

Universidade Federal  
do Rio de Janeiro  

---

Escola Politécnica

CICLO ORGÂNICO: UM EMPREENDIMENTO SOCIAL, DE COMPOSTAGEM  
COMUNITÁRIA E GESTÃO DE RESÍDUOS.

Lucas Chiabi

Projeto de Graduação apresentado ao curso de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro Ambiental.

Orientador: Heloisa Teixeira Firmo

Rio de Janeiro/RJ

Fevereiro 2017

**CICLO ORGÂNICO: UM EMPREENDIMENTO SOCIAL, DE COMPOSTAGEM  
COMUNITÁRIA E GESTÃO DE RESÍDUOS.**

Lucas Chiabi

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO CURSO DE  
ENGENHARIA AMBIENTAL DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS  
PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO AMBIENTAL.

Examinada por:

---

Prof. Heloisa Teixeira Firmo, D. Sc.

---

Prof. Monica Pertel, D. Sc.

---

Prof. Paula Brito, D. Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL  
FEVEREIRO 2017

Chiabi, Lucas

Ciclo Orgânico: Um Empreendimento Social, de  
Compostagem e Gestão de Resíduos. / Lucas Chiabi – Rio  
de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2017.

X, 64 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Heloisa Teixeira Firmo

Projeto de Graduação – UFRJ/ Escola Politécnica/

Curso de Engenharia Ambiental, 2017

Referências bibliográficas: p.

1. Compostagem 2. Resíduos Sólidos 3. Gestão de resíduos  
I. Firmo, Heloisa Teixeira II. Universidade Federal do Rio  
de Janeiro, UFRJ, Engenharia Ambiental. III. Ciclo  
Orgânico: Um negócio social, baseado na compostagem  
comunitária e na promoção de um novo modelo de gestão  
de resíduos.

*Dedico esse trabalho à minha família e namorada que sempre me apoiaram em todos os momentos. Aos amigos e companheiros de profissão, por todo o companheirismo e pelos momentos de descontração, que foram indispensáveis ao longo de todo o curso. Ao projeto de extensão MUDA, à empresa VideVerde e ao pesquisador Caio I. Teves, pela contribuição inestimável na minha formação pessoal e profissional. E aos professores, por trazerem profundos conhecimentos teóricos e práticos no decorrer do curso. E, em especial à Profa. Heloisa T. Firmo, orientadora e eterna coordenadora que possibilitou a conclusão deste trabalho.*

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica/ UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Ambiental.

Ciclo Orgânico: Um Empreendimento Social, de Compostagem e Gestão de Resíduos.

Lucas Chiabi

Fevereiro/2017

Orientador: Heloisa Teixeira Firmo

Curso: Engenharia Ambiental

O Rio de Janeiro, cidade com uma população de cerca de 6,32 milhões de habitantes, segunda maior metrópole do Brasil e a trigésima maior do mundo, gera diariamente, segundo o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, 9,2 mil toneladas de resíduos sólidos, sendo 53,28% o percentual da fração orgânica. O resíduo orgânico é, até então muito pouco aproveitado, sendo passível de ser tratado através da compostagem, fortalecendo a agricultura urbana e contribuindo para a redução dos impactos gerados pelos aterros sanitários.

Nesse contexto, surge em 2015 o Ciclo Orgânico (C.O.), um empreendimento social que teve suas origens nas atividades do Projeto de Extensão Mutirão de Agroecologia da UFRJ. O C.O. oferece um serviço de assinatura de coleta domiciliar e compostagem de resíduos orgânicos. Cada assinante paga uma mensalidade e recebe a coleta semanal dos seus resíduos orgânicos, que são encaminhados a um pátio de compostagem local, e no final do mês recebe o composto, uma muda de tempero ou pode doar o seu composto para uma horta comunitária. Atuando de forma simples, descentralizada e local, visa a geração de impactos social e ambiental positivos.

O objetivo geral do presente trabalho é caracterizar a atuação do Ciclo Orgânico como um modelo de gestão descentralizada de resíduos e analisar o sua eficiência e aplicabilidade enquanto estratégia de gestão de resíduos orgânicos. Para isso, foi realizada uma análise detalhada do modelo de gestão empregado, um levantamento do volume compostado, análise do composto produzido e estimativa das emissões evitadas, além de uma análise comparativa entre diferentes escalas de compostagem. Como resultado, é apresentada uma descrição aprofundada da operação do negócio, assim como os seus impactos gerados, pelas atuais 330

famílias participantes em 14 bairros e uma escola particular, que destinam 6 toneladas de resíduos por mês à compostagem, geram 3 empregos diretos e contribuem para a construção de um modelo inovador de gestão de resíduos.

*Palavras-chave: Empreendimento Social, Compostagem. Resíduos orgânicos.*

Abstract of Undergraduate Project presented to POLI/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Environmental Engineer.

Ciclo Orgânico: A Social Enterprise of Composting and Waste Management.

Lucas Chiabi

February/2017

Advisor: Heloisa Teixeira Firmo

Course: Environmental Engineer

Rio de Janeiro, a city with a population of 6.32 million inhabitants, the second largest metropolis in Brazil and the thirtieth largest in the world, daily, according to the Solid Waste Integrated Management Plan of Rio de Janeiro, produces 9.2 thousand tons of solid waste, 53.28% The percentage of the organic fraction. A residue that until then is very little used, which can be treated through composting, improving urban agriculture and contributing to the reduction of the impacts generated by landfills.

In this context, the Ciclo Orgânico was founded in 2015, a social enterprise that had its origins in the activities of the UFRJ Extension Project Mutirão de Agroecologia. This offers a subscription based service for home collection and composting of organic waste. Each subscriber pays a monthly fee and receives weekly collection of their organic waste, which is sent to a local composting site, and at the end of the month receives the organic compost, a spice plant or can donate their compost to a community garden. Acting in a simple, decentralized and local way, it aims to generate positive social and environmental impact.

The general objective of this work is to characterize the Ciclo Orgânico activity as a model of decentralized waste management and to analyze its efficiency and applicability as a strategy for organic waste management. For this, a detailed analysis of the management model was carried out, a survey of the composted volume, analysis of the compound produced and estimated emissions avoided and also a comparative analysis between different composting scales. As a result, an in-depth description of the operation of the business was presented, as well as the impacts generated by the current 330 families participating in 14 neighborhoods and a private school, which allocate 6 tons of waste per month to composting,

generate 3 direct jobs And contribute to the construction of an innovative waste management model.

Keywords: Composting, Organic waste, Social Enterprise.



## SUMÁRIO

ÍNDICE DE FIGURAS .....	6
ÍNDICE DE TABELAS .....	8
1. INTRODUÇÃO.....	9
1.1 OBJETO DE ESTUDO: CICLO ORGÂNICO .....	11
1.1 NEGÓCIOS SOCIAIS .....	12
1.2 OBJETIVOS .....	13
1.2.1 OBJETIVO GERAL.....	13
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
1.3 JUSTIFICATIVA .....	13
1.4 METODOLOGIA .....	14
1.4.1 ANÁLISE DO MODELO DE GESTÃO DE RESÍDUOS DO CICLO ORGÂNICO .....	14
1.4.2 ANÁLISE COMPARATIVA DA ESCALA COMUNITÁRIA VS. INDUSTRIAL DE COMPOSTAGEM .....	15
1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO .....	15
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	16
2.1 DIAGNÓSTICO RESÍDUOS SÓLIDOS NO RIO DE JANEIRO .....	16
2.2 A POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS .....	18
2.3 COMPOSTAGEM.....	20
2.3.1 BREVE HISTÓRIA DA COMPOSTAGEM .....	20
2.3.2 O PROCESSO DE COMPOSTAGEM.....	21
2.3.2.1 OXIGÊNIO .....	24
2.3.2.2 UMIDADE.....	25
2.3.2.3 RELAÇÃO CARBONO/NITROGÊNIO.....	26
2.3.2.4 GRANULOMETRIA .....	27
2.3.2.5 pH.....	27
2.3.3 MÉTODOS DE COMPOSTAGEM.....	28
2.3.3.1 COMPOSTAGEM COM REVOLVIMENTO DE LEIRAS.....	28
2.3.3.2 COMPOSTAGEM COM LEIRAS ESTÁTICAS .....	29
2.3.3.3 COMPOSTAGEM EM REATORES AERÓBICOS .....	32
3. ATIVIDADES DE COMPOSTAGEM DESENVOLVIDAS NO PROJETO MUDA .....	33
4. COMPOSTAGEM EM ESCALA COMUNITÁRIA .....	39
4.1 O PROJETO REVOLUÇÃO DOS BALDINHOS (PRB).....	40

5. RESULTADOS .....	42
5.1 CICLO ORGÂNICO .....	42
5.2 DESCRIÇÃO DO MODELO DE GESTÃO DE RESÍDUOS CICLO ORGÂNICO.....	47
5.2.1 GESTÃO DAS PARCERIAS .....	47
5.2.2 GESTÃO FINANCEIRA .....	48
5.2.3 MARKETING & COMERCIAL.....	48
5.2.4 RELACIONAMENTO COM OS CLIENTES.....	48
5.2.5 GESTÃO COMUNITÁRIA DE RESÍDUOS ORGÂNICOS .....	49
5.2.5.1 COLETA E TRANSPORTE DOS RESÍDUOS .....	49
5.2.5.2 COMPOSTAGEM.....	51
5.3 LEVANTAMENTO DO IMPACTO AMBIENTAL .....	53
5.4 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE A COMPOSTAGEM INDUSTRIAL E A COMUNITÁRIA .....	58
6. CONCLUSÕES .....	62
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	63
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	63
9. ANEXOS .....	68
ANEXO I – RELATÓRIOS MENSAIS .....	68
ANEXO II – TERMO DE PARCERIA .....	70
ANEXO III – SELO DE EMPREENDIMENTO SUSTENTÁVEL SHELL .....	71
ANEXO IV – PLANTA DO PÁTIO DE COMPOSTAGEM.....	71
INDÍCE DE FIGURAS	
FIGURA 01 - CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS NO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO	17
FIGURA 02 - COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS DOMICILIARES NO MUNICÍPIO RIO DE JANEIRO .....	17
FIGURA 03 - FLUXO DOS RESÍDUOS GERADOS NO RIO DE JANEIRO .....	18
FIGURA 04 - REGISTRO TEMPORAL DA EVOLUÇÃO TEMPERATURA E PH NO PROCESSO DE COMPOSTAGEM .....	22
FIGURA 05 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DE COMPOSTAGEM COM FLUXOS DE ENTRADA E SAÍDAS .....	23

