

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS**

**BRUNO CHAGAS RADDI  
IANOMÍ LIMA DOS SANTOS TONHATI**

**COMPOSTAGEM DE REJEITO DA FILTRAGEM DE ÓLEO DE COZINHA USADO EM  
LEIRA ESTÁTICA DE AERAÇÃO PASSIVA: UM ESTUDO DE CASO**

**POÇOS DE CALDAS, MG**

**2025**

**BRUNO CHAGAS RADDI**  
**IANOMÍ LIMA DOS SANTOS TONHATI**

**COMPOSTAGEM DE REJEITO DA FILTRAGEM DE ÓLEO DE COZINHA USADO EM  
LEIRA ESTÁTICA DE AERAÇÃO PASSIVA: UM ESTUDO DE CASO**

PCP apresentado como parte dos requisitos para  
obtenção do título de Bacharel em Ciência e  
Tecnologia pela Universidade Federal de Alfenas.  
Orientador: Prof. Dr. Thales de Astrogildo e Tréz  
Co-supervisor: MSc. Bruno Ricardo Marques Dutra

**POÇOS DE CALDAS, MG**

**2025**

Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal de Alfenas  
Biblioteca Campus Poços de Caldas

Raddi, Bruno Chagas.

Compostagem de rejeito da filtragem de óleo de cozinha usado em leira estática de aeração passiva : Um estudo de caso / Bruno Chagas Raddi, Ianomí Lima dos Santos Tonhati. - Poços de Caldas, MG, 2025.

51 f. : il. -

Orientador(a): Thales de Astrogildo e Tréz.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia) - Universidade Federal de Alfenas, Poços de Caldas, MG, 2025.

Bibliografia.

1. Compostagem. 2. Borra de óleo. 3. Rejeito de óleo. 4. Sustentabilidade. 5. Aeração passiva. I. Tonhati, Ianomí Lima dos Santos. II. Tréz, Thales de Astrogildo e, orient. III. Título.

Ficha gerada automaticamente com dados fornecidos pelo autor.

**BRUNO CHAGAS RADDI  
IANOMÍ LIMA DOS SANTOS TONHATI**

**COMPOSTAGEM DE REJEITO DA FILTRAGEM DE ÓLEO DE COZINHA USADO EM  
LEIRA ESTÁTICA DE AERAÇÃO PASSIVA: UM ESTUDO DE CASO**

O Presidente da banca examinadora abaixo assina a aprovação da Monografia apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de **Bacharel em Ciência e Tecnologia** pela Universidade Federal de Alfenas.

**Área de concentração:** Gestão de resíduos sólidos

**Aprovada em:** 05 de Dezembro de 2025

Prof. Dr. Thales de Astrogildo e Tréz (Supervisor)  
Universidade Federal de Alfenas

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** THALES DE ASTROGILDO E TRÉZ  
Data: 05/12/2025 16:31:24-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Msc. Bruno Ricardo Marques Dutra (Co-Supervisor)

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** BRUNO RICARDO MARQUES DUTRA  
Data: 05/12/2025 17:36:51-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Alessandra Regina Pepe Ambrozin  
Universidade Federal de Alfenas

Assinatura

Msc. Isis Alves  
Prefeitura Municipal de Poços de Caldas

Assinatura

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos primeiramente ao Prof. Dr. Thales de Astrogildo e Tréz pelo apoio e orientação neste trabalho, com paciência e compreensão.

Agradecemos ao MSc. Bruno Ricardo Marques Dutra pelo apoio e co-supervisão neste trabalho, também com paciência e compreensão.

Agradecemos a Cooper Gore por fazer parte deste trabalho permitindo a pesquisa com seus resíduos.

Agradecemos toda a ajuda nas análises laboratoriais da Prof. Dra. Alessandra Regina Pepe Ambrozin.

Agradecemos a UNIFAL - campus Poços de Caldas por ceder o local da pesquisa e todos os insumos necessários.

Agradecemos aos integrantes do projeto de extensão Decompondo pela parceria neste trabalho.

Agradecemos a nossa família e amigos por todo apoio e amor.

## RESUMO

É notável a crescente geração de resíduos derivados de atividades domésticas e industriais e isso tem intensificado a busca por alternativas sustentáveis de manejo e descarte adequado desses materiais. Entre eles, destaca-se o rejeito oriundo da filtragem de óleo de cozinha usado, um resíduo com alto potencial poluidor se destinado de forma inadequada ao meio ambiente. Nesse contexto, a compostagem surge como uma possível técnica eficiente de tratamento biológico, capaz de transformar materiais orgânicos em um produto rico em nutrientes. Este trabalho teve como objetivo analisar o processo de compostagem do rejeito da filtragem de óleo de cozinha usado, utilizando a técnica de compostagem em leira estática com aeração passiva. O desenvolvimento do estudo foi fundamentado em referencial teórico sobre resíduos sólidos, descarte de óleo de cozinha usado, processos de compostagem e métodos de análise quantitativa do teor de óleo. Empregou-se o método de extração líquido-líquido com solvente apolar para quantificação do óleo na amostra do rejeito puro, após o processo de compostagem e amostras de solo. Os resultados mostraram que a compostagem promove a redução significativa dos teores de óleo, principalmente durante a fase mesofílica. Por fim, o estudo destaca a relevância da compostagem como estratégia sustentável para o manejo de resíduos oleosos, prevenindo impactos ambientais e servindo como alternativa para reciclagem desse composto.

**Palavras chave:** Compostagem, borra de óleo, rejeito de óleo, sustentabilidade, aeração passiva.

## **ABSTRACT**

The increasing generation of waste from domestic and industrial activities is noteworthy, intensifying the search for sustainable alternatives for the proper management and disposal of these materials. Among these, the waste from used cooking oil filtration stands out as a residue with high polluting potential if improperly disposed of in the environment. In this context, composting emerges as a potentially efficient biological treatment technique, capable of transforming organic materials into a nutrient-rich product. This work aimed to analyze the composting process of used cooking oil filtration waste, using the static pile composting technique with passive aeration. The study was based on theoretical references on solid waste, used cooking oil disposal, composting processes, and methods for quantitative analysis of oil content. The liquid-liquid extraction method with a non-polar solvent was used to quantify the oil in the pure waste sample, after the composting process, and in soil samples. The results showed that composting significantly reduces oil content, mainly during the mesophilic phase. Finally, the study highlights the relevance of composting as a sustainable strategy for managing oily waste, preventing environmental impacts and serving as an alternative for recycling this compound.

**Keywords:** Composting, oil sludge, oil waste, sustainability, passive aeration.

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>8</b>
1.2 OBJETIVOS.....	9
1.2.1 Objetivo Geral.....	9
1.2.2 Objetivo Específico.....	10
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>11</b>
2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS.....	11
2.2 ÓLEO DE COZINHA USADO.....	12
2.2.1 Impactos ambientais e sócio-econômicos do descarte incorreto.....	13
2.2.2 Formas de reaproveitamento.....	14
2.2.3 Geração de rejeitos durante o processo de filtragem.....	15
2.3 COMPOSTAGEM.....	15
2.3.1 Fases de uma composteira.....	16
2.3.1.1 Fase inicial.....	16
2.3.1.2 Fase termofílica.....	17
2.3.1.3 Fase mesofílica.....	17
2.3.1.4 Fase de maturação.....	18
2.3.2 Métodos de compostagem.....	19
2.3.2.1 Compostagem com revolvimento de leiras.....	19
2.3.2.2 Leiras estáticas com aeração forçada.....	20
2.3.2.3 Compostagem em sistemas fechados (“reatores”).....	21
2.3.2.4 Leiras estáticas com aeração passiva.....	22
2.4 COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS OLEOSOS.....	23
2.5 ASPECTOS LEGAIS E NORMATIVOS.....	24
2.6 ANÁLISE DE PRESENÇA DE ÓLEO EM AMOSTRA.....	27
2.6.1 Extração de óleo com a utilização de um solvente apolar.....	27
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>29</b>
3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	29
3.2 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA PARCEIRA.....	29
3.3 DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE FILTRAGEM DO ÓLEO.....	30
3.4 MONTAGEM E ACOMPANHAMENTO DA LEIRA.....	31
3.4.1 Leira estática de aeração passiva/ Controle.....	32
3.4.2 Leira estática de aeração passiva/ Com resíduo de filtragem de óleo.....	33
3.5 AVALIAÇÃO DO COMPOSTO FINAL.....	34
3.5.1 Extração de óleo com a utilização de um solvente apolar.....	35
3.5.1.1 Teste das amostras da leira e solos.....	35
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>39</b>
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>46</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>48</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com os impactos ambientais decorrentes da destinação inadequada de resíduos tem impulsionado o desenvolvimento de alternativas sustentáveis voltadas à valorização de materiais descartados e à redução dos impactos causados ao meio ambiente.

Nesse contexto, o óleo de cozinha usado destaca-se como um dos resíduos domésticos e comerciais com potencial poluidor. Quando descartado de forma inadequada, pode causar a impermeabilização e contaminação do solo, o entupimento das redes de esgoto e a poluição dos lençóis freáticos, comprometendo a qualidade da água (SUDEMA, 2022). A implementação de programas de coleta e reciclagem desse material tem se mostrado uma importante estratégia de gestão, como é o caso da Cooper Gore (empresa sediada em Poços de Caldas), que coleta, filtra e destina os resíduos.

Contudo, durante o processo de reciclagem do óleo de cozinha usado, especialmente nas etapas de filtragem e purificação, é gerado um rejeito sólido e pastoso formado por impurezas orgânicas, restos de alimentos e gorduras carbonizadas. O manejo inadequado desse resíduo pode gerar novos impactos ambientais, anulando parte dos benefícios associados à reciclagem do óleo. Diante dessa lacuna, torna-se relevante pesquisar formas seguras e sustentáveis de destinação desse rejeito, de modo a promover a gestão adequada de todo o resíduo.

