importante nesse processo é o fato de realizá-lo em uma área coberta, sem riscos de as leiras serem atingidas por chuvas intensas, o que altera profundamente o teor de umidade delas. Como o estudo foi realizado em céu aberto, tivemos alguns resultados negativos.

Para que esse processo ocorra corretamente, são necessários critérios que devem ser seguidos, como os mostrados neste trabalho, para que se alcance o resultado desejado conforme os padrões dos fertilizantes orgânicos, principalmente a relação carbono/nitrogênio ideal, para que o processo de maturação ocorra eficientemente.

De acordo com muitos estudos publicados, as discussões ficam relacionadas sobretudo à redução do volume dos resíduos enviados aos aterros sanitários, quando devíamos focar na valorização e qualidade do composto gerado, trazendo a questão ambiental por meio das exigências estabelecidas pela PNRS, envolvendo a sociedade como um todo no que diz respeito aos riscos as culturas e a saúde humana..

Os restaurantes são fonte intensa de resíduos orgânicos, e os resultados deste trabalho mostram um caminho a seguir na busca para soluções ambientalmente corretas para a valorização desses resíduos, reduzindo dessa maneira a destinação aos aterros sanitários e contribuindo, por conseguinte, com a saúde ambiental e econômica do município. Sendo também uma importante

ferramenta de sensibilização da sociedade para gestão adequada dos resíduos bem como, de ações de sustentabilidade socioambiental das empresas.

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- ✓ Avaliar a relação carbono e nitrogênio dos resíduos orgânicos antes de serem utilizados no processo de compostagem;
- ✓ Analisar efeitos da presença do alumínio nos adubos orgânicos e estudar a origem deste alumínio;
- ✓ Propor a inclusão do alumínio na avaliação de composto nas normativas e legislação para fertilizantes orgânicos;
- ✓ Avaliar a geração de resíduos orgânicos nas sobras de pratos do restaurante comparando sobras do buffet livre e buffet kg.

REFERÊNCIAS

ABREU, E. S. *et al.* **Gestão de unidades de alimentação e nutrição**: um modo de fazer. 4. ed. São Paulo: Metha, 2011. 352 p.

ABREU, E. S.; SPINELLI, M. G. N.; ZANARDI, A. M. P. **Gestão de unidades de alimentação e nutrição**: um modo de fazer. São Paulo: Metha, 2003. 202 p.

ALMEIDA R.F; SANCHES, B.C. Disponibilidade do carbono orgânico dos solos do cerrado brasileiro. **Scientia Agraria Paranaensis – SAP**. Marechal Cândido Rondon, v. 13, n. 4, out./dez., p. 259-264, 2014.

ALVES, M. G.; UENO, M. Identificação de fontes de geração de resíduos sólidos em uma unidade de alimentação e nutrição. **Ambiente & Água**, v. 10, n. 4, p. 874-888, 2015.

AQUINO, A. M. Integrando compostagem e vermicompostagem na reciclagem de resíduos orgânicos domésticos. **Circular Técnica Embrapa**, n. 12, 2005.

ARAÚJO, E. M. L.; MARTINS, A. C.; CARVALHO, S. Sustentabilidade e geração de resíduos em uma unidade de alimentação e nutrição da cidade de Goiânia-GO. **Demetra**, Goiânia, v. 10, n. 4, 2015. DOI: 10.12957/demetra.2015.17035

ARAÚJO, K. K.; PIMENTAL, A. K. A problemática do descarte irregular dos resíduos sólidos urbanos nos bairros Vergel do Lago e Jatiúca em Maceió, Alagoas. **Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 4, n. 2, p. 626-668, out. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (Abrelpe). **Panorama dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil**. São Paulo: Abrelpe, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10004**: Resíduos sólidos: classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

_____. **NBR 10004**: Resíduos sólidos: classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004a.

_____. **NBR 10006**: Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004b.

_____. **NBR 13591**: Compostagem: terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE REFEIÇÕES COLETIVAS. **Mercado Real**. São Paulo. Disponível em: <<http://www.aberc.com.br/mercadoreal.asp?IDMenu=21>>. Acesso em: 10 nov. 2016.

BRASIL. **Decreto n.º 7.404, de 23 de dezembro de 2010**. Brasil: Ministério do Meio Ambiente, 2010a. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/253/_arquivos/decreto_n_74042010_253.pdf>. Acesso em: 10 set. 2017.

_____. Lei n.º 6.894, de 16 de dezembro de 1980. Dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e comércio de fertilizantes, corretivos inoculentes,

estimulantes ou biofertilizantes, destinados à agricultura, e de outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, p. 25.289, 1980.