FIGURA 06 - ESQUEMA DE UMA LEIRA DE COMPOSTAGEM SENDO REVOLVIDA POR UMA PÁ CARREGADEIRA, E NA DIREITA O EXEMPLO UM EQUIPAMENTO PRÓPRIO PARA O REVOLVIMENTO DE LEIRAS .....	29
FIGURA 07 - ESQUEMA DE UMA LEIRA ESTÁTICA COM AERAÇÃO PASSIVA, UTILIZANDO TUBOS DE PVC PARA A DIFUSÃO DO AR .....	30
FIGURA 08 - EXEMPLO DE UM PÁTIO DE COMPOSTAGEM COM LEIRAS ESTÁTICAS COM AERAÇÃO PASSIVA “MÉTODO UFSC” .....	31
FIGURA 09 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DE UMA LEIRA ESTÁTICA COM AERAÇÃO FORÇADA ...	32
FIGURA 10 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DE UM BIORREATOR AERÓBICO .....	33
FIGURA 11 - INTEGRANTE DO PROJETO REALIZANDO AFERINDO A TEMPERATURA EM UMA DAS LEIRAS E NA DIREITA O RESULTADO DO PROCESSO DE COMPOSTAGEM .....	34
FIGURA 12 - EVOLUÇÃO AO LONGO DO TEMPO DAS TEMPERATURAS EM DOIS NÍVEIS DIFERENTES EM UMA DAS LEIRAS DE COMPOSTAGEM DO PROJETO MUDA .....	35
FIGURA 13 - LEIRAS ESTÁTICAS COM AERAÇÃO PASSIVA, MÉTODO UFSC, DO PROJETO MUDA .....	36
FIGURA 14 - EXPERIMENTOS DE COMPOSTAGEM COM RESÍDUOS DO RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO	37
FIGURA 15 - GESTOR DO PRB E MORADORES DA COMUNIDADE .....	38
FIGURA 16 - OPERAÇÃO DE DESCARGA DOS RESÍDUOS DO PRB NO PÁTIO DE COMPOSTAGEM F .....	38
FIGURA 17 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DAS ETAPAS DO <i>DESIGN THINKING</i> .....	41
FIGURA 18 – PRIMEIRA BICICLETA DE CARGA DO PROJETO E OS BALDES INDUSTRIAIS UTILIZADOS PARA REALIZAR A COLETA DOS RESÍDUOS .....	41
FIGURA 19 - NAS ESQUERDA O PÁTIO DE COMPOSTAGEM DO PARQUE DO MARTELO E NA ESQUERDA A SEDE DO PARQUE .....	43
FIGURA 20 - NA ESQUERDA O PÁTIO DE COMPOSTAGEM DO PARQUE DO MARTELO E NA ESQUERDA A SEDE DO PARQUE .....	45
FIGURA 21 - EVOLUÇÃO DA QUANTIDADE ACUMULADA DE RESÍDUOS COLETADOS .....	46
FIGURA 22 – À ESQUERDA O PÁTIO DE COMPOSTAGEM DA ESCOLA CAMILO CASTELO BRANCO E À DIREITA JOÃO TARGINO, COLABORADOR DO C.O. A UM ANO.....	47
FIGURA 23 –TRICICLO E BICICLETA DE CARGA UTILIZADOS NAS COLETAS DE RESÍDUOS .....	50
FIGURA 24 – EVOLUÇÃO DA QUANTIDADE ACUMULADA DE RESÍDUOS COLETADOS.....	54
FIGURA 25 - COMPARAÇÃO ENTRE A COMPOSTAGEM INDUSTRIAL DA V.V. À ESQUERDA E NA DIREITA A COMPOSTAGEM EM ESCALA COMUNITÁRIA DO C.O.....	59

## LISTA DE TABELAS

TABELA 01 - PRINCIPAIS PARÂMETROS E CONDIÇÕES RECOMENDADAS PARA OTIMIZAR O PROCESSO DE COMPOSTAGEM .....	24
TABELA 02 - PROPRIEDADES IMPORTANTES DE ALGUNS RESÍDUOS ORGÂNICOS POPULARES NA COMPOSTAGEM .....	26
TABELA 03 - RESULTADO DA ANÁLISE QUÍMICA DO COMPOSTO PRODUZIDO NO MUDA .....	36
TABELA 04 - RESULTADO DA ANÁLISE QUÍMICA DO COMPOSTO DO CICLO ORGÂNICO .....	55
TABELA 05 - LIMITES DE CONCENTRAÇÃO DE METAIS PESADOS (MG KG <sup>-1</sup> ) ADMITIDOS EM COMPOSTO DE LIXO OU FERTILIZANTES ORGÂNICOS EM DIFERENTES FONTES .....	57
TABELA 06 – ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE AS DIFERENTES ESCALAS DE COMPOSTAGEM .....	59

## 1. INTRODUÇÃO

Gerenciar seus resíduos sólidos, provavelmente é uma das questões com que todas as cidades do mundo têm que lidar, independente do seu tamanho, situação econômica ou social. No entanto, a qualidade dos serviços prestados, impacto socioambiental relacionado e custos variam consideravelmente. Segundo relatório elaborado pelo Banco Mundial em 2012, a gestão de resíduos sólidos é o único serviço que todos os governos municipais providenciam aos seus moradores. Embora os níveis de serviço, os impactos ambientais e os custos variem dramaticamente, a gestão de resíduos sólidos é considerada como o serviço municipal mais importante e serve como pré-requisito para outras ações municipais (Hoornweg & Bhada-Tata, 2012). Um município que não consegue gerir de forma adequada os seus resíduos, dificilmente conseguirá oferecer serviços mais complexos, como saúde, educação e transporte da qualidade para os seus cidadãos. Além disso, a gestão inadequada de resíduos impacta negativamente a saúde pública, o meio ambiente local e global e até mesmo a economia.

Apesar de sua notável importância, o cenário mundial ainda é alarmante e, à medida que a humanidade vem se tornando cada vez mais urbana, a situação fica cada vez mais difícil de se lidar. Analisando sob uma perspectiva global, de acordo com (Programa Ambiental das Nações Unidas e a Associação Internacional de Resíduos Sólidos, 2015) a geração de resíduos sólidos em 2015 foi entre 7 e 10 bilhões de toneladas, sendo que aproximadamente 2 bilhões de toneladas foram os resíduos sólidos urbanos (24%).

Segundo o mesmo relatório, apesar de avanços na área, cerca de 2 a 3 bilhões de pessoas no mundo, geralmente em países em desenvolvimento, não possuem acesso a um serviço regular de coleta e/ou disposição controlada dos resíduos sólidos. Isso reflete a magnitude do problema, que deixa de ser apenas ambiental e passa a ser prioritariamente uma questão de saúde pública, necessitando de múltiplos esforços e ações coordenadas para sua resolução.

O Relatório do Banco Mundial em 2012, revela parcialmente o tamanho do problema, que tende a crescer ao longo do tempo, sendo a urbanização o principal fator agravante. Segundo dados, no início do século XXI as 2,9 bilhões de pessoas que viviam em áreas urbanas, geravam em média cerca de 0,64kg de resíduos sólidos por dia per capita (0,68 bilhões de toneladas/ano). Em 2012 os 3 bilhões de residentes urbanos, já geravam em média por pessoa 1,2 kg de resíduos por dia (1.3 bilhões de toneladas/ano) e a estimativa era de que em 2025, a população urbana seria de 4,3 bilhões de pessoas gerando diariamente 1,42 kg por habitante (2,2 bilhões de toneladas por ano) (Hoornweg & Bhada-Tata, 2012).

No Rio de Janeiro, segunda maior cidade do Brasil, com aproximadamente 6,5 milhões de habitantes (IBGE, 2014) são gerados diariamente cerca de 9,2 mil toneladas de resíduos sólidos, uma média de 1,43 kg/dia/hab. (PMGIRS, 2015) uma média da estimada para a população mundial para 2025 segundo o relatório do Banco Mundial citada anteriormente.

De acordo com o Plano Estadual de Resíduos Sólidos, a composição gravimétrica dos materiais que constituem os resíduos sólidos gerados nos domicílios do Rio de Janeiro, é encontrado o seguinte cenário: 53,28% de orgânicos, 39,98% de potenciais recicláveis e 6,74% de rejeitos (PERS, 2013). E é justamente na fração orgânica, mais da metade dos resíduos sólidos domiciliares urbanos, no Rio de Janeiro, que se concentra o presente trabalho.

Esta não é uma realidade exclusiva do Rio de Janeiro, quando se olha no contexto nacional, vê-se que uma fração orgânica representa 51,4% dos resíduos sólidos urbanos (PNRS, 2012). Analisando o contexto global tem-se uma média de 46% de resíduos orgânicos, porém essa fração varia de 64% em países de baixo grau de desenvolvimento econômico, até 28% em países onde a população possui renda média elevada (Banco Mundial, 2012).

O que é um fato comum, é que a fração orgânica representa uma parcela significativa dos resíduos gerados em qualquer contexto, e se destinada de forma inadequada, compromete a salubridade do ambiente urbano, atraindo vetores e doenças. Quando enviados para os aterros e lixões geram gases de efeito estufa, principalmente o metano. Além de representarem custos elevados para os sistemas urbanos de tratamentos de resíduos (Inácio e Miller, 2009).

Uma solução simples, de baixo custo e alto potencial resolutivo, pois qvisa tratar de forma ambientalmente correta a fração orgânica é a compostagem, um processo de biodecomposição da matéria orgânica dependente de oxigênio e com geração de calor, chegando a temperaturas típicas de 50°C a 65°C, e picos que podem chegar a mais de 70° C. Este processo sob condições controladas transforma os resíduos orgânicos em um material parcialmente estabilizado semelhante ao húmus, que pode ser utilizado para a recuperação de solos degradados, cultivos agrícolas e florestais além de paisagismo, para adubação do solo. Inácio e Miller, 2009).