Uma alternativa para o tratamento desse material é a compostagem, processo de degradação aeróbia da matéria orgânica, que resulta na produção de um composto orgânico, rico em nutrientes e potencialmente utilizável como adubo para o solo. Assim, o presente estudo teve como objetivo a compostagem de rejeito da filtragem de óleo de cozinha proveniente da Cooper Gore. A compostagem foi realizada como parte do projeto de extensão “Decompondo”, do Programa Renovaflora, desenvolvido na Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL), com resíduos provenientes da Cooper Gore, localizada no bairro Jardim América, no município de Poços de Caldas – MG.

Embora a logística reversa do óleo de cozinha usado seja um tema amplamente estudado, com inúmeros trabalhos focando em seu reaproveitamento para a produção de sabão e biodiesel, há uma notável lacuna de conhecimento quanto à destinação do rejeito sólido e pastoso que resulta da filtragem e purificação desse material. Esse resíduo, composto por um volume considerável de impurezas orgânicas provenientes da fritura, como partículas de alimentos e gorduras carbonizadas, raramente é o foco de artigos e pesquisas. A ausência de estudos específicos sobre a gestão desse subproduto do processo de reciclagem representa um desafio, uma vez que ele precisa de um descarte adequado para evitar novos impactos ambientais, mas as alternativas para esse fim ainda são pouco discutidas e exploradas na literatura.

A relevância da presente pesquisa, portanto, está relacionada não apenas à busca por uma solução ambientalmente segura, mas também à possibilidade de contribuir para a sustentabilidade do processo de reciclagem do resíduo proveniente da filtragem do óleo de cozinha usado, oferecendo benefícios ambientais e socioeconômicos à cooperativa e à comunidade envolvida.

Nesse contexto, o problema que orienta esta pesquisa pode ser formulado da seguinte maneira: é possível realizar a compostagem do rejeito da filtragem do óleo de cozinha usado, utilizando o método de leira estática de aeração passiva, obtendo um composto de qualidade e livre da presença de óleo residual? A partir desse questionamento, parte-se da hipótese de que a compostagem é uma alternativa ambientalmente viável para o tratamento desse rejeito, sendo capaz de promover a decomposição da matéria orgânica, reduzir a presença de óleo e gerar um composto final estável e visualmente adequado e passível de aproveitamento.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Verificar a possibilidade de compostagem do rejeito da filtragem do óleo de cozinha usado através do método de leira estática de aeração passiva.

### **1.2.2 Objetivo Específico**

- Avaliar o impacto da incorporação do rejeito na maturação do composto, comparando-a com um grupo controle (composto sem rejeito);
- Comparar o perfil térmico (temperatura máxima atingida, duração das fases) da leira de compostagem contendo rejeito em relação ao tratamento controle;
- Realizar pesquisa bibliográfica dos métodos de detecção e quantificação de óleo em composto;
- Avaliar a qualidade do composto quanto à presença de óleo residual.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS

De acordo com a Lei nº 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), os conceitos de resíduos sólidos e rejeitos são definidos no Art. 3º, incisos XV e XVI:

XV - rejeitos: resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada;

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

Segundo a ABNT NBR 10004 (ABNT,2024), que estabelece os critérios de classificação dos resíduos sólidos conforme seu potencial de risco ao meio ambiente e à saúde pública, os resíduos são classificados em dois grupos principais:

Classe 1 – Resíduos Perigosos.

Classe 2 – Resíduos Não Perigosos.

Sua classificação de periculosidade é dada avaliando os seguintes parâmetros: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, patogenicidade e toxicidade.

As legislações ambientais e normas técnicas enquadram todos os componentes utilizados no presente estudo, (serragem, resíduo de filtragem de óleo, resíduos de pré-cozinha e pós-cozinha), como resíduos sólidos, por se tratarem de materiais descartados que exigem manejo e destinação adequada, conforme previsto na PNRS.

De acordo com a Lei Estadual de Minas Gerais nº 20.011 de janeiro de 2012, que dispõe sobre a política estadual de coleta, tratamento e reciclagem de óleo e gordura de origem vegetal ou animal de uso culinário e de outras providências, o óleo

vegetal é tratado como um resíduo sólido especial, ou seja, necessita de procedimentos específicos para recolhimento, reciclagem e tratamento

A gestão adequada dos resíduos sólidos é um aspecto fundamental para a sustentabilidade ambiental, especialmente diante do aumento do volume de resíduos orgânicos gerados nas atividades domésticas, comerciais e industriais. Nesse contexto, a PNRS enfatiza a prioridade da não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos, reservando a disposição final apenas aos rejeitos. Entre as alternativas de tratamento, a compostagem se destaca como uma prática ambientalmente adequada, capaz de transformar resíduos orgânicos em um produto estável e rico em nutrientes, reduzindo o impacto ambiental e evitando maiores quantidades de resíduos descartados em aterros e lixões .

## 2.2 ÓLEO DE COZINHA USADO

Os óleos de cozinha usados são aqueles que já passaram por processos de fritura ou preparo de alimentos e, portanto, sofreram alterações físicas e químicas devido à exposição a altas temperaturas e à presença de resíduos orgânicos, como restos de alimentos, e água.

Os óleos vegetais são compostos majoritariamente por glicerídeos, formados pela união do glicerol com ácidos graxos, que podem ser saturados ou insaturados. Os ácidos graxos saturados apresentam apenas ligações simples entre os carbonos, o que lhes confere menor reatividade e maior estabilidade, enquanto os insaturados possuem uma ou mais ligações duplas, tornando-os mais suscetíveis à oxidação. Essa diferença estrutural explica o fato de os óleos vegetais, ricos em ácidos graxos insaturados, permanecerem líquidos à temperatura ambiente, ao contrário das gorduras, que são sólidas por conterem maior proporção de ácidos graxos saturados. Além dos triglicerídeos, esses óleos apresentam pequenas quantidades de compostos não-glicerídeos, como pigmentos, ceras e tocoferóis, que representam menos de 5% nos óleos brutos e cerca de 2% nos refinados, influenciando aspectos como cor, aroma e valor nutricional (REDA; CARNEIRO, 2007).

Durante o processo de fritura, o óleo de cozinha sofre diversas transformações químicas que alteram suas propriedades originais. A exposição simultânea à água presente nos alimentos, ao oxigênio do ar e às altas temperaturas provoca uma série de reações de degradação. A água desencadeia reações de hidrólise, o oxigênio promove a oxidação lipídica, e o calor intenso favorece reações térmicas, como isomerização e cisões moleculares que originam compostos como aldeídos e cetonas. Essas transformações comprometem a qualidade funcional, sensorial e nutricional do óleo, modificando características como sabor, aroma, textura e coloração. Entre os mecanismos de deterioração, destacam-se a hidrólise, a oxidação e a polimerização, sendo a oxidação o principal processo responsável pela perda da estabilidade e pela formação de substâncias potencialmente tóxicas (REDA; CARNEIRO, 2007).

Essas transformações reduzem a qualidade do óleo, tornando-o impróprio para o consumo humano, mas ainda passível de reaproveitamento em processos industriais, como a produção de biodiesel, sabões e compostagem, quando corretamente tratado.

### **2.2.1 Impactos ambientais e sócio-econômicos do descarte incorreto**

O descarte incorreto do óleo de cozinha é um dos causadores de impactos ambientais e socioeconômicos negativos nas áreas urbanas, causando impactos nos meios bióticos, abióticos e socioeconômicos.

No meio biótico o principal impacto é no ecossistema aquático, devido aos microrganismos responsáveis pela decomposição dos óleos, que consomem grande parte do oxigênio presente na água, causando a morte de peixes e outros organismos aquáticos (SEMAE, 2021; SEMASA, 2022).

Em relação ao meio abiótico, alguns de seus impactos são, a impermeabilização e contaminação do solo, contaminação das águas superficiais e subterrâneas (SEDEMA, 2022; SEMAE, 2021).

No meio socioeconômico ocorre o entupimento das tubulações da rede de esgoto, devido ao descarte inadequado do óleo em pias, ralos e vasos sanitários, onde

se juntam a outros resíduos, causando o entupimento, o que pode levar ao refluxo do esgoto para dentro das casas, além da necessidade do uso de produtos químicos para resolver o problema (BÓSIO, 2014; SEMAE, 2021; SEMASA, 2022).

### **2.2.2 Formas de reaproveitamento.**

O óleo de cozinha usado possui grande potencial de reaproveitamento, podendo ser utilizado como matéria-prima na fabricação de diversos produtos, como biodiesel, sabões, detergentes, tintas e lubrificantes para engrenagens. Essa prática integra o conceito de ciclo reverso de produção, no qual resíduos são reinsertos na cadeia produtiva, reduzindo a demanda por recursos naturais e mitigando impactos ambientais. Além de representar uma alternativa economicamente viável, o reaproveitamento do óleo evita sua disposição inadequada, que pode causar sérios danos ao meio ambiente e comprometer o funcionamento dos sistemas de esgotamento sanitário e de tratamento de águas residuárias (PITTA JR. et al., 2009).

No entanto, no caso da produção de biodiesel, o uso da borra proveniente da filtragem do óleo deve ser controlado, pois sua composição heterogênea, frequentemente associada à presença de água e impurezas, pode comprometer as etapas de transesterificação e reduzir a eficiência do processo produtivo (OLIVEIRA, 2013).

Outra alternativa de reaproveitamento é a compostagem, processo biológico que transforma matéria orgânica em composto rico em nutrientes.

De acordo com Oliveira (2013), a aplicação de borra de óleos e gorduras na compostagem é considerada viável, desde que sejam adotadas medidas de controle, principalmente relacionadas à quantidade de material. Isso porque altas concentrações de resíduo podem afetar o pH e a condutividade elétrica, comprometem a atividade microbiana, atrasando a degradação, além de ser um material difícil de degradar. Assim, recomenda-se que a adição do resíduo de filtragem não exceda cerca de 20%

da mistura, garantindo a qualidade do processo e evitando prejuízos à estabilidade da leira.

### **2.2.3 Geração de rejeitos durante o processo de filtração**

Durante o processo de filtração do óleo de cozinha usado, ocorre a formação de um resíduo sólido conhecido como borra de filtração ou resíduo de filtração. Esse material possui uma característica viscosa, coloração escura e um forte odor (CROTTI, 2022). É composto principalmente por partículas carbonizadas de alimentos, água residual, impurezas insolúveis, grandes quantidades de fosfolípidios, ceras e substâncias coloidais (OLIVEIRA, 2013).