_____. **Lei n.º 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Brasília, 2010b. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 18 jun. 2015.

_____. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para Análise de Sementes**. 2009a. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/2946_regras_analise__sementes.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2018.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa n.º 25, de 23 de julho de 2009**. Brasília, 2009b. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=consultarLegislacaoFederal>>. Acesso em: 28 nov. 2016.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n.º 27, 5 de junho de 2006. **Diário Oficial da União**, Brasília, 9 jun. 2006.

_____. Ministério da Saúde. Instrução normativa n.º 1, de 7 de março de 2005. Regulamenta a Portaria n.º 1.172/2004/GM, no que se refere às competências da União, estados, municípios e Distrito Federal na área de vigilância em saúde ambiental. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2005.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Compostagem doméstica, comunitária e institucional de resíduos orgânicos**. Manual de orientação. Brasília: Cepagro, 2017a.

_____. Resolução Conama n.º 481/2017: Estabelece critérios e procedimentos para garantir o controle e a qualidade ambiental do processo de compostagem de resíduos orgânicos, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 9 out. 2017b.

BRIETZKE, D. T. **Avaliação do processo de compostagem considerando a relação carbono/nitrogênio**. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental)– Universidade do Vale do Taquari, Lajeado, 2016.

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

CALDERONI, S. **Os bilhões perdidos no lixo**. 3. ed. São Paulo: Humanitas, 1998. 346 p.

CARDOSO, R. C. V.; SOUZA, E. V. A.; SANTOS, P. Q. dos. **Unidades de Alimentação e Nutrição nos Campi da Universidade Federal da Bahia: Um Estudo sob a Perspectiva do Alimento Seguro**. São Paulo, 2005.

CARNEIRO, C. M. L. *et al.* Diagnóstico dos resíduos sólidos produzidos no restaurante universitário da UFRN. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 30., out. 2010, São Carlos. Rio de Janeiro: Agepro, 2010.

CARNIATO, J. G. *et al.* Avaliação da toxicidade de percolado de resíduos sólidos pós-tratamento biológico e fotocatalítico. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 4, n. 2, p. 92-101, 2007.

CASTRO, F. J. **Avaliação ecotoxicológica dos percolados das colunas de cinza de carvão e de solos com cinza de carvão utilizando *Lactuca sativa* e *Daphnia similis* como organismos teste**. 119f. Dissertação (Mestrado em Ciências)–Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

CONSELHO FEDERAL DE NUTRICIONISTAS (CFN). Resolução n.º 380 do Conselho Federal de Nutricionistas. Dispõe sobre a definição das áreas de atuação do nutricionista e suas atribuições. **Diário Oficial da União**, 2006.

CORREIA, C. R. M. A.; MARQUES, O. **Manual de compostagem: processo simplificado**. Brasília: Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal, 2006. 36 p.

COSTA, C. H. **Estudo ecotoxicológico para valorização de resíduo produzido no processo de polimento de piso porcelanato na indústria cerâmica**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental)–Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

COVARRUBIAS, G. I *et al.* Separation of domestic wastes for composting and compost evaluation in cucumber production. **Agrociência**, v. 45, p. 639-651, 2011.

D'ALMEIDA, M. L. O.; VILHENA, A. **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado**. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000.

DE BERTOLDI, M.; VALLINI, G.; PERA, A. The biology of composting: a review. **Waste Management & Research**, p. 153-176, 1983.

DEUS, M. R.; BATTISTELLE, R. A. G.; SILVA, R. H. R. Resíduos sólidos no Brasil: contexto, lacunas e tendências. **Engenharia Sanitária e Ambiental I**, Bauru, v. 20, n. 4, p. 685-698, out./dez. 2015.

DOMITILLA, M. A.; CASTILHO, F. R. Gestão ambiental aplicada ao setor gastronômico: proposta para Dourados – MS. **Rosa dos Ventos**, v. 5, n. 2, p. 248-263, abr.-jun. 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análises de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa/CNPS, 1997. 212 p.

EPSTEIN, E. **Industrial Composting: Environmental Engineering and Facilities Management**. Boca Raton: Taylor and Francis, 2011.

FIALHO, L. L. **Caracterização da matéria orgânica em processo de compostagem por métodos convencionais e espectroscópicos**. Tese (Doutorado em Ciências)—Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

FIGUEIREDO, F. J. Q. de. **A questão ambiental**. Goiânia: Lumen Juris, 1997

FORTES NETO, P. F. *et al.* Quantificação da liberação de C-CO₂ e relação C/N durante a compostagem de lixo urbano. **Holos Environment**, v. 13, n. 1, 2013.