Apesar desta prática já existir desde os primeiros cultivos agrícolas do homem, ainda permanece pouco difundida, no contexto nacional, segundo dados do IPEA de 2008, No Brasil existiam registrados apenas 211 pátios de compostagem em 14 dos 27 estados da união. Segundo Beltrame (2015), esta se constitui insuficiente para um país em que mais da metade dos seus resíduos são orgânicos e que a base da sua economia é constituída pela agricultura.

Dado esse contexto, o presente trabalho visa analisar e caracterizar o empreendimento social “Ciclo Orgânico” como um modelo de gestão descentralizada de resíduos orgânicos, que tem como objetivo promover a redução do impacto ambiental da disposição inadequada dos resíduos orgânicos e contribuir para a melhoria ambiental, através da produção de insumos agrícolas e incentivo à agricultura urbana. Além de ter o potencial de gerar transformações sociais, principalmente através da conscientização ambiental e da quebra de paradigmas com relação aos resíduos e à valorização destes. Assim como a geração de renda e redução de custos econômicos, ambientais e sociais da prefeitura com a coleta, triagem, transporte e destinação final nos aterros sanitários e lixões.

### **1.1. OBJETO DE ESTUDO: CICLO ORGÂNICO**

O empreendimento social Ciclo Orgânico Compostagem, foi fundado em 2015 pelo autor deste trabalho e teve com origem as atividades de pesquisa de compostagem desenvolvidas pelo Projeto de Extensão da UFRJ, Mutirão de Agroecologia (MUDA), que conta com a participação de alunos de graduação de diversos cursos, que desenvolvem atividades envolvendo tecnologias sociais no ambiente universitário, com agricultores familiares, escolas e em comunidades carentes. Além disso, o empreendimento contou com o suporte do programa de empreendedorismo Shell Iniciativa Jovem, que visa fomentar o empreendedorismo de impacto social entre jovens. O negócio social surgiu com o objetivo de resgatar, através da compostagem, o potencial da matéria orgânica que existe em lixeiras, oferecendo uma solução fácil e prática para que qualquer pessoa mude o destino dos seus resíduos. Fechando assim um ciclo e transformando o *status* dos resíduos de um problema que tem-se que lidar, para um recurso a ser aproveitado.

O negócio oferece um serviço baseado em assinaturas, de coleta e compostagem dos resíduos orgânicos domiciliares. Cada assinante recebe um baldinho industrial de 12L em que são depositados seus resíduos orgânicos, semanalmente estes são recolhidos de bicicleta e levados para pátios de compostagem locais.

Com o intuito de gerar um *feedback* e aumentar o engajamento dos seus participantes, é devolvido no final do mês, um saco de 2kg de composto, uma muda de tempero ou o assinante pode doar o seu composto para uma horta comunitária. Além disso, é enviado por e-mail um relatório dos impactos ambientais gerados por cada assinante e o impacto gerado pelo projeto como um todo. São utilizadas métricas como: Quantidade de resíduos gerados, quantidade de composto produzido e emissões evitadas (em CO<sub>2</sub> eq.).

Em um ano e meio desde o início do projeto, foram mais de 50 toneladas de resíduos compostados, mais de 30 toneladas de composto produzido e mais de 38 toneladas de CO<sub>2</sub> eq. de emissões evitadas. São três pátios de compostagem, 14 bairros atendidos, 330 famílias participantes e três empregos diretos gerados.

### **1.1.1. Negócios Sociais**

O termo “Negócios Sociais” é um conceito recente e que foi criado com o intuito de classificar organizações que promovam impactos sociais, porém se diferenciem do modelo corporativo tradicional e das organizações não governamentais sem fins lucrativos (ONGs) (Jordão, 2013).

Ainda não existe um consenso global sobre o que é ou não um negócio social. Entretanto, é um consenso que negócios sociais são organizações que unem a capacidade gerar impacto social das ONGs com a sustentabilidade financeira e modelo de gestão dos negócios tradicionais. Na literatura acadêmica, podemos distinguir três perspectivas: a europeia, a americana e a do indiano Muhammad Yunus (Jordão, 2013).

Segundo a perspectiva Europeia, negócios sociais são organizações com o objetivo explícito de beneficiar a comunidade, iniciadas por um grupo de cidadãos, na qual o interesse material dos investidores capitalistas é sujeito a limites; sendo que os lucros devem ser reinvestidos na própria organização. Devido às suas tradições de associativismo, o processo participativo e transparente caracteriza a maioria dos negócios sociais europeus (Borzaga e Delfourny, 2004).

Em contraponto, a perspectiva americana de negócios sociais inclui qualquer ação empreendedora no mercado que gere impacto social através, por exemplo, da venda de bens e serviços. Esses negócios funcionam assim como as regras comerciais de qualquer outro, ou seja, operam pelas leis de oferta e demanda de mercado e devem ser planejados para, após algum período, gerar os recursos suficientes para cobrir os custos de suas operações e crescer (Jordão, 2013).

Já sob a perspectiva de Mohammed Yunus, negócio social é “uma empresa que tem como missão resolver um problema social em vez de focar em maximizar seus lucros” (YUNUS, 2000). Nesse contexto, um negócio social tem em sua essência uma atividade lucrativa que gera impacto social. E é diferente de uma organização sem fins lucrativos (ONG) que depende integralmente de doações e nem tampouco um negócio tradicional, que



visa essencialmente o lucro em suas atividades. É, na verdade, um setor híbrido da iniciativa privada com o terceiro setor e, por isso mesmo, é chamado de setor 2,5 (dois e meio). (Jordão, 2013).

Nesse contexto, o Ciclo Orgânico pode ser definido como um negócio social, por ter como prioridade resolver um problema socioambiental urgente e no caso o lucro é um instrumento para atingir esse objetivo.

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. Objetivo Geral**

Caracterizar a atuação do Ciclo Orgânico como um modelo de gestão descentralizada de resíduos e analisar sua eficiência e aplicabilidade enquanto estratégia de gestão de resíduos orgânicos.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

1. Descrever o modelo de gestão de resíduos do Ciclo Orgânico, incluindo a metodologia de coleta e compostagem empregada;
2. Analisar quantitativamente dos impactos ambientais gerados;
3. Caracterizar quimicamente o composto produzido.
4. Comparar a compostagem industrial em larga escala versus a comunitária em pequena escala (VideVerde x Ciclo Orgânico).

## **1.3. JUSTIFICATIVA**

Segundo o Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Rio de Janeiro (PERS, 2013), a fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos do Estado é de 53,28%, ou seja, mais da metade dos resíduos gerados pelos seus habitantes são constituídos de matéria orgânica, que, através da compostagem, podem ser utilizados para a produção de um excelente insumo agrícola, o composto orgânico.

A compostagem é uma solução que vai ao encontro da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS, 2010), sendo definida por esta como uma forma de destinação final

ambientalmente adequada, além de ser uma atribuição do titular dos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos a responsabilidade da compostagem, a articulação com agentes econômicos e sociais e também a definição das formas de utilização do composto produzido.

Além disso, a compostagem também contribui significativamente com os objetivos apresentados na política, como a redução na pressão sobre os aterros sanitários, geração de empregos e renda e na valorização econômica dos resíduos.

A prática de compostagem pode variar desde pequenos sistemas de baixa complexidade na escala domiciliar até a compostagem industrial em larga escala. No meio desse espectro, existe a compostagem comunitária, que visa tratar em uma escala intermediária os resíduos de forma local, que traz benefícios diretos como a geração de renda, inclusão e empoderamento social, incentivos à agricultura urbana e à educação ambiental, combate à insegurança alimentar e difunde cultura e conhecimentos com os moradores do entorno. (Platt et al., 2014b)

Além disso, outras vantagens desse modelo são o baixo custo de implantação e a redução do impacto gerado no transporte dos resíduos, além de aproximar o gerador do local onde os seus resíduos são tratados, gerando assim maior conscientização da população.

É evidente a relevância da difusão da compostagem no cenário nacional, porém, ainda está longe de ser uma prática popular e amplamente disseminada no país. Sendo ainda superficialmente conhecida por biólogos, engenheiros, químicos e agrônomos. Além de ser minimamente aplicada pelo poder público e empresas privadas (Inácio e Miller, 2009).

Por isso, torna-se ainda mais relevante o presente trabalho, que visa realizar um estudo de caso de uma iniciativa de um modelo de compostagem descentralizada que surgiu no ambiente universitário, no curso graduação de Engenharia Ambiental da UFRJ e que possui potencial para ser expandido e reaplicado em diversos contextos.

## **1.4. Metodologia**

As metodologias utilizadas para a realização presente trabalho podem ser divididas de acordo com os objetivos específicos.

### **1.4.1 Análise do modelo de gestão de Resíduos do Ciclo Orgânico.**

Com o intuito de descrever o modelo de gestão de resíduos desenvolvido pelo C.O, foi realizada uma análise de documentos e relatórios internos do projeto como: rotas dos ciclistas, planos de operação dos pátios de compostagem, termos de parceria, relatórios mensais de impacto do projeto entre outros documentos. Também foram obtidas informações relevantes para a descrição da metodologia, através da observação em campo da rotina do projeto.

Além disso, para quantificar o impacto ambiental gerado pelo projeto, foram analisados:

- O volume de resíduos coletados, através das pesagens com dinamômetros manuais analógicos no momento das coletas dos resíduos.
- A quantidade de composto produzido, através de aplicação de um fator de redução de massa, de 0,6 obtido de forma empírica, através dos experimentos realizados no projeto MUDA.
- A quantidade de emissões evitadas, através da aplicação do fator de emissões de 0,77 kg de CO<sub>2</sub> eq. / kg de resíduos compostados, obtido através da dissertação de mestrado de Inácio (2010).

Foi realizada também uma análise química do composto, a fim de avaliar a sua qualidade agronômica. Foi efetuado o exame de uma amostra de composto pronto para uso, no laboratório Ribersolo em Ribeirão Preto –SP. Para isso, foram considerados os parâmetros propostos pela Instrução Normativa MAPA/SDA nº 25 (MAPA, 2009) que estabelece as especificações necessárias para a classificação dos fertilizantes orgânicos. Os parâmetros analisados foram: Nitrogênio, Pentóxido de Fósforo, Óxido de Potássio (K<sub>2</sub>O), Cálcio, Magnésio, Enxofre, Ferro, Manganês, Cobre, Zinco, pH, Relação C/N, Carbono Orgânico, CTC, Cloro Solúvel e Níquel.