Além das características físico-químicas já citadas, o manejo do resíduo de filtração é um ponto crítico importante devido ao seu potencial impacto ambiental, principalmente quando o descarte é feito de forma inadequada (BÓSIO, 2014).

## **2.3 COMPOSTAGEM**

Os principais objetivos da compostagem são a obtenção de húmus, substância fértil e rica em nutrientes, que vem do resultado da interação entre fungos, bactérias e minhocas que transformam restos de alimentos em adubo natural (INÁCIO; MILLER, 2009). Além de também reduzir o volume de resíduos orgânicos que são destinados diariamente em aterros sanitários (BRASIL, 2010).

Visto que a disposição inadequada de resíduos causa diversos problemas ambientais como proliferação de vetores, contaminação do solo e de recursos hídricos pode-se tratar parte desses resíduos, os orgânicos, de uma maneira que alivie o volume total de resíduos que chegam aos aterros sanitários e ainda gerar um material que pode ser utilizado, por exemplo, na adubação de plantações, fazendo a recuperação do solo (BRASIL, 2010).

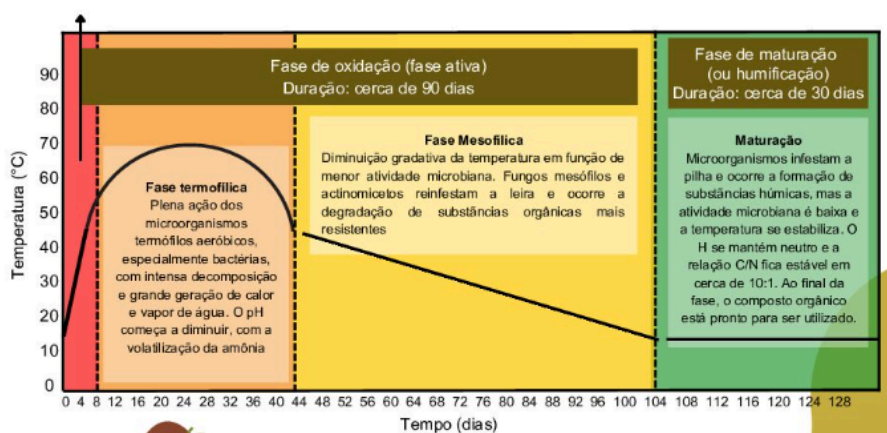
No processo de compostagem é importante observar alguns fatores, entre eles temperatura, umidade e aeração. Esses indicadores vão determinar a qualidade do composto orgânico ao final do processo. O processo de compostagem passa por três fases: termofílica, mesofílica e fase de maturação (INÁCIO; MILLER, 2009).

Inácio e Miller (2009) descrevem quatro formas de se fazer uma composteira: compostagem com revolvimento de leiras, leiras estáticas com aeração forçada, compostagem em sistemas fechados (“reatores”) e leiras estáticas com aeração passiva.

### 2.3.1 Fases de uma composteira

Observamos na Figura 1 a relação entre as fases de uma composteira e a temperatura.

Figura 1 – Variação da temperatura na composteira ao longo das fases



Fonte: CASA DO PRODUTOR RURAL DA ESALQ/USP

#### 2.3.1.1 Fase inicial

A etapa inicial do processo de compostagem começa com a deposição do material, com microrganismos já trabalhando no processo de decomposição dos resíduos orgânicos. Ocorre a liberação de calor e um aumento rápido da temperatura,

até atingir 45°C no interior da composteira. Dependendo das características do material orgânico e do método, essa fase pode levar menos de 15 horas até cerca de 3 dias (INÁCIO; MILLER, 2009).

### 2.3.1.2 Fase termofílica

A fase termofílica é uma etapa crucial e intensamente ativa do processo de compostagem, caracterizada pelo aumento significativo da temperatura interna da leira, que ultrapassa 45°C. Nessa fase, a decomposição da matéria orgânica ocorre de forma acelerada graças à predominância de microrganismos termofílicos, principalmente as bactérias. A intensa atividade metabólica desses organismos promove a “quebra” eficiente de compostos como proteínas e lipídeos (INÁCIO; MILLER, 2009).

Além da aceleração da biodegradação, a fase termofílica desempenha um papel sanitário fundamental, pois a elevação e manutenção da temperatura alta elimina patógenos, ovos de parasitas e sementes de plantas daninhas, contribuindo para a segurança do composto final. Para que esta fase ocorra de maneira eficiente, é essencial o controle adequado da umidade, aeração e relação carbono/nitrogênio, fatores que favorecem o desenvolvimento microbiano e evitam condições anaeróbias que poderiam comprometer o processo (INÁCIO; MILLER, 2009).

Essa fase pode durar de algumas semanas até dois meses, dependendo da composição do material e das condições ambientais adotadas no sistema de compostagem. A manutenção da temperatura na faixa termofílica é indicativa da saúde do processo, sendo necessária para a produção de um composto estável, homogêneo e de alta qualidade, que posteriormente entra na fase de maturação para estabilização final (INÁCIO; MILLER, 2009).

### 2.3.1.3 Fase mesofílica

A fase mesofílica é a etapa da compostagem, responsável pela decomposição de substâncias orgânicas mais resistentes com queda gradativa da temperatura variando entre 20°C e 45°C. Durante essa fase, microrganismos mesofílicos, principalmente fungos, colonizam o material orgânico e realizam a degradação dos compostos mais complexos, como celulose e hemicelulose. Além disso, a fase mesofílica é crucial para o equilíbrio da relação carbono/nitrogênio (C/N) e da umidade, condições que afetam diretamente a eficiência da compostagem (INÁCIO; MILLER, 2009).

Durante a fase mesofílica, observa-se uma rápida multiplicação dos microrganismos que iniciam a transformação da matéria orgânica disponível, garantindo uma decomposição progressiva e contínua. O sucesso desta etapa é fundamental para assegurar a continuidade e a eficiência das fases seguintes, além de garantir a produção de um composto de qualidade ao final do processo. Assim, o manejo adequado do processo, focando na manutenção da umidade e na aeração, é essencial para a otimização da fase mesofílica e, conseqüentemente, do ciclo completo da compostagem (INÁCIO; MILLER, 2009).

#### 2.3.1.4 Fase de maturação

A fase de maturação representa a etapa final e crucial do processo de compostagem, caracterizada pela estabilização da matéria orgânica previamente decomposta nas fases termofílicas e mesofílicas. Nessa fase, a temperatura da pilha retorna gradativamente aos níveis ambientais, sinalizando a redução significativa da atividade microbiana intensa das fases anteriores. Este processo, conhecido como humificação, promove a formação do húmus, substância enriquecida em matéria orgânica estabilizada e nutrientes essenciais para o solo (INÁCIO; MILLER, 2009).

O tempo para a conclusão dessa fase pode variar significativamente, desde algumas semanas até mais de dois meses, dependendo da natureza dos resíduos e das condições ambientais, como umidade e aeração. Manter um manejo adequado

durante a etapa de maturação é fundamental para que o composto final apresente textura, cor e odor apropriados, além de estar livre de agentes patogênicos e metais pesados, garantindo sua eficiência e sustentabilidade (INÁCIO; MILLER, 2009).

### **2.3.2 Métodos de compostagem**

#### **2.3.2.1 Compostagem com revolvimento de leiras**

O método de compostagem com revolvimento de leiras, descrito por Inácio e Miller (2009) no livro "Compostagem: ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos" da Embrapa, consiste na formação de pilhas ou leiras de resíduos orgânicos que são periodicamente revolvidas para promover a aeração e a homogeneização do material. Esse procedimento permite a entrada de oxigênio, essencial para manter as condições aeróbicas do processo, e distribui a umidade e o calor uniformemente pela pilha. O revolvimento favorece a decomposição mais rápida e eficiente da matéria orgânica, evitando a formação de zonas anaeróbicas, que podem gerar odores desagradáveis e compostos tóxicos.

Entre as vantagens desse método estão a simplicidade operacional, o custo relativamente baixo e a possibilidade de controlar facilmente as condições do processo, como temperatura, umidade e aeração, por meio do revolvimento adequado. Além disso, o método é flexível e pode ser adaptado a diferentes tipos e volumes de resíduos, sendo amplamente utilizado em propriedades rurais e sistemas municipais de médio porte (INÁCIO; MILLER, 2009).

Por outro lado, as desvantagens incluem a demanda significativa por mão de obra e tempo para realizar os revolvimentos periódicos, o que pode tornar o processo mais custoso e trabalhoso em larga escala. Também há maior exposição do material ao ambiente, o que pode acarretar perdas de umidade e nutrientes se o manejo não for cuidadoso. Além de que o revolvimento inadequado pode interromper a estabilização do material e atrasar o processo de compostagem (INÁCIO; MILLER, 2009).

Assim, a compostagem com revestimento de leiras é uma técnica versátil e eficiente, quando bem manejada, que promove a transformação rápida e controlada da matéria orgânica em composto de qualidade, porém requer atenção à manutenção das condições ambientais e ao custo de operação.

### 2.3.2.2 Leiras estáticas com aeração forçada

O método de compostagem de leira estática com aeração forçada, conforme descrito por Inácio e Miller (2009), consiste na formação de leiras de resíduos orgânicos sobre sistemas de tubulação que insuflam ar por meio de ventiladores e sopradores. Esse sistema de aeração contínua ou intermitente força a circulação de oxigênio diretamente no interior da pilha, garantindo condições aeróbias ideais para os microrganismos decompositores e minimizando a formação de áreas anaeróbias.

Entre as vantagens dessa técnica estão a maior eficiência no controle das condições ambientais do processo, como temperatura, oxigenação e umidade, que favorecem a decomposição rápida e homogênea da matéria orgânica. A aeração forçada reduz a necessidade de revolvimento manual da pilha, diminuindo o custo de mão de obra e o impacto operacional. Além disso, o método permite compostar grandes volumes de resíduos em menor tempo, com menor geração de odores e maior estabilidade do material final (INÁCIO; MILLER, 2009).