FRANÇA, R. J. *et al.* Tratamento de resíduos orgânicos provenientes de restaurante universitário: decomposição biológica monitorada. **Monografias Ambientais**, Santa Maria, v. 14, n. 1, 2014.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GOMES, G. S.; JORGE, M. N. Avaliação do índice de resto-ingestão e sobras em uma unidade produtora de refeição comercial em Ipatinga-MG. **Nutrir Gerais**, Ipatinga, v. 6, n. 10, p. 857-868, 2012.

GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. *Ciência e Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 17, n. 6, p. 1503-1510, 2012.

GUERMANDI, I. J. **Avaliação do parâmetros físicos, químicos e microbiológicos dos fertilizantes orgânicos produzidos pelas técnicas de compostagem e vermicompostagem da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos coletada em estabelecimentos alimentícios de São Carlos/SP**. Dissertação (Mestrado em Ciências: Engenharia Hidráulica e Saneamento)—Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015.

INÁCIO, C. T.; MILLER, P. R. M. **Compostagem: ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**: 2008. Rio de Janeiro: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2010. 219 p.

_____. **População brasileira cresce 0,8% e chega a 206 milhões**. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2016/08/populacao-brasileira-cresce-0-8-e-chega-a-206-milhoes>>. Acesso em: 19 abr. 2018.

KIEHL, C. J. Produção de composto orgânico e vermicomposto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 212, p. 40-47, 2001.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1985.

_____. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. Piracicaba: E. J. Kiehl, 1998.

_____. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. 4. ed. São Paulo: Degaspari, 2004. 173 p.

_____. **Matéria orgânica do solo**. Piracicaba: Editora, 2012.

LAFUENTE JUNIOR, A. N. A. F. Resíduos sólidos em restaurante comercial: um estudo de caso na cidade de Santos/SP. **Revista de Tecnologia Aplicada**, Santos, v. 6, n. 2, p. 44-61, 2012.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. **Fundamentos de metodologia científica**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

LIANG, C. *et al.* The influence of temperature and moisture contents regimes on the aerobic microbial activity of a biosolids composting blend. **Bioresource Technology**, v. 86, p. 131-137, 2003.

LOPES, M. L.; FONSECA, V. V. Estudo do manejo dos resíduos de um restaurante institucional da região sul fluminense. **Interbio**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 1, 2013.

LOUREIRO, D. C. *et al.* Compostagem e vermicompostagem de resíduos domiciliares com esterco bovino para a produção de insumo orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 7, p. 1043-1048, jul. 2007.

MARQUES NETO, J. C.; SCHALCH, V. Gestão dos resíduos de construção e demolição: estudo da situação no município de São Carlos-SP, Brasil. **Engenharia Civil**, n. 36, p. 41-50, 2010.

MASSUKADO, L. M. **Desenvolvimento do processo de compostagem em unidade descentralizada e proposta de software livre para o gerenciamento municipal de resíduos sólidos domiciliares**. 182f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental)–Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

_____; SCHALCH, V. Avaliação da qualidade do composto proveniente da compostagem da fração orgânica dos resíduos sólidos domiciliares. **DAE**, 2010. <http://dx.doi.org/10.4322/dae.2014.051>

MEIRA, A. M.; CAZZONATTO, A. C.; SOARES, C. A. **Manual básico de compostagem**. Piracicaba: USP Recicla, 2003. (Conhecendo os resíduos).

MELDONIAN, N. L. **Alguns aspectos do lixo urbano no estado de São Paulo e considerações sobre a reciclagem do alumínio e do papel**. Tese (Doutorado)–Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.

MERCKEL, A. J. **Managing livestock wastes**. Westport: Avi Publishing Company, 1981.

NASCIMENTO, V. F. *et al.* Evolução e desafios na gestão dos resíduos sólidos urbanos no Brasil. **Ambiente & Água**, Taubaté, v. 10, n. 4, out./dez. 2015.

NUNES, R. Gastronomia Sustentável. **Interação**, São Paulo, ano III, n. 1, jan./jul. 2012.

ORNELLAS, L. H. **Técnica Dietética**. Seleção e preparo de alimentos. 7. ed. São Paulo: Atheneu, 2001.

PARAHYBA JUNIOR, R. A. **Análises das políticas públicas da gestão de resíduos sólidos urbanos e seus impactos socioambientais no cabo de Santo Agostinho–PE**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente)–Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.

PEREIRA NETO, J. T. Lixo urbano no Brasil: descaso, poluição irreversível e mortalidade infantil. **Ação Ambiental**, Viçosa, p. 8-11, 1998.