#### **1.4.2. Análise comparativa da escala comunitária vs. industrial de compostagem**

Para melhor entender como o Ciclo Orgânico se encaixa na gestão de resíduos, foi efetuada uma análise comparativa entre o modelo de gestão proposto pelo Ciclo Orgânico, o modelo de compostagem centralizada em escala industrial utilizado pela empresa VideVerde, primeira empresa de compostagem do estado a ser licenciada e hoje “composta” mais de 500 toneladas/mês de orgânicos de mais de 60 empresas, e o modelo utilizado pela companhia de limpeza urbana da Cidade do Rio de Janeiro.

### **1.5. Estrutura do Trabalho**

O presente trabalho se divide em cinco capítulos que apresentam as seguintes abordagens:

Capítulo 1: Desenvolve a introdução, na qual o tema de estudo é apresentado, apresenta o objeto de estudo, que no caso é o Ciclo Orgânico, bem como os objetivos do trabalho, além da justificativa e a metodologia empregada.

Capítulo 2: Apresenta a fundamentação teórica e pesquisa bibliográfica sobre os principais conceitos abordados no trabalho. Dessa forma, visa obter o melhor embasamento conceitual sobre: gestão de resíduos sólidos, os conceitos básicos sobre compostagem, assim como os fundamentos da compostagem comunitária, negócios sociais, Projeto MUDA e o histórico do Ciclo Orgânico.

Capítulo 3: Apresenta os resultados e discussões sobre o trabalho, incluindo uma descrição das atividades desenvolvidas pelo C.O., assim como uma análise dos seus impactos e uma comparação entre a compostagem comunitária e a de larga escala.

Capítulo 4: Nesse capítulo, são apresentadas as conclusões obtidas com esse trabalho, proporcionando reflexões acerca do tema.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Diagnóstico dos Resíduos Sólidos no Município do Rio de Janeiro**

A cidade do Rio de Janeiro, segundo o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de 2012, encaminha diariamente para o sistema público tratamento de resíduos, 10.815 toneladas/dia de resíduos. Se não forem levados em conta os resíduos da construção civil e os dos grandes geradores, acima de 60 quilos ou 120 litros por dia, sendo esses limites definidos pela lei municipal 5.538 de 2012. Logo a geração diária é de são 9.227 toneladas/dia. Na figura 1. é possível identificar os principais geradores de resíduos e as respectivas proporções.

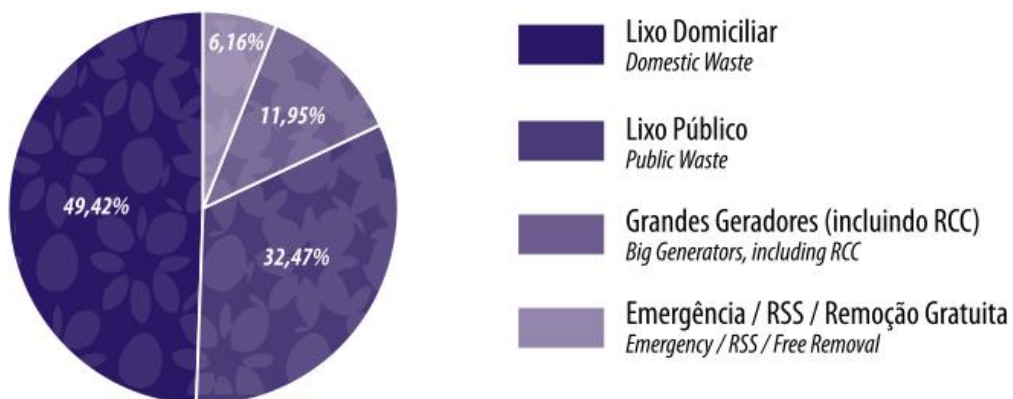


Figura 1. Classificação dos resíduos sólidos gerados no município do Rio de Janeiro (PMGIRS, 2012)

Segundo o Plano, na cidade do Rio de Janeiro, cada indivíduo produz em média 1,62 kg/hab./dia de resíduos, que de acordo com a figura 2. apresenta a seguinte composição gravimétrica 52,68% de orgânicos, 40,99% de recicláveis e 6,33% de outros materiais como restos de tecidos e madeiras (PMGIRS, 2012).

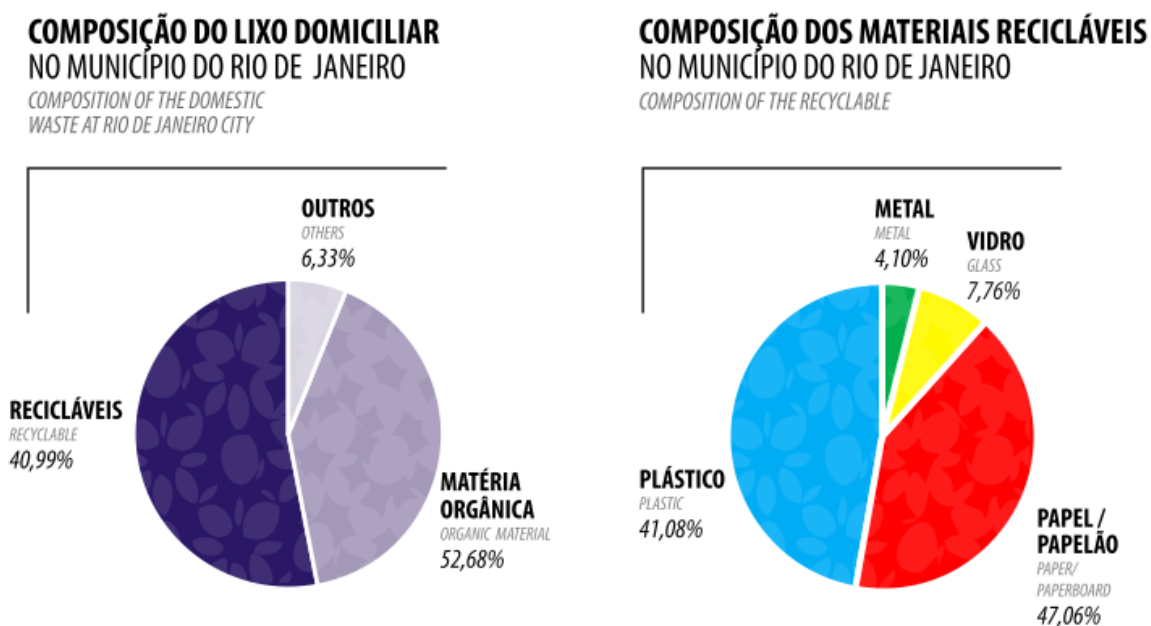


Figura 2. Composição Gravimétrica dos Resíduos Domiciliares no Município do Rio de Janeiro (Rio de Janeiro, 2012).

Após coletados, esses resíduos passam por uma das sete ETRs – Estações de Transferência de Resíduos, onde ocorrem o transbordo dos resíduos dos caminhões de coleta de porte médio, providos de compactadores leves, para equipamentos de prensagem pesada e

transportados em carretas de grande porte, cujo destino é o Aterro Sanitário CTR-Rio em Seropédica, que somado aos resíduos de Itaguaí e Seropédica recebe cerca de 10 mil toneladas/dia. A figura 3 apresenta a distribuição espacial das 7 ETRs do município, que destinam os resíduos até o CTR-Rio.



Figura 3. Fluxo dos resíduos gerados no Rio de Janeiro. (Fonte: Ciclus, 2016)

Segundo dados da Companhia de Limpeza Urbana do município do Rio de Janeiro, em 2016 a quantidade de resíduos coletados pelo programa municipal de coleta seletiva foi de 63 toneladas/dia, que representa apenas 1,2% de todas as matérias recicláveis geradas na cidade, sendo apenas 17 caminhões destinados a essa atividade. Porém, apesar da dificuldade de se quantificar, a Comlurb estima que o trabalho das cooperativas recupere um total maior do que 300 toneladas/dia de materiais recicláveis.

Portanto, a realidade da gestão de resíduos do município do Rio de Janeiro, é que apenas uma pequena fração dos resíduos recicláveis de fato é encaminhada para a reciclagem. Situação ainda muito distante dos objetivos estabelecidos pela Política Nacional de Resíduos Sólidos de 2010.

## 2.2. Política Nacional de Resíduos Sólidos

A Política Nacional de Resíduos Sólidos foi sancionada pela Lei nº12.305/2010 e trouxe princípios, objetivos e instrumentos, constituindo um marco legislativo na gestão de

resíduos do país. Esta passou por um longo processo burocrático de quase 20 anos e representou um grande evolução no sentido de uma gestão mais sustentável de resíduos no país. (Leite, 2015)

Dentre as diversas medidas previstas, foram destacados neste trabalho os pontos mais significativos para a área da compostagem.

Um avanço importante foi a diferenciação de resíduos de rejeitos pelo Art. 3 e a definição de uma ordem de prioridades na gestão de resíduos no Art. 9 constituída da não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010).

A legislação também prevê através do Art. 30 a responsabilidade compartilhada entre governo, empresas e população na questão dos resíduos urbanos, além de determinar o fim dos lixões até 2014 e o descarte em aterros sanitários apenas dos materiais que não podem ser reciclados. (BRASIL, 2010).

No contexto da compostagem, os maiores avanços foram a definição desse processo como uma forma de destinação final ambientalmente adequada e como atribuição do titular dos serviços públicos de limpeza urbana a responsabilidade da compostagem, a articulação com agentes econômicos e sociais e também a definição das formas de utilização do composto produzido (BRASIL, 2010)

Art. 36. 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:

I – adotar procedimentos para reaproveitar os resíduos sólidos reutilizáveis e recicláveis oriundos dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos;

II – estabelecer sistema de coleta seletiva;

III – articular com os agentes econômicos e sociais medidas para viabilizar o retorno ao ciclo produtivo dos resíduos sólidos reutilizáveis e recicláveis oriundos dos serviços de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos; IV – realizar as atividades definidas por acordo setorial ou termo de compromisso na forma do § 7o do art. 33, mediante a devida remuneração pelo setor empresarial;

V – implantar sistema de compostagem para resíduos sólidos orgânicos e articular com os agentes econômicos e sociais formas de utilização do composto produzido;

VI – dar disposição final ambientalmente adequada aos resíduos e rejeitos oriundos dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos. (BRASIL, 2010)

Portanto, a Política Nacional de Resíduos Sólidos representou um avanço para a compostagem no Brasil, porém o seu sucesso também depende de soluções para desafios logísticos, econômicos e sociais. (Beltrame, 2015)

### **2.3. Compostagem**

A processo de compostagem é definido por Inácio e Miller (2009) como um processo de biodecomposição da matéria orgânica, dependente de oxigênio e com geração de calor, levando a temperaturas típicas de 50°C a 65°C, com picos que podem exceder os 70°C. Haug (1993) destaca que o produto final é estável, livre de patógenos e sementes de plantas e pode ser benéficamente aplicado no solo. Epstein (1997) enfatiza o seu caráter controlado, sendo papel do homem manejar e otimizar o processo para que grandes quantidades de resíduos sejam tratadas em um curto espaço de tempo.