Entretanto, as desvantagens incluem o investimento inicial significativo em equipamentos e instalações para o sistema de aeração, bem como a dependência contínua de energia elétrica para a operação dos ventiladores. A complexidade técnica do sistema exige monitoramento constante para evitar falhas na aeração, o que pode resultar em condições anaeróbias e comprometimento do processo. Por isso, este método é mais indicado para compostagem em escala industrial ou comunitária onde os benefícios superam os custos operacionais (INÁCIO; MILLER, 2009).

Assim, a compostagem de leira estática com aeração forçada é uma alternativa eficiente para a gestão de resíduos orgânicos em larga escala que promove qualidade

e rapidez na produção de composto, desde que o manejo e o controle tecnológico sejam adequados.

#### 2.3.2.3 Compostagem em sistemas fechados (“reatores”)

O método de compostagem em sistemas fechados, também conhecido como compostagem em reatores, é detalhadamente abordado por Inácio e Miller (2009). Esses sistemas consistem em unidades compactas e controladas, onde a decomposição da matéria orgânica ocorre dentro de recipientes ou compartimentos fechados que permitem o monitoramento rigoroso de parâmetros essenciais como temperatura, umidade, oxigenação e pH. A compostagem em reatores permite operações contínuas ou semicontínuas, favorecendo o processamento mais rápido e controlado dos resíduos em relação aos métodos tradicionais de compostagem em leiras.

Entre as vantagens do método destacam-se a otimização do espaço, ideal para áreas urbanas ou industriais, e a redução significativa de odores e emissões indesejadas, devido ao ambiente fechado e à contenção dos gases gerados. O controle rigoroso das condições ambientais possibilita maior eficiência microbiana e maior qualidade do composto final, além de acelerar a sanitização do material, eliminando patógenos e sementes viáveis. Outro ponto positivo é a redução da necessidade de mão de obra para manutenções frequentes, uma vez que os sistemas são geralmente automatizados (INÁCIO; MILLER, 2009).

Contudo, a compostagem em reatores apresenta desvantagens relevantes, como o alto investimento inicial em equipamentos, infraestrutura e energia elétrica para a operação dos sistemas automatizados. A complexidade técnica exige capacitação para operar e manter os reatores, além de monitoramento constante para evitar falhas que possam gerar condições anaeróbias, comprometendo a qualidade do processo e do produto final. O custo operacional mais elevado limita sua aplicação, preferencialmente indicada para grandes geradores de resíduos ou unidades de compostagem industriais (INÁCIO; MILLER, 2009).

Em resumo, a compostagem em sistemas fechados representa uma solução tecnológica avançada para a gestão sustentável de resíduos orgânicos, que alinha controle rigoroso, rapidez e eficiência, sendo recomendada para contextos que demandam alta produtividade e controle ambiental rigoroso.

#### 2.3.2.4 Leiras estáticas com aeração passiva

O método de compostagem em leira estática com aeração passiva, conforme descrito por Inácio e Miller (2009), consiste na formação de pilhas ou leiras de matéria orgânica que recebem aeração natural, sem a utilização de equipamento mecânico para circulação de ar. O oxigênio necessário para o processo aeróbico de decomposição penetra no material por meio dos poros da pilha e da ventilação natural pelo entorno da leira. Esta prática depende diretamente da estrutura física dos resíduos e do manejo adequado para evitar compactação, garantindo assim a circulação de ar e a manutenção da atividade microbiana.

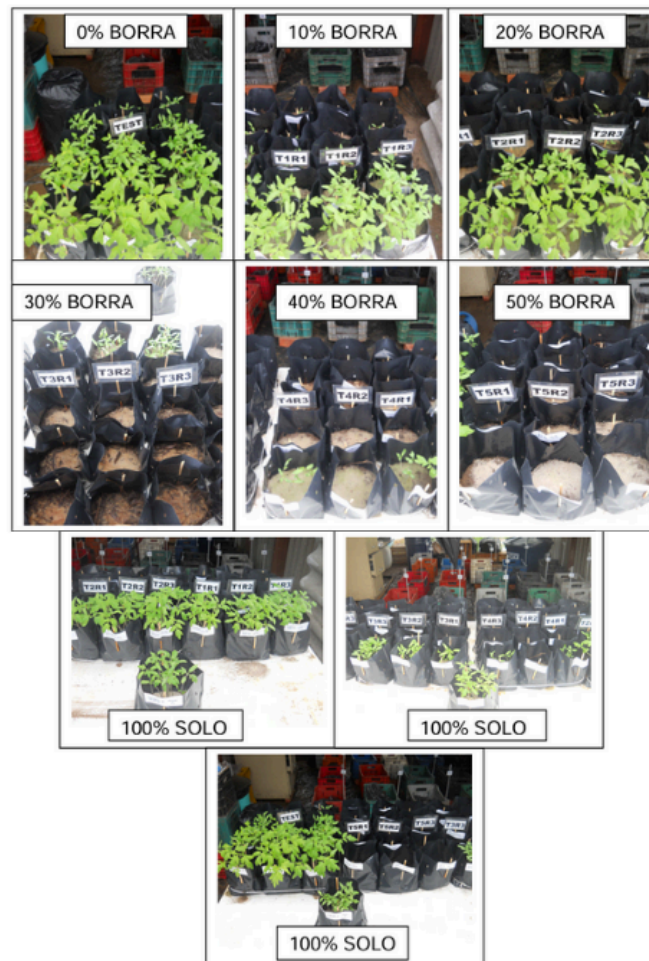
Entre as vantagens deste método destacam-se a sua simplicidade operacional, baixo custo financeiro e a possibilidade de ser aplicado em pequenas e médias propriedades rurais e comunidades, onde os investimentos em equipamentos são limitados. A ausência de sistemas mecanizados reduz o consumo de energia e permite o uso de materiais diversos, tornando a compostagem acessível em contextos variados. Contudo, as desvantagens incluem a necessidade de manejo cuidadoso para evitar a compactação e áreas anaeróbicas que podem produzir maus odores e retardar o processo. A falta de controle rigoroso da aeração pode acarretar degradação menos eficiente e maior tempo de compostagem. Além disso, a exposição ao ambiente favorece oscilações térmicas e potenciais perdas de água, o que pode comprometer o equilíbrio ideal para a atividade microbiana (INÁCIO; MILLER, 2009).

Portanto, a compostagem em leira estática com aeração passiva é uma alternativa eficiente e sustentável, principalmente para pequenos geradores de resíduos e contextos com restrições orçamentárias, sendo fundamental o monitoramento da umidade e da estrutura do material para garantir a qualidade do processo e do composto final.

## 2.4 COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS OLEOSOS

De acordo com Oliveira (2013), o processo de compostagem com resíduo de filtragem de óleo necessita de uma atenção extra, principalmente na quantidade de material utilizado, visto que valores acima de 20% podem prejudicar a eficiência e a velocidade do processo. Em seu experimento, foram realizados testes de plantio em diversas concentrações de borra, 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50% e 100% (m/m) de solo (figura 2). Esse material pode ter efeitos no tempo e na temperatura do processo, além de influenciar o pH e a condutividade elétrica, afetando diretamente sua qualidade final.

Figura 2 - Teste de crescimento de mudas com a mistura do composto nas proporções de 0, 10, 20, 30, 40, 50 e 100%.



Fonte: OLIVEIRA (2013)

Apesar de existirem poucos estudos nacionais que abordem diretamente a utilização da borra de filtragem de óleo em processos de compostagem, os resultados disponíveis indicam que, quando manejado de forma adequada, seguindo parâmetros bem estabelecidos, o resíduo pode ser incorporado como componente da mistura sem comprometer a qualidade do composto final.

## 2.5 ASPECTOS LEGAIS E NORMATIVOS

No que diz respeito aos resíduos sólidos, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela lei N° 12.305/2010, e a Política Estadual de Resíduos Sólidos (PERS), instituída pela Lei N° 18.031/2009, estabelecem os princípios como responsabilidade compartilhada, destinação final adequada, prevenção de danos ambientais e logística reversa. Embora a legislação federal não trate diretamente da destinação do óleo vegetal e mencione a compostagem apenas como uma das possibilidades de manejo dos resíduos orgânicos, a legislação estadual reforça a relevância desse método. A atualização promovida pela Lei n° 24.438/2023 incorporou a compostagem como instrumento para o cumprimento dos objetivos da política estadual, ampliando seu incentivo e aplicação (BRASIL, 2010; MINAS GERAIS, 2009; MINAS GERAIS, 2023).

Para os processos de compostagem, a norma a ser seguida é a Resolução CONAMA n° 481/2017, que estabelece critérios e procedimentos para garantir o controle e a qualidade ambiental da compostagem de resíduos orgânicos, como por exemplo, parâmetros operacionais e requisitos para controle ambiental.

No que se refere ao manejo de óleo vegetal usado ou resíduos gerados durante sua filtragem, observa-se que não há legislação federal específica que estabeleça limites, padrões ou diretrizes voltadas ao uso desses resíduos em solos ou em processos de compostagem. A PNRS menciona apenas o gerenciamento adequado de óleo lubrificante, enquanto a Lei de Crimes Ambientais (Lei n° 9.605/1998) prevê como

infração ambiental o descarte inadequado de óleos ou substâncias oleosas quando este resultar em danos à saúde humana, mortandade de animais ou degradação significativa da flora.

Diante dessa lacuna normativa em nível federal, a legislação estadual de Minas Gerais é regulamentada pela Lei nº 20.011/2012, que dispõe sobre a política estadual de coleta, tratamento e reciclagem de óleo e gordura de origem vegetal ou animal de uso culinário e dá outras providências. A norma estabelece diretrizes voltadas à proteção da saúde, à prevenção da contaminação do solo e dos recursos hídricos e à redução de danos à rede de esgoto, classificando esses resíduos como “resíduos sólidos especiais”, o que exige procedimentos diferenciados para seu recolhimento, armazenamento e destinação final. Além disso, a lei incentiva o beneficiamento e a reciclagem do óleo usado, a logística reversa, promove campanhas educativas, estimula a criação de centros de coleta e o desenvolvimento de cooperativas e indústrias de reciclagem, além de fortalecer ações de logística reversa e fiscalização. Dessa forma, a legislação estadual supre parcialmente a ausência de diretrizes federais específicas, reforçando mecanismos de gestão, controle e aproveitamento ambientalmente adequado do óleo residual.