_____. **Manual de compostagem**. Belo Horizonte: Unicef, 1996.

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

PORTAL BRASIL. **Turismo**. 2014. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/turismo/2014/06/alimentacao-em-bares-e-restaurantes-cresce-no-brasil>>. Acesso em: 13 maio 2017.

PORTALUPPI, et al. Tolerância de genótipos de cereais de inverno ao alumínio em cultivo hidropônico e em campo. **Pesq. agropec. bras.** Brasília, v.45, n.1, p.178-185, jan. 2010

RAND, G. M. **Fundamentals of aquatic toxicology**: effects, environmental fate, and risk assessment. 2. ed. North Palm Beach, Florida: Taylor e Francis, 1995. 1.125 p.

ROSSI, M. R. P. V. **Compostagem de resíduos sólidos orgânicos em escolar de educação básica de Caraguatatuba – SP**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais)–Universidade Camilo Castelo Branco, Fernandópolis, 2015.

SANTOS FILHO, A. R. **Monitoramento e avaliação do processo de compostagem com incorporação de resíduos de gesso de construção civil**. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental)–Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2014.

SCHEREN, M. A. *et al.* Efeitos fitotóxicos do cádmio em solos arenosos e argilosos tratados com resíduo sólido urbano. **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 2, n. 4, p. 7-19, 2013.

SENESI, N. Composted materials as organic fertilizers. **The Science of the Total Environment**, v. 81/82, p. 521-542, 1989.

SILVA, D. C. V. R.; POMPEU, M; PAIVA, T. C. B. **Ecologia de reservatórios e interfaces**. São Paulo: Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, 2015.

SILVA, S. M. S.; MARTINEZ, L. **Cardápio**: guia prático para a elaboração. 2. ed. São Paulo: Roca, 2008. 281p.

SILVA E.; SANTOS P.S.;GUILHERME,M.F.S. Chumbo nas plantas: uma breve revisão sobre seus efeitos, mecanismos toxicológicos e remediação. **Agrarian Academy, Centro Científico Conhecer**. Goiânia, v.2, n.03;p;1.2015.

SILVÉRIO, G. A.; OLTRAMARI, K. Desperdício de alimentos em unidades de alimentação e nutrição brasileiras. **Ambiência**, Guarapuava, v. 10, n. 1, p. 125-134, 2014.

SISSINO, C. L. S.; MOREIRA, J. C. Avaliação da contaminação e poluição ambiental na área de influência do aterro controlado do Morro do Céu, Niterói, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 12, n. 4, p. 515-523, 1996.

SPADOTIM, R. F. **Avaliação ecotoxicológica e identificação da toxicidade no Ribeirão Pires, Limeira – SP**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia)–Faculdade de Tecnologia, Universidade Estadual de Campinas, Limeira, 2015.

TEIXEIRA, S. *et al.* **Administração aplicada às unidades de alimentação e nutrição**. Rio de Janeiro: Atheneu, 2006. 219 p.

VALENTE, B. S. *et al.* Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. **Archivos de Zootecnia**, Pelotas, 2009.

VAS, L. M. S. **Diagnóstico dos resíduos sólidos produzidos em uma feira livre: o caso da Feira do Tomba**. Disponível em: <http://www.usefs.br/sitientibus/tic_28/diagnostico_dos_residuossolidos.pdf>. Acesso em: 20 out. 2006.

VENZKE, C. S. **A geração de resíduos em restaurantes analisada sob a ótica da produção mais limpa**. 2006. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENESEP2001_TR104_0127.pdf>. Acesso em: 5 set. 2016.

VEIROS, M. B., PROENÇA, R. P. C. Princípios de sustentabilidade na produção de refeições. **Nutrição em Pauta**, v. 18, n. 102, p. 45-49, 2010.

WALKER, C. H. *et al.* **Principles of ecotoxicology**. 3. ed. Nova York: CRC Press, 2006.

ZANETTE, P. H. O. **Compostagem dos resíduos orgânicos do Restaurante Universitário do Campus 2 da USP São Carlos: balanço do funcionamento inicial e propostas de melhorias**. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental)–Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015.

AUTORIZAÇÃO

Nome do autor: Ana Carina Exterkoetter

RG: 3133877

Título da Dissertação: Valorização da fração orgânica dos resíduos sólidos de restaurante na ótica da saúde e sustentabilidade ambiental

Autorizo a Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE, através da Biblioteca Universitária, disponibilizar cópias da dissertação de minha autoria.

Joinville, 23 de julho de 2018.


Assinatura do aluno