Cabe ressaltar que na literatura são encontradas diversas definições para o processo de compostagem, que podem variar conforme o enfoque microbiológico, agrônômico ou de engenharia ambiental. Porém o que é comum em todas as definições é o fato de ser um processo aeróbico e termofílico. (Inácio e Miller, 2009)

#### **2.3.1 Breve História da Compostagem**

A correção orgânica dos solos com dejetos de animais e resíduos vegetais é praticada desde que os solos começaram a ser mobilizados para a produção vegetal, e foi, tradicionalmente, o principal meio de restaurar o balanço de nutrientes no solo (Avnimelech, 1986).

É provável que a prática da compostagem, tenha surgido com os primeiros cultivos agrícolas feitos pelo homem, porém não se sabe ao certo quando a compostagem foi criada,



existem registros que indicam que na China já haviam pilhas de compostagem há mais de dois mil anos. (Smith, et al., 2012).

Porém foi no início século XX, que o agrônomo inglês Albert Howard sistematizou e apresentou para o ocidente a compostagem da forma como é conhecida atualmente, seu trabalho foi desenvolvido a partir do estudo de práticas que ele encontrou na Índia (Inácio e Miller, 2009).

Howard concluiu que a qualidade dos produtos agrícolas daquela região, se devia principalmente à saúde e fertilidade do solo, que por sua vez vinha da matéria orgânica estável encontrada no solo. A partir disso, ele criou o método de compostagem bastante rústico, batizado de método Indore, que consistia de camadas alternadas de resíduos vegetais e animais em trincheiras no solo, onde o agricultor revirava e mantinha a umidade a fim de criar o composto orgânico (Blum, 1992).

Ao longo das décadas seguintes, a compostagem foi sendo estudada e aperfeiçoada e de forma científica se tornando uma tecnologia capaz de solucionar problemas agrícolas, como a recuperação de solos degradados, controle de doenças assim como solucionar questões ambientais relacionadas ao tratamento dos resíduos sólidos urbanos.

Até fins da década de 1960, a compostagem foi considerada como um processo atrativo para a gestão de resíduos sólidos urbanos. O interesse na compostagem resultava na esperança de vender o produto acabado, como insumo agrícola e obter algum lucro. Todavia, na década de 1970 e 1980, a compostagem, nos países desenvolvidos, perdeu a sua popularidade como método de gestão dos resíduos urbanos, principalmente porque a qualidade dos resíduos se tornou cada vez mais inadequada para o processo de compostagem e, também, devido à inexistência de mercado para o produto acabado. Na década de 1990 até a atualidade, a pressão exercida para a utilização de métodos com menor impacto ambiental conduz a um novo interesse no processo de compostagem, particularmente em relação à reciclagem dos resíduos e dos esgotos urbanos e industriais (Brito, 2008).

### **2.3.2 O Processo de Compostagem**

A compostagem é um processo biológico de ecologia complexa, marcado por uma contínua mudança das espécies de micro-organismos envolvidos, devido às modificações das condições no meio, sendo praticamente impossível identificar todos os presentes (Miller, 1993).

Tais micro-organismos podem ser enquadrados em dois grupos: os mesófilos, que predominam até os 45°C e os termófilos que atingem o maior nível de atividade entre os 45°C e 75°C. (Inácio e Miller, 2009) A figura 4 apresenta uma curva de variação temperatura ao longo do processo de compostagem e permite identificar as fases termófilas e mesófilas.

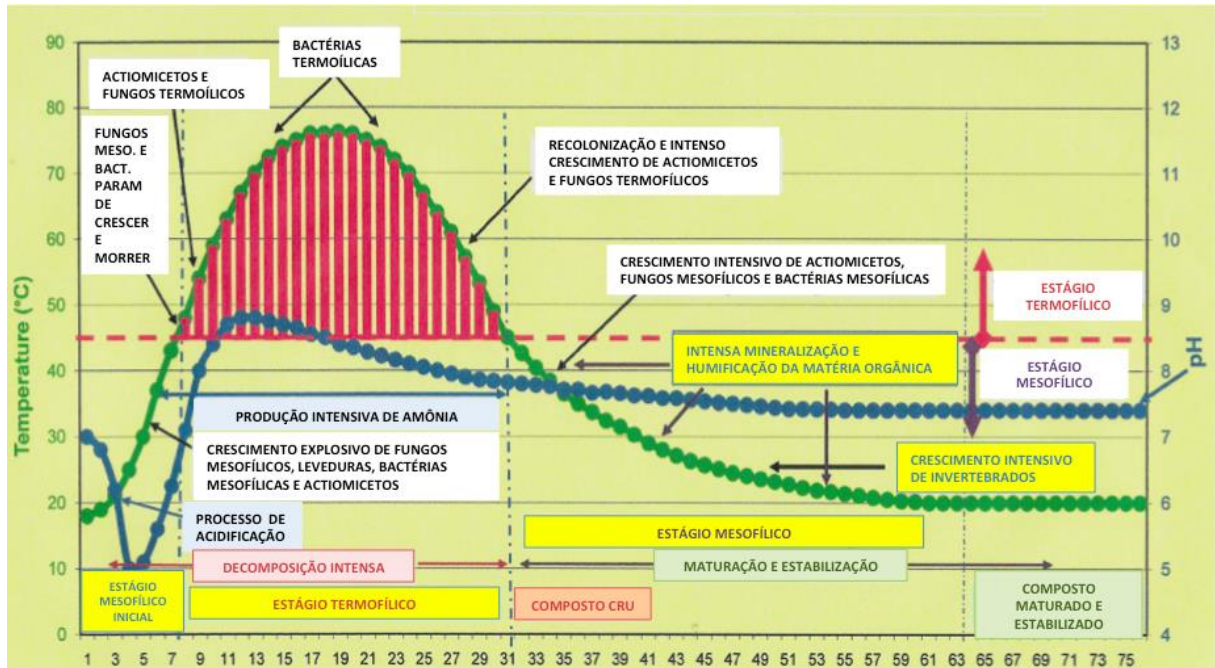


Figura 4. Registro temporal da evolução temperatura e pH no processo de compostagem. (Fonte: Brazas, 20012)

É importante destacar que essa evolução de temperatura ocorre em consequência da atividade microbiana, já que este é um processo exotérmico que libera principalmente gás carbônico e calor, conforme representado na figura 5. Sendo o processo de compostagem constituído por uma sucessão de atividades microbiológicas pelas quais o ambiente criado por um grupo de microrganismos convida a atividade do grupo sucessor (EPA, 1994).

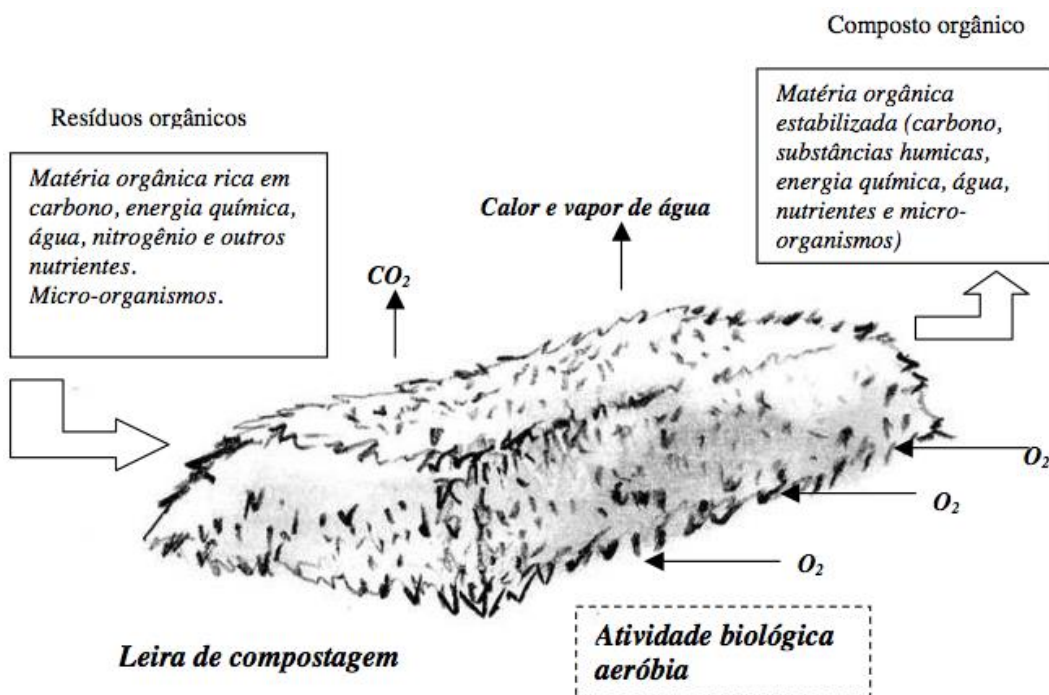


Figura 5. Representação esquemática de compostagem com fluxos de entrada e saídas.  
(Fonte: Inácio e Teves, 2009)

Inácio e Miller (2009) sistematizaram o processo de compostagem em quatro fases. Começando com a fase inicial, em que a temperatura se eleva da temperatura ambiente até 40°C - 45°C em um curto período de tempo, geralmente menor do que 24h. Isso ocorre devido à expansão das colônias de microrganismos mesófilos. Quando a temperatura ultrapassa os 45°C, a atividade dos mesófilos é suprimida pela implantação de uma comunidade microbiana termofílica (Tiquia, 2005).