A Lei Municipal nº 9.187/2017 estabelece o sistema de coleta, reciclagem e destinação final de óleos e gorduras de origem vegetal e animal no município de Poços de Caldas, definindo medidas para evitar o descarte inadequado desses resíduos. A norma obriga os geradores, como estabelecimentos comerciais, indústrias, condomínios, ambulantes e prestadores de serviços, a armazenar corretamente o óleo usado, impedir sua contaminação e destiná-lo apenas a pontos de recepção, coleta ou reciclagem autorizados, mantendo registro de todo o volume encaminhado. Também atribui responsabilidades aos coletores, que devem realizar coleta periódica, evitar contaminações no transporte e garantir manuseio seguro por pessoal capacitado, com destinação final em locais licenciados. O descumprimento das diretrizes previstas resulta em penalidades, reforçando o controle ambiental sobre toda a cadeia de gerenciamento do óleo residual.

O Decreto Municipal nº 14.305/2023 regulamenta a Lei nº 9.187/2017 e detalha os procedimentos operacionais para a coleta, reciclagem e destinação final de óleos e

gorduras de origem vegetal e animal no município de Poços de Caldas. O decreto estabelece responsabilidades específicas aos geradores, coletores e às cooperativas envolvidas no processo, definindo critérios para cadastro, monitoramento e rastreabilidade da coleta. Ao exigir o devido licenciamento ambiental para operação dessas atividades, garante, assim, a destinação segura e ambientalmente adequada.

Embora nenhuma das legislações abordadas estabeleça parâmetros quantitativos de concentração máxima de óleo permitida no solo ou em compostos orgânicos, todas tratam o óleo residual como um resíduo de elevado potencial poluidor. Dessa forma, compreende-se que sua presença no solo ou no composto deve ser evitada, uma vez que mesmo pequenas quantidades podem representar risco ambiental.

Lista das legislações pertinente ao assunto:

**Lei nº 12.305/2010**, institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos;

**Lei nº 18.031/2009**, institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos;

**Lei nº 24.438/2023**, altera a lei nº 18.031/2009;

**Resolução CONAMA nº 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;

**Lei nº 9.605/1998**, institui a Lei de Crimes Ambientais;

**Lei nº 20.011/2012**, dispõe sobre a política estadual de coleta, tratamento e reciclagem de óleo e gordura de origem vegetal ou animal de uso culinário e dá outras providências;

**Lei Municipal nº 9.187/2017**, institui o sistema de coleta, reciclagem e destinação final de óleos e gorduras de origem vegetal e animal, estabelecendo diretrizes para evitar o descarte inadequado e seus impactos ambientais;

**Decreto Municipal nº 14.305/2023**, regulamenta a lei nº 9.187, de 31 de agosto de 2017, que institui a coleta, reciclagem e destinação final de óleos e gorduras de origem vegetal e animal, no âmbito do município de Poços de Caldas e dá outras providência.

## 2.6 ANÁLISE DE PRESENÇA DE ÓLEO EM AMOSTRA

A análise de presença de óleo na amostra do composto se faz necessária a fim de verificar a eficiência de degradação desse rejeito por parte da ação microbiana na composteira, até a fase mesofílica. Por se tratar de um trabalho experimental realizado como alternativa para a reciclagem do rejeito de filtragem do óleo usado, é necessário verificar a eficiência do processo e o potencial impacto ambiental gerado. Com essa análise da quantidade de óleo presente no composto, poderemos constatar se o produto final da compostagem será seguro para o uso e poderá servir de fato como alternativa ambientalmente adequada para tratar o rejeito do processo de filtragem do óleo usado coletado pela Coopergore. Métodos cromatográficos ou gravimétricos são os mais utilizados, sendo a extração líquido-líquido com solvente apolar a alternativa adotada por sua praticidade e boa eficiência (OLIVEIRA, 2013).

### 2.6.1 Extração de óleo com a utilização de um solvente apolar

A técnica de extração de óleo utilizando solvente apolar baseia-se no princípio de que compostos lipídicos, como óleo e gordura, apresentam alta solubilidade em solventes apolares, tais como, éter de petróleo ou hexano.

O experimento consiste em secar a amostra e, em seguida, adicionar o solvente para que tenha a dissolução do óleo. Após a adição do solvente, a mistura é submetida a um período de repouso e filtrada, começando o processo de extração líquido-líquido com a fase orgânica separada da fase aquosa. As fases são então

submetidas à agitação. Então, as fases são separadas e a fase orgânica, que contém o óleo dissolvido no solvente apolar é separada da fase aquosa e, posteriormente, evaporada sob vácuo, restando somente o óleo. O óleo pode ser quantificado na amostra a partir de sua pesagem. (UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS, 2019; DIAS, 2004).

Esse método é amplamente utilizado por ser capaz de estimar a quantidade de óleo em amostras de óleo residual mas também em amostras de solo e compostagem (DIAS, 2004).

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O experimento foi conduzido nas dependências da Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL) no *campus* de Poços de Caldas, em área externa com solo exposto, boa circulação de ar e incidência solar direta. A leira de compostagem foi instalada em local com estrutura de proteção composta por cobertura de telhas e fechamento lateral de *pallets*, de modo evitar o revolvimento de animais de médio e grande porte. Essa estrutura garante condições ambientais mais estáveis e adequadas ao desenvolvimento do processo de compostagem.

A escolha da área experimental na UNIFAL deve-se à disponibilidade de espaço adequado, facilidade de monitoramento das variáveis ambientais e controle das condições necessárias para o desenvolvimento do experimento, garantindo segurança, acessibilidade e acompanhamento técnico durante todo o período de compostagem. Além disso, a área abriga o Projeto Decompondo, um projeto de extensão da UNIFAL-MG que desde 2016 vem atuando na implantação da compostagem em diferentes espaços e finalidades.

#### 3.2 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA PARCEIRA

A CooperGore é uma cooperativa localizada no município de Poços de Caldas (MG), situada na Rua Treze de Maio, nº 85, bairro Jardim América. Com 16 anos de atuação no município e região, a cooperativa desenvolve atividades voltadas à coleta e reciclagem de óleo de cozinha usado, contribuindo para a gestão ambientalmente adequada desse resíduo e para a redução de impactos associados ao seu descarte inadequado.

A organização é composta exclusivamente por mulheres, promovendo inclusão social e geração de renda por meio do trabalho cooperativo. A CooperGore foi responsável pelo fornecimento do resíduo sólido proveniente do processo de filtragem do óleo de cozinha usado, o qual foi empregado como material de estudo no experimento de compostagem desenvolvido na Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL).

### 3.3 DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE FILTRAGEM DO ÓLEO

O óleo de cozinha usado coletado pela CooperGore é transportado em galões de 20 ou 50 litros, disponibilizados em estabelecimentos parceiros, como restaurantes, bares e hotéis. Após o enchimento, os galões são recolhidos pela cooperativa, sendo que, como forma de incentivo, os estabelecimentos recebem produtos de limpeza em troca do óleo utilizado.

Ao chegar na cooperativa, o óleo é submetido a um processo sequencial de separação e purificação (Figura 3). Inicialmente, é destinado ao primeiro tanque, onde ocorre a separação dos resíduos mais pesados e a remoção parcial de água por aquecimento. Em seguida, o material é transferido para um segundo tanque, onde passa por novo aquecimento, permanece em repouso e sofre uma segunda retirada de água.

O terceiro tanque é destinado à filtragem manual, utilizando tecidos e manipulação direta para reter o máximo de impurezas e garantir maior pureza ao óleo. Após esse procedimento, o óleo purificado é armazenado em tanques apropriados e posteriormente enviado a empresas especializadas para a produção de biodiesel.

Figura 3 – Etapas do tratamento do óleo de cozinha usado na CooperGore.



Fonte: Autor (2025).

Legenda: a)Primeiro tanque;  
b)Segundo tanque;  
c)Terceiro tanque.

O resíduo sólido gerado durante o processo, composto principalmente por restos de fritura, batata frita, bacon e farinhas, foi o material utilizado neste estudo para o desenvolvimento da leira de compostagem. A produção deste resíduo, atualmente, é de aproximadamente 800 quilos por mês, conforme observado em visita técnica ao local.

### 3.4 MONTAGEM E ACOMPANHAMENTO DA LEIRA

Na área experimental da Unifal foram analisadas duas leiras identificadas da seguinte maneira. Leira 1, também chamada de leira controle com deposição entre 28 de março e 20 de maio. A Leira 2, com resíduo de filtragem de óleo, com deposição entre 23 de maio e 27 de junho. Além disso, é feita referência a uma Leira 3, que não faz parte do escopo deste trabalho, mas da qual foi retirada uma amostra de solo no horizonte superficial do solo no local onde foi montada essa leira.

### 3.4.1 Leira estática de aeração passiva/ Controle

Para montagem da leira controle, Leira 1, foram utilizados 147,67 kg de resíduos de pré cozinha, 331,06 kg de resíduos pós cozinha totalizando 478,73 kg de resíduo orgânico. Como insumo seco foi utilizado serragem de granulometria média, proveniente de um *atelier* de móveis de demolição - uma característica importante, uma vez que se trata de material com alto teor de lignina e sem resíduos químicos (tintas ou vernizes). A mixagem do insumo com os resíduos foi realizada na própria leira, sendo posteriormente revestida com uma camada de aproximadamente 10 cm de palha. Para fins de proteção contra o revolvimento de animais de médio ou grande porte, presentes na região, pallets de madeira foram utilizados ao redor da leira (Figura 4).

Figura 4 - Leira Controle com os pallets de proteção.