Com isso a compostagem chega na fase termófila, caracterizada por temperaturas acima dos 45°C, predominando entre 50°C e 65°C com picos de temperatura chegando acima dos 70°C. Esta fase é de grande importância, por ser o período de maior velocidade de decomposição dos compostos orgânicos e por consequência é a fase em que ocorre o maior consumo de oxigênio e a produção de vapor. (Inácio e Miller, 2009).

A medida que os estoques de carbono são exauridos, a quantidade de energia disponível na leira reduz e como consequência a temperatura diminui, chegando até a se igualar à temperatura ambiente (Vinneras e Jonsson, 2002). Entrando assim na fase mesófila, importante pela degradação de substâncias orgânicas mais resistentes como a hemicelulose e a lignina.

A partir desse ponto, o processo passa a ser marcado pela atividade de fungos e actinomicetos, entrando assim na fase final da compostagem, a fase de maturação. É nesse

período que ocorre a formação de substâncias húmicas, o composto é estabilizado e a leira perde a sua capacidade de auto-aquecimento. Nessa fase a decomposição acontece em taxas muito baixas, porém é a fase em que o composto é formado e se torna pronto para ser utilizado (Inácio e Miller, 2009).

Cabe ressaltar que para o bom desenvolvimento do processo de compostagem a pilha de compostagem deve passar por todas as fases acima descritas. Entretanto, para que todas as fases aconteçam, é importante que o operador do pátio de compostagem esteja atento a uma série de parâmetros como: umidade, aeração, composição dos materiais orgânicos, relação C/N, pH, granulometria e formato da leira. Tais parâmetros devem ser compreendidos no processo bem manejado e otimizado, para que este seja bem sucedido.

Na tabela 1 é possível encontrar as faixas adequadas e preferíveis dos principais parâmetros da compostagem para que a sua manutenção seja ambientalmente adequada e o processo aconteça em um “curto” espaço de tempo. Sendo que as condições apresentadas na tabela, levam em conta o resultado final da mistura dos diferentes resíduos.

Tabela 1. Principais parâmetros e condições recomendadas para otimizar o processo de compostagem

(Fonte: Rynk, 1992)

Parâmetro	Faixa adequada <sup>a</sup>	Faixa preferível
Relação Carbono/Nitrogênio (C:N)	20:1–40:1	25:1–30:1
Umidade	40–65% <sup>b</sup>	50–60%
Concentração de Oxigênio	Maior do que 5%	Muito maior do que 5%
Tamanho das Partículas (diâmetro em cm)	0,3–1,5 (1/8’’–1/2’’)	Variáveis
pH	5,5–9,0	6,5–8,0
Temperatura em (°C)	43,5–65,5 (110– 150°F)	54,5-60,0 (130-140°F)

<sup>a</sup> Estas são recomendações que visam uma rápida compostagem na maioria dos casos, porém também pode-se obter bons resultados fora dessas especificações.

<sup>b</sup> Depende dos materiais usados, tamanho das leiras ou pilhas, e das condições climáticas.

### 2.3.2.1. Oxigênio

A aeração é considerada como o fator mais importante no processo de compostagem, sendo classificado por Kiehl (2004) como principal mecanismo, capaz de regular a velocidade

de compostagem, diminuir a liberação de odores e reduzir a umidade do material em decomposição.

Como a compostagem é protagonizada por microrganismos aeróbicos, o consumo de oxigênio está diretamente relacionado com a atividade microbiana e conseqüentemente a temperatura. Por isso, é muito importante garantir níveis de oxigênio na pilha de compostagem que permitam a atividade aeróbica dos microrganismos.

Na prática é comum a formação de micro-sítios e até zonas internas anaeróbicas (<10% de O<sub>2</sub>), principalmente na parte central da pilha de compostagem. Fato revelado por estudos que comprovam a formação de CH<sub>4</sub> em leiras de compostagem (Inácio et. al. 2009)

É importante compreender que a aeração é um fator fundamental para que a decomposição seja acelerada, alcance as temperaturas termófilas e que não haja a forte geração de odores e nem a atração de vetores. Para isso podem ser utilizadas diversas estratégias de aeração, que variam desde os revolvimentos até a aeração passiva, que ocorre através da difusão do ar pela pilha.

O objetivo de uma boa operação de compostagem é manter a maior parte possível da leira de compostagem em condição aeróbica. Porém é importante estar atento para que não haja o excesso de revolvimentos, que resulta na perda excessiva de calor e de nitrogênio, através de gases como a amônia e o óxido nitroso. (Kader et al., 2007).

### **2.3.2.2. Umidade**

Outro fator de grande relevância na compostagem é a umidade, indispensável para o metabolismo microbiano. Porém em excesso, a umidade acaba ocupando os espaços vazios e dificultando a aeração da pilha, gerando uma condição anaeróbica.

Além disso, é importante que a umidade seja mantida em um nível ótimo, que segundo Rynk (1996) varia entre 50% e 60%. Ele afirma ainda que abaixo de 40% a atividade ocorre em uma velocidade bastante reduzida e acima dos 65% a leira fica tão encharcada que gera uma condição de anaerobiose.

Ressalta-se que a tendência é que os níveis de umidade na leira vão diminuindo ao longo do processo, principalmente devido às perdas por evaporação. Logo, é imprescindível regular o nível inicial de umidade, que é feito através da escolha dos materiais que vão compor a pilha de compostagem.

Esta é uma das razões pela qual devem ser utilizados resíduos com baixa umidade como a serragem, folhas secas ou aparas de grama. Junto com materiais mais úmidos, como os resíduos de alimentos, esterco e lodos de esgoto.

### 2.3.2.3. Relação Carbono/Nitrogênio

A relação entre os nutrientes carbono e nitrogênio é mais um fator de grande relevância para a compostagem, por serem os dois principais nutrientes que sustentam a atividade microbiana (Valente, et al. 2009).

Rynk (1996) afirma que o carbono é responsável tanto por fornecer energia, quanto para o crescimento dos micro-organismos, enquanto o nitrogênio é essencial para a síntese proteica e para a reprodução. Na prática, uma relação carbono/nitrogênio (C/N) moderada indiretamente garante um balanço adequado dos demais nutrientes, sendo o nível ótimo entre 25 a 30 partes de carbono para cada parte de nitrogênio. (Inácio e Miller, 2009).

A relação C/N também influencia diretamente na velocidade da decomposição, pois o excesso de carbono, quando a relação C/N é superior à 40:1, gera uma redução da velocidade do processo, pois a falta de N dificulta o crescimento das populações microbianas. E quando a relação C/N é baixa, menor do que 20:1, o efeito direto é uma redução da oxigenação da leira, já que materiais de baixa relação C/N tendem a ser mais tenros e com maior taxa de umidade. Logo o processo se torna mais anaeróbico e com isso acaba perdendo velocidade.

Na tabela 2 são apresentados as relações C/N dos principais resíduos utilizados na compostagem, o que permite escolher as melhores combinações e proporções entre os materiais.

Tabela 2. Propriedades importantes de alguns resíduos orgânicos populares na compostagem (Fonte: Rynk, 1996).

<b>Material</b>	<b>%N</b>	<b>C:N</b>	<b>%Umidade</b>
Resíduos de Alimentos	1,9 – 2,9	14 - 16	60 - 80
Lodo de Esgoto	2 – 6,9	5 - 16	72 - 84
Serragem	0,06 – 0,8	200 – 750	19 - 65
Folhas Secas	0,5 – 1,3	40 - 80	30 - 40
Esterco Equino	1,4 – 2,3	11 – 30	59 - 79
Esterco de Frango	1,6 – 3,9	12 - 15	22 - 46

Portanto é importante que se tenha conhecimento prévio da relação C/N dos resíduos a serem compostados, para que seja determinada a proporção ideal de cada resíduo na compostagem

#### **2.3.2.4. Granulometria**

Um fato importante sobre a atividade microbiana é que ela acontece principalmente nas superfícies das partículas, logo quanto menores os tamanhos das partículas, mais rápido acontece a decomposição. (Inácio e Miller, 2009)

Porém, quanto menor o tamanho das partículas, menos espaços vazios a pilha de compostagem terá e logo será mais difícil a aeração. Então, o ideal é uma composição de materiais com partículas de diversos tamanhos, que não sejam pequenos demais a ponto de dificultar a difusão do ar e nem grandes demais, pois podem atrasar a decomposição (Inácio e Miller, 2009).

Na prática, não é recomendável triturar materiais como restos de alimentos, que possuem alta umidade e baixa relação C/N. Ao contrário das podas e resíduos vegetais, em que ao serem triturados o resultado é benéfico, já que a relação C/N é alta e a umidade é baixa. (Inácio e Miller, 2009).

Rynk (1996) vai além e ressalta a importância de três outros fatores que estão diretamente relacionados: a porosidade, estrutura e textura. A porosidade é a medida de espaços vazios em relação à massa da pilha de compostagem e representa a resistência da pilha ao fluxo de ar. Já a estrutura, se refere à rigidez das partículas e à capacidade de resistir à compressão, sendo que partículas com boa estrutura ou “agentes estruturantes” são responsáveis por manter a porosidade ao longo do processo da leira. E por último a textura, que é a medida da área superficial disponível para a atividade microbiana, e representa a disponibilidade desses nutrientes para os microrganismos.

Assim, é importante que se tenha conhecimentos dessas três propriedades de cada material, para que sejam escolhidos de maneira a manter uma boa aeração na pilha de compostagem.

#### **2.3.2.5. pH**

A faixa de pH considerada ótima para o desenvolvimento dos micro-organismos responsáveis pela compostagem é entre 5,5 e 8,5, tendo em vista que a maioria das suas enzimas se encontram ativas nessa faixa de pH (Rodrigues, et al., 2006).

Mas, outros autores afirmam que o processo de compostagem também ocorre de forma satisfatória na faixa de 4,5 até 9,5, o que se percebe é apenas uma redução na velocidade de decomposição, já que o pH passa a ser um fator limitante para algumas populações de micro-organismos. (Pereira Neto, 2007).

Em geral o início do processo de compostagem é ácido, devido à formação inicial dos ácidos orgânicos. Contudo, ao longo do processo em que são formados os ácidos húmicos, estes passam a reagir com elementos químicos básicos e se formam os húmatos alcalinos. E com o decorrer do processo o pH tende a aumentar (Kiehl, 2004).