Fonte: Autor (2025)

As deposições ocorreram entre 28 de março a 20 de maio. A aferição de temperatura foi feita com um termômetro digital de bastão (Figura 5), antes de cada deposição. Em uma abertura no topo da leira, um pequeno buraco de aproximadamente 10cm era aberto e o termômetro era inserido até que houvesse a estabilização do registro da temperatura. A umidade era avaliada visualmente, e em caso de baixa umidade, era feita a irrigação da leira.

Figura 5 - Termômetro utilizado na medição da temperatura



Fonte: Autor (2025)

Entrando na fase mesofílica, no dia 04 de julho, no dia 99, o processo foi acompanhado até o dia 11 de agosto onde entrou na fase de maturação. Totalizando 137 dias o processo de compostagem (Tabela 1).

#### **3.4.2 Leira estática de aeração passiva/ Com resíduo de filtragem de óleo**

Na montagem da leira com resíduo de filtragem de óleo, foram utilizados 87,8 kg de resíduo de pré cozinha, 381,5 kg de resíduo pós cozinha e 99 kg de rejeito totalizando 568,3 kg depositados (Tabela 2). O mesmo insumo e procedimentos empregados na leira controle foram reproduzidos no manejo desta leira 2 (Figura 6).

Figura 6 - Leira com resíduo de filtragem de óleo



Fonte: Autor (2025)

O período de deposição ocorreu entre os dias 23 de maio e 27 de junho, durando assim 36 dias iniciando o período de monitoramento do processo, a entrada dos rejeitos ocorreram em quatro partes, nos dias: 10 de junho, 13 de junho, 24 de junho e 27 de junho. O rejeito da filtragem do óleo era envolvido com serragem antes de cada deposição.

No presente momento da elaboração desse trabalho, a leira ainda encontrava-se no final da fase mesofílica, ainda apresentando altas temperaturas.

### 3.5 AVALIAÇÃO DO COMPOSTO FINAL

O método de avaliação do composto com resíduo de filtragem baseia-se na comparação entre diferentes condições experimentais, com o objetivo de compreender o comportamento e a retenção do óleo ao longo do processo de compostagem. Foi analisada a leira contendo resíduo oleoso (leira 2), bem como o solo abaixo dela, a fim de verificar se houve percolação do óleo no solo. Ainda, o solo abaixo da leira controle

e o solo do entorno, para verificar se há eventuais resíduos de óleo. Para determinação do teor de óleo, utilizou-se o método de extração líquido-líquido com solvente apolar (éter de petróleo). Além disso, o resíduo de filtração do óleo foi analisado para quantificar a porcentagem exata de óleo inicialmente incorporada à leira.

### **3.5.1 Extração de óleo com a utilização de um solvente apolar**

A extração de óleo residual nas amostras da composteira, do resíduo da filtração e do solo foi realizada utilizando uma técnica de extração líquido-líquido com solvente apolar, éter de petróleo.

#### **3.5.1.1 Teste das amostras da leira e solos**

Realizou-se os testes para verificação da presença de óleo residual do resíduo de filtração, da amostra da leira com resíduo de filtração, do solo embaixo da leira com resíduo de filtração, do solo embaixo da leira de controle e do solo ao redor.

A caracterização física do solo na área de compostagem apresentou textura predominantemente argilosa e compactada - portanto, de baixa permeabilidade. Considerando essas propriedades edáficas, procedeu-se à coleta de três amostras de solo em um horizonte superficial de 0 a 15 cm de profundidade. Os pontos de amostragem foram definidos da seguinte forma: (i) imediatamente abaixo da leira 2; (ii) em um ponto controle situado a 20 metros de distância das leiras do pátio; e (iii) imediatamente abaixo da leira 3<sup>1</sup> (Figura 7).

---

<sup>1</sup> A leira 3 do projeto Decompondo foi selecionada para amostragem devido à equivalência técnica com a Leira Controle (mesmo manejo, insumos e composição de rejeitos sólidos orgânicos), a qual já havia sido desmobilizada. Por estar em fase ativa de deposição, a Leira 3 permite avaliar a hipótese de percolação recente de óleos residuais (fração pós-consumo) no horizonte superficial do solo.

Figura 7 - Amostras de solo (i), (ii) e (iii) respectivamente.



Fonte: Autores (2025)

O procedimento iniciou com a pesagem da amostra úmida. Em seguida, a amostra foi colocada em estufa entre 30°C e 35°C por 72 horas (Figura 8 e Figura 9). Após a secagem, realizou-se a pesagem novamente, permitindo calcular o percentual de água presente na amostra.

Figura 8 - Composto separado em bandejas após passar pela estufa



Fonte: Autor (2025)

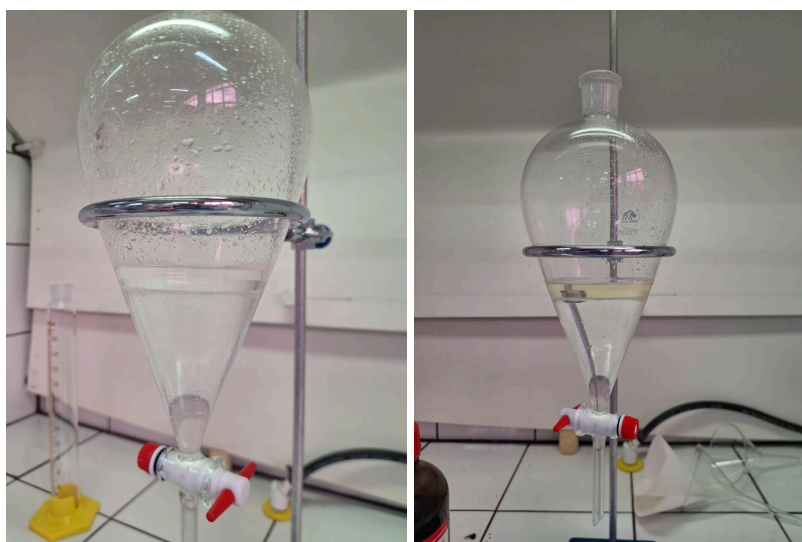
Figura 9 - Estufa Microprocessada com Circulação e Renovação Forçada de Ar



Fonte: Autor (2025).

Adicionaram-se 80 mL de éter de petróleo à massa do solo (aproximadamente 10g) e aguardaram-se 5 minutos. Após o tempo de espera, realizou-se a filtração para o funil de separação (Figura 10). Em seguida, adicionaram-se 150 mL de água destilada e realizou-se a extração líquido-líquido agitando-se as fases três vezes e aliviando-se a pressão a cada agitação. Após esse procedimento, observaram-se duas fases distintas: a fase orgânica contendo o óleo dissolvido e a fase aquosa. Retirou-se a fase aquosa e adicionaram-se mais 150 mL de água destilada, repetindo o procedimento anterior. Após a nova separação, retirou-se novamente a fase aquosa, em seguida a fase orgânica e o volume foi reservado.

Figura 10 - Funil de separação (Amostra de solo e amostra da composteira)



Fonte: Autor (2025).

Com mais 80 mL de éter de petróleo na amostra, aguardaram-se cerca de 5 minutos. Em seguida filtrou-se para o funil de separação e adicionaram-se 150 mL de água destilada. Agitou-se 3 vezes, aliviando-se a pressão a cada agitação. Retirou-se a fase aquosa e adicionaram-se mais 150 mL de água destilada, repetiu-se o procedimento anterior. Após nova extração, retirou-se a fase aquosa e misturou-se a fase orgânica reservada, adicionaram-se 150 mL de água destilada, agitou-se 3 vezes e aliviou-se a pressão, separou-se a fase aquosa, descartando-a.

Para retirar qualquer resquício de água que possa ter passado para fase orgânica adicionou-se sulfato de sódio anidro, que foi filtrada e transferida para um balão.

Como primeira etapa de evaporação do solvente utilizou-se o rota evaporador (Figura 11) e em seguida o balão foi levado para secagem em estufa por 48h a aproximadamente 30°C a 35°C.

Figura 11 - Evaporador rotatório (Rota evaporador)



Fonte: Autor (2025).

Após a estufa, pesou-se o balão, desconsiderando a tara, para verificar se havia óleo residual presente.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir são apresentados os resultados referentes ao monitoramento das leiras em estudo, com foco no comportamento térmico e influência do resíduo oleoso no processo de compostagem.

A Leira 1 apresentou comportamento térmico consistente com o esperado para sistemas de aeração passiva (Tabela 1). Durante o período de deposição (28/03 a 20/05), a temperatura permaneceu majoritariamente na faixa mesofílica alta e termofílica inicial, variando entre 61°C e 66°C nos picos de atividade microbiana. Tais valores estão em concordância com Inácio e Miller (2009), que caracterizam a fase termofílica (acima de 45°). Episódios como hidratação, revolvimento por animais e uma breve infestação de formigas influenciaram pontualmente os registros, mas não comprometeram a estabilidade geral do processo.

Após o encerramento da deposição, a temperatura iniciou um declínio gradual, marcando a transição para a fase de resfriamento. Entre o final de maio e junho, as temperaturas se mantiveram entre 45°C e 58°C, indicando redução da atividade microbiana ativa. Nos meses seguintes, os valores se aproximaram progressivamente da temperatura ambiente, caracterizando o início da fase de maturação do composto.

De forma geral, os dados mostram que a leira evoluiu de maneira contínua, com boa estabilidade térmica e sem eventos que indicassem falhas significativas no processo de compostagem.