### **2.3.3 Métodos de Compostagem**

Existe uma grande variedade de métodos de compostagem, que podem ser utilizados de acordo com os diferentes propósitos e recursos disponíveis. Para sistematizá-los Inácio e Miller (2009), classificou os métodos em três categorias: compostagem com revolvimentos, compostagem em leiras estáticas ou biorreatores aeróbicos.

#### **2.3.3.1. Compostagem com Revolvimentos de Leiras**

Segundo Inácio e Miller (2009), o método de compostagem com revolvimentos de leiras é o mais difundido pelo país, possui baixo custo de implantação e baixa complexidade em seu manejo, além de ser capaz de tratar uma grande variedade de resíduos.

Trata-se da formação de leiras longas e de seção geralmente triangular, com 4,0 a 4,5 metros de base e altura de 1,5m a 1,8m. Estas são compostas por uma mistura homogênea dos materiais a serem compostados e recebem revolvimentos constantes manuais ou mecanizados com o intuito de recuperar a aeração do processo e homogeneizar a mistura (Inácio e Miller, 2009). No entanto Epstein (1997) afirma que esta não é uma estratégia eficiente de aeração, já que os níveis de oxigênio caem rapidamente após os revolvimentos, fazendo-se necessários revolvimentos frequentes. No início os revolvimentos chegam a acontecer até uma ou duas vezes por dia e no final passam a ser semanais, isso para que não ocorram situações de anaerobiose, e por consequência a geração de odores e chorume.



Os pontos positivos desse método são: a simplicidade no manejo, a possibilidade de compostar uma variedade grande de resíduos e em grandes quantidades e o baixo custo de implantação. Em contrapartida, os pontos negativos são: a necessidade de espaço e mão-de-obra e o alto consumo de energia nos revolvimentos, além da vulnerabilidade à geração de odores e chorume. (Inácio e Miller, 2009).

Na figura 6, são apresentados dois tipos de equipamentos utilizados para o revolvimento das leiras, na esquerda uma pá-carregadeira, que apesar de versátil, é menos eficiente do que os revolvedores de leiras, equipamento da direita. Os revolvedores são especialmente desenvolvidos para realizar o revolvimento de leiras de compostagem, e são capazes de revolver leiras de grandes dimensões de forma bastante eficiente.

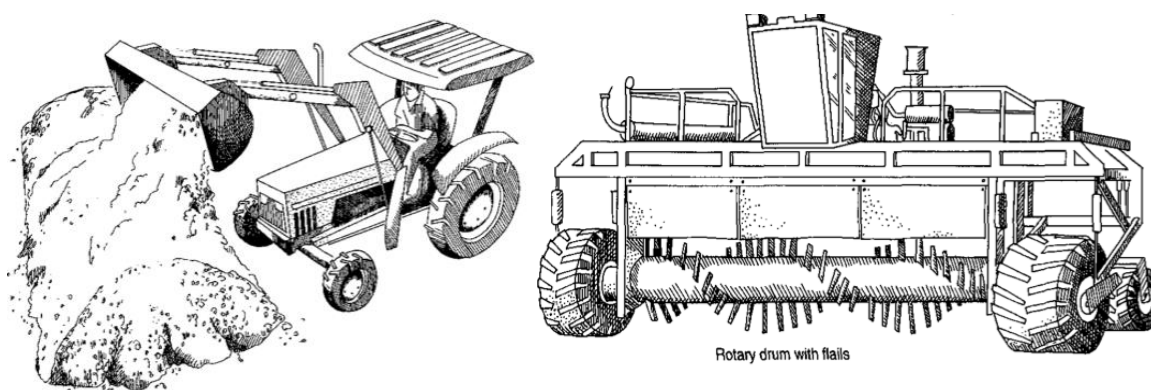


Figura 6. Esquema de uma leira de compostagem sendo revolvida por uma pá carregadeira, e na direita o exemplo um equipamento próprio para o revolvimento de leiras. (Fonte: Rynk, 1996)

### 2.3.3.2. Compostagem em Leiras Estáticas

O método de compostagem em leiras estáticas é marcado por não necessitarem dos revolvimentos, e são subdivididos em duas categorias: 1. Quando a aeração ocorre de forma passiva, pela simples difusão do ar pela leira. 2. Quando ocorre de forma forçada, através do uso de aeradores e/ou insufladores.

As principais vantagens das leiras estáticas são a otimização da área do pátio de compostagem e a economia da energia gasta com os revolvimentos. E o principal ponto negativo é a necessidade de materiais específicos para a confecção da leira.

- **Compostagem em Leiras Estáticas com Aeração Passiva**

Este método se baseia no chamado “efeito chaminé” para promover a difusão do ar pela leira de compostagem. O efeito ocorre em função do aquecimento da leira, que força o ar quente a sair pela parte superior da leira e o ar mais frio a entrar pelas laterais da parte inferior da leira, criando assim um fluxo contínuo de ar (Inácio e Miller, 2009).

A principal alteração que faz com que esse efeito aconteça, é a montagem da leira de uma forma que mantenha a porosidade ao longo do processo e que permita que o fluxo de ar ocorra. Existem várias estratégias alcançar esse resultado, uma delas apresentada no esquema da figura 7, é inserir na base da leira canos de pvc com pequenos orifícios e cobri-los com um material poroso, geralmente cavados de madeira. Isso permite que o ar entre na parte inferior da leira com mais facilidade (Rynk, 1996).

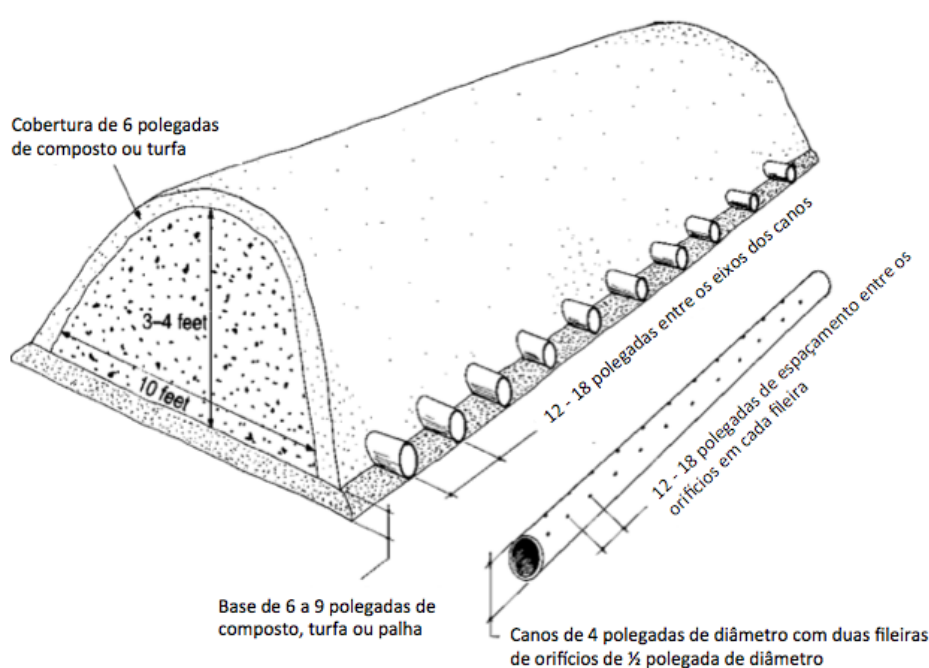


Figura 7. Esquema de uma leira estática com aeração passiva, utilizando tubos de pvc para a difusão do ar. (Fonte: Rynk, 1996)

Outra estratégia foi desenvolvida no Brasil por professores da Universidade Federal de Santa Catarina, que foi batizada como Método UFSC. Esta se difere do método anterior por utilizar apenas a arquitetura da leira e a escolha de uma mistura de resíduos de baixa densidade e alta relação C/N (aparas de madeira, casca de arroz, palhas grama cortada) que são responsáveis por promover essa aeração. (Inácio e Miller, 2009)

O método UFSC, conta com leiras compridas, no formato retangular com uma proporção correta de materiais estruturantes. Em estudos realizados por Inácio, et al. (2009) se constatou que através da aplicação desse método, as leiras se mantiveram predominantemente aeróbicas (2/3 do volume com >10% de O<sub>2</sub>), durante a fase termofílica mesmo sem a realização de revolvimentos.

O ponto mais importante para que este método seja bem-sucedido está na sua forma retangular, que só é possível por conta da utilização, em suas laterais, de resíduos como aparas de grama, palha ou bagaço de cana, o que permite a aeração das leiras.

Na figura 8 é possível visualizar um pátio de compostagem com capacidade para 0,5 toneladas diárias de resíduos, que utiliza as leiras estáticas com aeração passiva como método de compostagem.



Figura 8. Exemplo de um pátio de compostagem com leiras estáticas com aeração passiva “Método UFSC”(Fonte: Inácio, 2010).

- **Compostagem em leiras estáticas com aeração forçada**

A principal característica da compostagem em leiras estáticas com aeração forçada está no uso de sopradores ou insufladores, que injetam ou aspiram o ar através de tubos perfurados, inseridos na base da leira, com o intuito de promover a aeração. Epstein (1997) afirma que essa é uma estratégia de aeração que se mostrou mais eficiente do que os revolvimentos, principalmente na fase termofílica, em que o consumo de O<sub>2</sub> é ainda maior. Com isso, o

controle de emissão de odores e chorume é superior aos métodos anteriores, além de acelerar o processo de compostagem.

Nesse caso a montagem da leira consiste, em primeiro posicionar os tubos perfurados e cobri-los com uma camada de material que mantenha a porosidade, geralmente cavacos de madeira, e então dispor as camadas de resíduos a serem compostados. É possível utilizar os insufladores tanto para bombear ou aspirar o ar, sendo que no segundo caso é possível ainda se criar um sistema de tratamento de odores, o que representa outra vantagem do método (Rynk, 1992). A figura 9 apresenta uma representação esquemática da montagem de uma leira estática de aeração forçada.