Tabela 1 - Dados da leira de controle

<b>Leira 1 Projeto Decompondo UNIFAL-MG</b>					
<b>Data</b>	<b>Pré-cozinha (Kg)</b>	<b>Pós-cozinha (Kg)</b>	<b>Total (Kg)</b>	<b>Temp (°c)</b>	<b>Observações</b>
<b>28/3</b>	7,8	25,5	33,3	n/a	
<b>31/3</b>	7,5	37,5	45	n/a	
<b>4/4</b>	23	38,3	61,3	n/a	

<b>7/4</b>	15,5	22,5	38	n/a	hidratação
<b>11/4</b>	11,1	24,2	35,3	n/a	
<b>16/4</b>	16	45,3	61,3	62	Infestação de formiga (resolvido)
<b>16/4</b>	23	43	66	61,3	
<b>30/4</b>	15,8	45	60,8	63,5	
<b>6/5</b>	0	10,26	10,26	63	Reviramento por animal e hidratação
<b>7/5</b>				66	Temperatura pós-hidratação (24hrs)
<b>9/5</b>	17,5	23	40,5	65,5	
<b>16/05</b>	11,77	26,5	38,27	62,5	
<b>20/05</b>	6,5	15,5	22	62,5	Reviramento, hidratação e <b>encerramento da deposição</b>
<b>23/05</b>				65,4	Reviramento
<b>27/05</b>				56,6	
<b>02/06</b>				45,2	hidratação
<b>04/06</b>				53,3	
<b>06/06</b>				63	leve reviramento superficial. chuva nos dias anteriores
<b>09/06</b>				53,2	
<b>10/06</b>				61	
<b>12/06</b>				58,9	hidratação
<b>13/06</b>				58,9	
<b>16/06</b>				56	
<b>04/07</b>				36,6	fase mesofílica
<b>10/07</b>				30,4	
<b>11/08</b>				22,4	temp. ambiente (maturação)

Fonte: Autor (2025)

A Leira 2 atingiu rapidamente temperaturas entre 58°C e 62°C durante o período de deposição (23/05 a 27/06) (Tabela 2), demonstrando boa atividade microbiana mesmo com a incorporação do resíduo de filtragem. As quedas pontuais de temperatura observadas ao longo do processo estiveram associadas a fatores

externos, como revolvimento, desidratação do material, hidratações corretivas e eventos climáticos. A necessidade de maior atenção à umidade nesta leira corrobora as observações de Oliveira (2013), que aponta que a presença de lipídios pode criar uma barreira hidrofóbica, dificultando a retenção de água e exigindo um manejo mais rigoroso para manter a atividade microbiológica.

Após o encerramento da deposição, a temperatura passou a diminuir gradualmente, marcando o início da fase de resfriamento. Entre julho e setembro, os valores variaram entre 37°C e 55°C, refletindo tanto a redução natural da atividade biológica quanto a influência de intervenções externas registradas nas observações. Apesar da queda brusca para 37°C devido a uma desidratação os valores se mantiveram constantes. Em outubro, as temperaturas se aproximaram da temperatura ambiente, caracterizando a fase de maturação.

Tabela 2 - Dados da leira com resíduo de filtragem

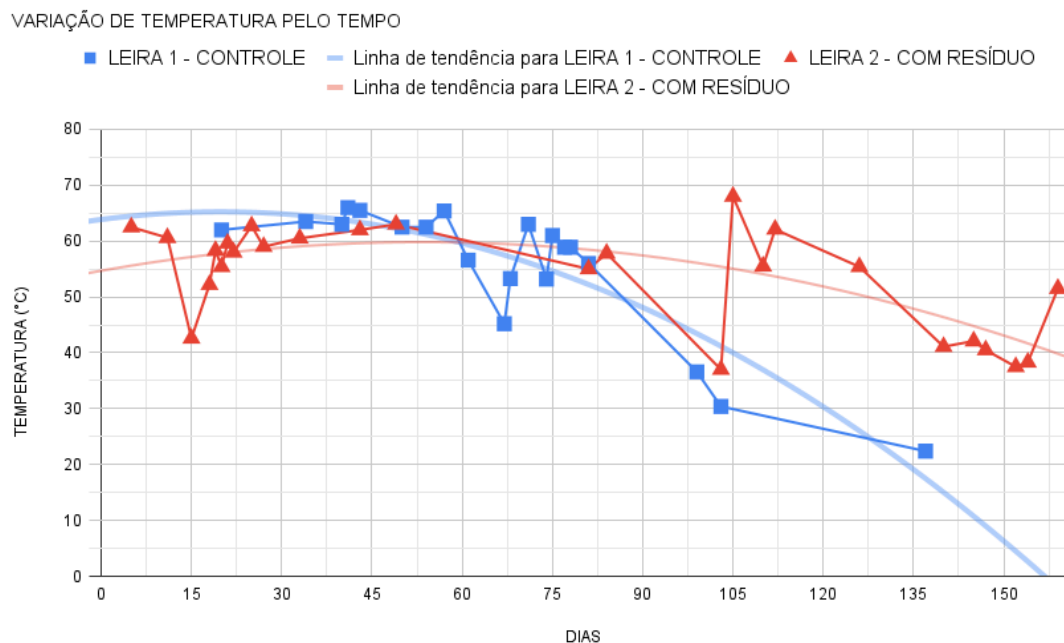
<b>Leira 2 (Experimental) Projeto Decompondo UNIFAL-MG</b>						
<b>Data</b>	<b>Pré-cozinha (Kg)</b>	<b>Pós-cozinha (Kg)</b>	<b>Rejeito (Borra) (Kg)</b>	<b>Total (Kg)</b>	<b>Temp (°C)</b>	<b>Observações</b>
<b>23/5</b>	9,5	15	0	24,5	n/a	Primeira deposição
<b>27/5</b>	8,5	20,5	0	29	62,5	
<b>2/6</b>	22,5	77	0	99,5	60,6	
<b>6/6</b>	14,5	92	0	106,5	42,6	Reviramento
<b>9/6</b>	0	0	0	0	52,2	
<b>10/6</b>	7	35	26	68	58,3	Cercamento da leira com pallets.
<b>11/6</b>	0	0	0	0	55,4	
<b>12/6</b>	0	0	0	0	59,6	Hidratação
<b>13/6</b>	16,3	20	22,5	58,8	58	
<b>16/6</b>	0	0	0	0	62,7	
<b>18/6</b>	9,5	13		22,5	59	Reviramento
<b>24/06</b>	4,5	49	51	104,5	60,5	

<b>27/06</b>	5	75	25,5	105,5	61,6	<b>Encerramento da deposição</b>
<b>28/06</b>					46,2	
<b>04/07</b>					62	hidratação
<b>10/07</b>					63	
<b>11/08</b>					55	hidratação
<b>14/08</b>					57,8	
<b>02/09</b>					37	bem desidratada e espalhada. agrupamento e hidratação
<b>04/09</b>					68	
<b>09/09</b>					55,5	hidratação
<b>11/09</b>					62,1	
<b>25/09</b>					55,4	
<b>09/10</b>					41,1	
<b>14/10</b>					42,1	
<b>16/10</b>					40,5	
<b>21/10</b>					37,5	
<b>23/10</b>					38,3	
<b>28/10</b>					51,5	pós tombamento e pós chuva

Fonte: Autor (2025)

Além da análise individual das duas leiras, foi feita uma comparação gráfica entre as temperaturas registradas ao longo do processo (Figura 12). O gráfico permite visualizar de forma integrada o comportamento térmico das leiras 1 e 2, destacando as diferenças entre os sistemas e a influência do resíduo oleoso no desenvolvimento do processo.

Figura 12 - Gráfico comparativo leira de controle e leira teste



Fonte: Autor (2025)

Observa-se no gráfico que ambas as leiras apresentaram quedas abruptas de temperatura em momentos específicos. Na Leira 1, as reduções registradas estão associadas principalmente à perda de umidade do material e ao revolvimento provocado por animais. Já na Leira 2, as quedas estavam relacionadas à desidratação do material, à necessidade de hidratações corretivas e ao revolvimento.

Esses eventos explicam os desvios térmicos observados, mas não comprometeram o andamento geral do processo, que manteve comportamento típico de sistemas de aeração passiva. Concluída a análise térmica, foram realizadas também as comparações laboratoriais.

Interessante notar que a fase mesofílica (entre 45°C e a temperatura ambiente) iniciou na leira 1 aproximadamente aos 100 dias do início da deposição (ou 45 dias após o término da deposição). Este dado é coerente com a variação térmica apresentada por Mason e Milke (2005), estando portanto dentro do esperado. Já na leira 2, esta fase teve início mais adiante, aproximadamente aos 130 dias do início da deposição (ou 96 dias do término da deposição). Este dado sugere uma resistência maior no processo de compostagem dos resíduos, muito provavelmente devido à presença do rejeito de óleo na leira 2. Em sua pesquisa, Oliveira (2013) relata que

doses elevadas de rejeito (acima de 20%) dificultaram a colonização por bactérias termofílicas (que precisam de umidade e oxigênio) e que a atividade microbiológica sofreu prejuízos, provavelmente pela "dificuldade no processamento do substrato devido a sua menor condição de solubilidade" (p.91). Portanto, mesmo que a concentração nesta pesquisa tenha sido inferior a 20%, a natureza do resíduo ainda impõe barreiras à biodegradação, tornando esperado o impacto na atividade microbiológica que resultou no retardamento observado.

O método de análise de óleo utilizado é amplamente empregado para isolar compostos lipofílicos de matrizes sólidas, o princípio dessa técnica é utilizar a afinidade do óleo, também apolar, com o solvente. O procedimento envolve a mistura da amostra com o solvente, seguido de agitação e posterior separação da fase orgânica, contendo o óleo dissolvido, e fase aquosa. Após a separação é feita a evaporação do solvente sendo possível assim analisar quantitativamente a concentração de óleo na amostra.

Os solos analisados apresentaram teores de óleo muito baixos, próximos de zero: o solo controle (próximo a leira) apresentou 0%, o solo - leira 3 (solo abaixo da leira 3) também apresentou 0%, e o solo - leira 2 (solo abaixo da leira 2, que utilizou o resíduo de óleo) apresentou 0,0803%. Embora esse último dado seja ligeiramente superior, o valor ainda é mínimo e não indica acúmulo significativo de óleo no solo superficial, podendo ser atribuída apenas a pequenas variações analíticas ou à presença de traços residuais.

Mesmo não havendo uma legislação específica que estabeleça uma porcentagem máxima permitida, entende-se que os valores obtidos devem ser os mais baixos possível, preferencialmente nulos. No entanto, o pequeno aumento observado no solo abaixo da leira que recebeu o resíduo de óleo evidencia que, embora mínimo, há possibilidade de percolação de óleo para o solo, levando a uma necessidade melhorias na estrutura, como, impermeabilização do solo e recirculação do lixiviado.

Quanto ao resíduo de filtragem utilizado na Leira 2, embora o material puro apresente um teor elevado de óleo (35,94%), ele foi incorporado em baixa proporção, apenas 17% da massa total da leira. Por isso, o teor de óleo efetivo no conjunto do material caiu para 6,26% no momento da composição da mistura. Após o processo de compostagem, esse valor foi ainda mais reduzido, resultando em 0,49% de óleo no

composto final da Leira 2. Esse comportamento é consistente com os resultados de Oliveira (2013), demonstrando a eficiência da biodegradação, que observou reduções significativas de óleos e gorduras em processos de compostagem quando respeitadas as proporções adequadas de resíduos de óleo e agentes estruturantes.

Isso sugere que está havendo significativa degradação do conteúdo oleoso ao longo do processo, resultando possivelmente em um material final estável e com baixo teor residual de óleo.

Tabela 3 - Quantidade de óleo e água nas diferentes amostras

	REJEITO	LEIRA COM REJEITO	SOLO - CONTROLE	SOLO - LEIRA 3	SOLO - LEIRA 2
AMOSTRA ÚMIDA (g)		2444,1	696,8	612,9	1026,8
AMOSTRA SECA (g)		1686,9	563,6	480,1	801,6
% H <sub>2</sub> O		30,9807	19,1160	21,6675	21,9322
AMOSTRA SECA P/ ANÁLISE (g)	-	10,0026	10,0022	10,0009	10,0036
AMOSTRA ÚMIDA (g)	10,6827	13,1015	11,9142	12,1678	12,1976
MASSA ÓLEO PÓS ESTUFA (g)	3,8401	0,0637	0,0000	0,0000	0,0098
% ÓLEO (m/m seca <sup>2</sup> )	-	0,6368	0,0000	0,0000	0,0980
% ÓLEO (m/m úmida <sup>3</sup> )	35,9469	0,4862	0,0000	0,0000	0,0803
RESÍDUO NA LEIRA (%) (Valor absoluto)	6,2621				

Fonte: Autor (2025)

<sup>2</sup> Refere-se à razão da massa de óleo após a estufa pela massa seca em porcentagem.

<sup>3</sup> Refere-se à razão da massa de óleo após a estufa pela massa úmida em porcentagem.

## 5. CONCLUSÃO

A compostagem com o rejeito da filtragem de óleo de cozinha usado, realizada no método de leira estática com aeração passiva, demonstrou ser uma alternativa eficaz para a degradação e transformação de resíduos oleosos em composto orgânico. Do ponto de vista quantitativo, análises feitas por extração com solvente apolar mostram que o resíduo de filtragem apresentava teor inicial superior a 35,95% de óleo, porém foi incorporado de forma controlada, representando 17% da massa total da composteira, valor dentro da faixa de segurança geralmente recomendada de 20%. Essa proporção reduziu o teor de óleo total da mistura inicial para 6,26%, demonstrando a importância do manejo adequado da quantidade de resíduo. Até o momento da análise, esse teor foi reduzido para apenas 0,64% no composto, evidenciando significativa degradação do resíduo ao longo do processo.

O solo do local apresenta características de baixa permeabilidade por se tratar de um solo argiloso e compacto, porém para uma análise mais cautelosa, levando em consideração os resultados obtidos, recomenda-se que o percolado seja coletado e o líquido seja recirculado no sistema de compostagem, criando assim um sistema fechado. De toda forma a pesquisa não registra contaminação, mesmo com o sistema aberto (não impermeabilizado).

A identificação das fases mesofílica, termofílica e de maturação foi fundamental para compreender a evolução do processo, especialmente diante das variações térmicas observadas ao longo do ciclo.

É importante destacar que os dados apresentados são preliminares, e que a complexa composição química da borra de filtragem recomenda análises adicionais no composto final, com foco em outros possíveis contaminantes ou substâncias que possam interferir no meio ambiente. Ainda assim, os resultados obtidos até o momento indicam que o sistema demonstra capacidade relevante de degradação da fração oleosa, mesmo antes da fase final de maturação, já que a coleta da amostra ocorreu ao término da fase mesofílica.

Vale ressaltar que as análises não foram realizadas em triplicata, como é recomendado, devido ao tempo reduzido e à quantidade limitada de insumos disponíveis, considerando ainda que serão feitas análises finais do composto.

Como perspectiva para pesquisas futuras, recomenda-se avaliar concentrações superiores deste rejeito, aplicadas em sistemas fechados (impermeabilizados e com recirculação de lixiviado), de modo a aumentar o potencial de retenção e degradação do resíduo e permitir maior controle operacional.

## BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004-1:2024 – Resíduos sólidos — Classificação — Parte 1: Requisitos de classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2024. Acesso em: 24 out. 2024.

BÓSIO, Pamella. Caracterização do descarte do óleo de cozinha utilizado no município de Matelândia e seus impactos no meio ambiente. 2014. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Medianeira, 2014. Disponível em: <https://riut.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/22772>. Acesso em: 15 out. 2025.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 481, de 03 de outubro de 2017. Estabelece critérios para a classificação de resíduos e procedimentos para o gerenciamento de resíduos sólidos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 04 out. 2017.

BRASIL. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 13 fev. 1998. Atualizada.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 3 ago. 2010.

CASA DO PRODUTOR RURAL DA ESALQ/USP. Temperatura na composteira. Disponível em: <https://deolhonomaterialescolar.com.br/books/temperatura-na-composteira/>. Acesso em: 22 nov. 2025.

CROTTI, Beatriz Fernanda. Logística Reversa do Óleo Vegetal Residual para Inserção na Cadeia Produtiva do Biodiesel. 2022. Dissertação (Mestrado em Bioenergia). Universidade Estadual de Londrina, Londrina. Disponível em: <https://repositorio.uel.br/srv-c0003-s01/api/core/bitstreams/9f7cb995-4135-4571-8571-9000497ed4dc/content>. Acesso em 28 de out. 2025.

DIAS, Ayres Guimarães. **Guia Prático de Química Orgânica, v.1: técnicas e procedimentos : aprendendo a fazer**. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. 127 p., il. Bibliografia : p. 119. ISBN 857193097x : (broch.). Disponível em: <https://catalogo-redesirius.uerj.br/TerminalWeb/Acervo/Detalhe/100573?returnUrl=/TerminalWeb/Home/Index&guid=1760572806957> . Acesso em 04 nov. 2025.

EMBRAPA. Compostagem. Portal Embrapa, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/hortalica-nao-e-so-salada/secoes/compostagem>. Acesso em: 07 out. 2025.

INÁCIO, C. T.; MILLER, P. R. M. **Compostagem: ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 156 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/663578/1/Compostagem-ciencia-e-pratica-para-a-gestao-de-residuos-organicos-2009.pdf>. Acesso em: 28 out. 2025.

MASON, I.G.; MILKE, M.W. Physical modelling of the composting environment: A review. Part 1: Reactor systems, *Waste Management* 25(5), 2005. pp. 481-500,

MINAS GERAIS. Lei nº 18.031, de 12 de janeiro de 2009. Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos. Diário Oficial do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 12 de jan. 2009.

MINAS GERAIS. Lei nº 24.439, de 18 de setembro de 2023. Altera a Lei nº 18.031, de 12 de janeiro de 2009, que dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos. Diário Oficial do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 19 set. 2023.

OLIVEIRA, Elieser Parcerio. Compostagem da borra de óleos e gorduras residuais com bagaço de cana-de-açúcar e esterco bovino. Salvador, 2013. 128p. Dissertação (Mestrado em Energia). Universidade Salvador, Salvador. Disponível em: <https://tede.unifacs.br/tede/handle/tede/515>. Acesso em: 28 out. 2025.

PITTA JUNIOR, O. S. R. *et al.* Reciclagem de óleo de cozinha usado: uma contribuição para aumentar a produtividade do processo. In: KEY ELEMENTS FOR A SUSTAINABLE WORLD: ENERGY, WATER AND CLIMATE CHANGE – 2nd International Workshop, 2009, São Paulo. Anais. São Paulo: UNIO – Universidade Paulista. 2009. Acesso em: 10 nov. 2025.

REDA, Seme Youssef; CARNEIRO, Paulo I. Borba. Óleos e gorduras: aplicações e implicações. Revista Analytica, nº 27, fevereiro/março 2007, p. 60-67. Disponível em: <https://cursos.unipampa.edu.br/cursos/engenhariadealimentos/disciplinas/files/2008/04/art07.pdf>. Acesso em: 28 out. 2025.

SEMAE. **Descarte incorreto de óleo de cozinha pode prejudicar o tratamento do esgoto.** São Leopoldo, 05 ago. 2021. Disponível em: <https://semae.rs.gov.br/descarte-incorreto-de-oleo-de-cozinha-pode-prejudicar-o-tratamento-do-esgoto/>. Acesso em: 15 out. 2025.

SUDEMA-SUPERINTENDÊNCIA DE ADMINISTRAÇÃO DO MEIO AMBIENTE. **Descarte incorreto do óleo de cozinha contamina o meio ambiente; saiba o que fazer.** João Pessoa, 16 ago. 2022. Disponível em: <https://sudema.pb.gov.br/noticias/descarte-incorreto-do-oleo-de-cozinha-contamina-o-m>

[eio-ambiente-saiba-o-que-fazer](#). Acesso em: 14 out. 2025.

SEMASA. **Descarte incorreto de óleo provoca impactos para o saneamento e o meio ambiente.** Itajaí, 27 jun. 2022. Disponível em: <https://www.semasaitajai.com.br/noticias/6516>. Acesso em: 28 out. 2025.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS. Instituto de Ciência e Tecnologia. ***Apostila de ICT 542: Fundamentos de Processos Orgânicos – Prática.*** Elaboração: Alessandra R. P. Ambrozin; Roberto Bertholdo. Revisão: Alessandra Fanger; Alessandra R. P. Ambrozin. Poços de Caldas: UNIFAL, 2019.