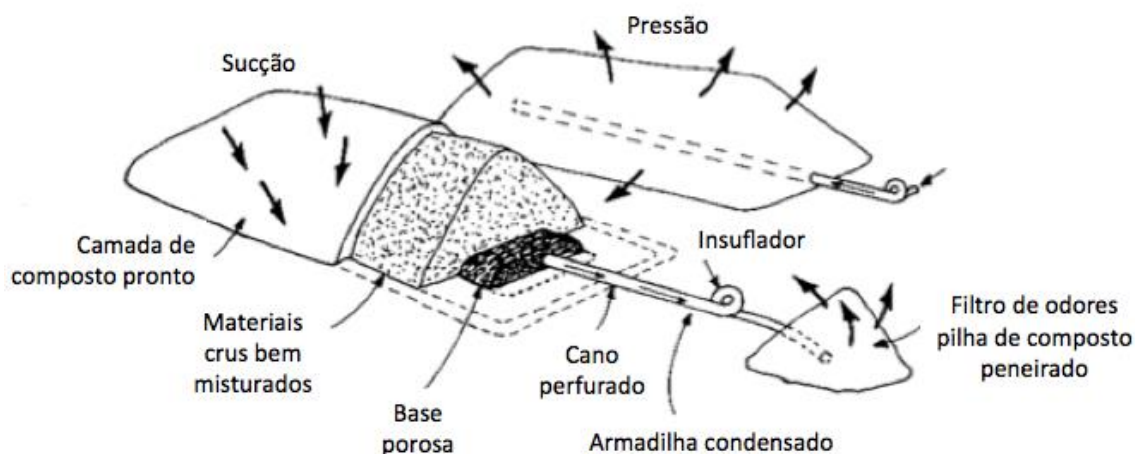


Figura 9. Representação esquemática de uma leira estática com aeração forçada. (Fonte: Rynk, 1996)

No Brasil existem poucos exemplos do emprego desse método de compostagem, provavelmente isso se deve pelo custo inicial de implantação do método ser maior do que as leiras com revolvimento. (Inácio e Miller, 2009).

### 2.3.3.3. Compostagem em Reatores Aeróbicos

Além dos métodos apresentados anteriormente, existe um grupo de métodos de compostagem que confinam os resíduos em construções, containers, cilindros ou recipientes, estes são chamados de reatores aeróbicos. Essas técnicas estão associadas em paralelo aos revolvimentos mecânicos, e à aeração forçada que fazem com que o processo aconteça mais rapidamente, além de sofrer menos influência do tempo (Rynk, 1996).

As principais vantagens são a otimização do espaço, a necessidade de uma área menor e menos mão-de-obra em relação aos outros métodos, além de possibilitar o maior controle da qualidade do composto. Em contrapartida, os pontos negativos são o custo de implantação e operação, que são consideravelmente superiores aos demais métodos (Inácio e Miller, 2009).

A figura 10 apresenta um representação esquemática de um modelo cilíndrico de biorreator aeróbico.

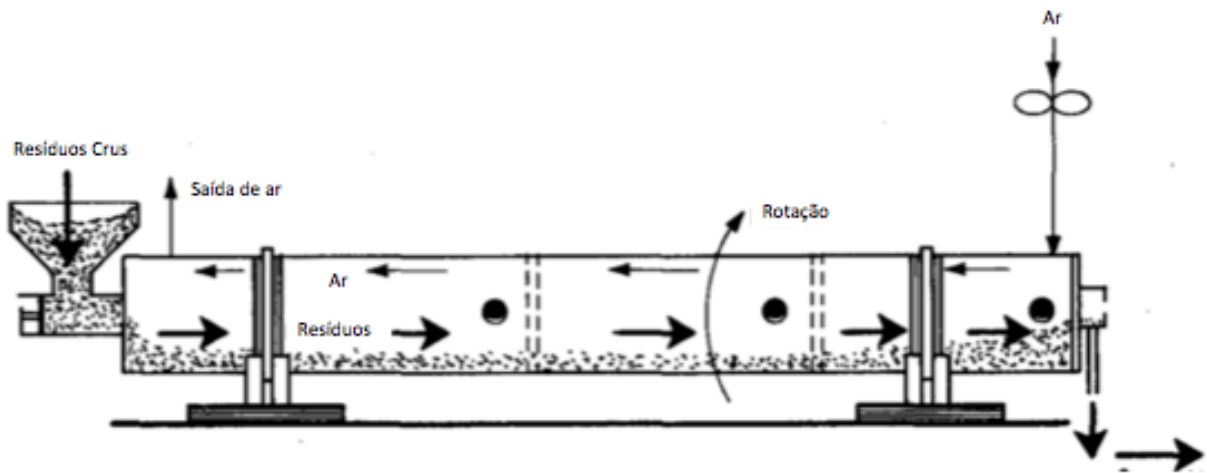


Figura 10. Representação esquemática de um biorreator aeróbico. (Fonte: Bedminster Bioconversion, Inc.)

### 3. Atividades de compostagem desenvolvidas no projeto MUDA

Após a revisão bibliográfica sobre a compostagem, seus princípios e conceitos básicos e principais metodologias, foi dedicado este subcapítulo para a descrição das atividades de compostagem desenvolvidas no ambiente acadêmico da UFRJ, que contribuíram de forma significativa na criação e desenvolvimento do objeto de estudo do presente trabalho.

O Projeto de Extensão MUDA - Mutirão De Agroecologia UFRJ iniciou suas atividades enquanto Grupo MUDA no ano de 2009, composto por graduandos no curso de Engenharia Ambiental. A motivação foi estabelecer uma relação mais próxima com o ambiente, o que o grupo a estudar os conceitos da Agroecologia e da Permacultura. No mesmo ano, o grupo conquistou um espaço físico para ser utilizado como área de experimentação, o Laboratório Vivo de Agroecologia e Permacultura (La.V.A.Per), localizado no

estacionamento do bloco do Centro de Tecnologia, campus Cidade Universitária UFRJ. Desde então, a área vem sendo manejada e utilizada como espaço didático, de pesquisa, extensão e convivência; havendo no momento um esforço do Projeto MUDA no sentido de consolidar este laboratório enquanto Centro de Tecnologias Sociais. O projeto atua em três diferentes frentes complementares: sistemas agroflorestais, bioconstrução e saneamento ecológico. O La.V.A.Per concentra todas elas em um ambiente gerido pelos próprios alunos. (MUDA, 2015)

A experiência do grupo com a compostagem se iniciou em 2009 com a implementação de pequenas leiras com revolvimentos, alimentados com os resíduos orgânicos produzidos nas residências dos próprios integrantes do projeto e folhas secas do campus universitário. Porém, as leiras acabaram se tornando alvos fáceis de ratos e outros vetores (MUDA, 2013).

O que levou mais tarde à utilização do método de compostagem em compartimentos de *pallets* “3-bin composting”, que é uma adaptação do método de leiras estáticas com aeração passiva, que passou a receber também os resíduos de um pequeno restaurante *self-service* instalado na universidade, que produzia cerca de 50 refeições por dia. Os princípios adotados por essa metodologia são os mesmos em que se baseiam o método UFSC, por utilizar a sua montagem e arquitetura como a principal estratégia de aeração. O resultado é um método eficiente, que requer poucos revolvimentos ao longo do processo e é capaz de tratar os resíduos em um período de 90 a 120 dias. A principal diferença para o método UFSC é a utilização dos *pallets* ao invés dos materiais estruturantes para manter o formato retangular.

A figura 11 apresenta a composteira utilizada para o projeto e o seu processo de alimentação com resíduos orgânicos gerados por um restaurante da universidade.



Figura 11. Composteiras de *pallets* utilizadas para atividades de pesquisa no projeto MUDA.

(Fonte: Arquivo do autor)

Com o intuito de compreender melhor o processo de compostagem foram desenvolvidas atividades de acompanhamento da evolução das temperaturas e balanço de massa das leiras. Em 2014 foi realizado um acompanhamento diário das temperaturas das composteiras durante dois meses, sendo que em cada uma delas foram realizadas duas medições a 20cm e 40cm de profundidade, o que permitiu se ter um noção do gradiente de temperatura  $\partial T / \partial h$ . Conforme apresentado na figura 12, foi utilizado para medir a temperatura um termômetro digital tipo espeto (7cm) amarrado a uma barra de ferro para que pudesse atingir as profundidades desejadas.



Figura 12. Integrante do projeto aferindo a temperatura em uma das leiras e na direita o resultado do processo de compostagem. (Fonte: Arquivo do autor)

Os resultados obtidos ao longo do acompanhamento permitiram concluir que uma proporção de 2:1 em volume de folhas secas e restos de alimentos foi satisfatória para um bom processo de compostagem. Em média, a quantidade de composto produzido corresponde a 60% do volume de restos de alimentos adicionados na leira, e um período de 120 dias foi capaz de produzir um composto adequado para aplicação no solo com um teor de N entre 0,76% e 0,92% relação C/N entre 18 e 19 partes de carbono para 1 de nitrogênio.

Na tabela 3 é possível conferir os resultados das análises químicas de 3 amostras de composto do projeto, sendo que os parâmetros analisados foram: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e carbono.

Tabela 3. Resultado da análise química do composto produzido no MUDA (Fonte: LASP/ EMBRAPA, 2015)

Amostra/Identificação		N (g/kg)	P (mg/kg)	K (g/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	CHN (g/kg)	
							Carbono	Nitrogênio
0551	(Amostra A #1)	7,66	1008	9,21	10040	2262	17,02	1,06
0552	(Amostra A #2)	7,75	1113	9,99	9841	2558	17,15	1,03
0553	(Amostra A #3)	8,99	1046	9,84	10370	2464	19,36	1,04
0554	(Amostra B #1)	8,42	1097	9,69	11180	2500	17,47	1,04
0555	(Amostra B #2)	9,20	1167	10,40	11010	2567	19,46	1,09
0556	(Amostra B #3)	7,41	1059	9,71	11320	2153	21,71	1,29
0557	(Amostra C #1)	7,97	1163	8,59	9881	2504	18,36	1,08
0558	(Amostra C #2)	7,27	1007	9,41	10030	2336	19,57	1,07
0559	(Amostra C #3)	7,28	1086	10,21	9360	2458	16,10	0,94

Outros aprendizados importantes foram da homogeneização da mistura inicial, para que se tenha a mesma relação C/N em toda a leira, além da importância da inoculação dos resíduos com algum material que seja uma fonte extra de microrganismos, que no caso foi o próprio composto, retido na peneiras, na etapa de peneiramento.

Também foi possível concluir que, através dessa metodologia, conforme apresentado nas curvas de temperaturas da figura 13, que é possível atingir temperaturas termófilas por meio desse método, além de garantir um processo de compostagem sem a geração de odores ou atração de vetores, produzindo um composto de boa qualidade em um curto espaço de tempo.

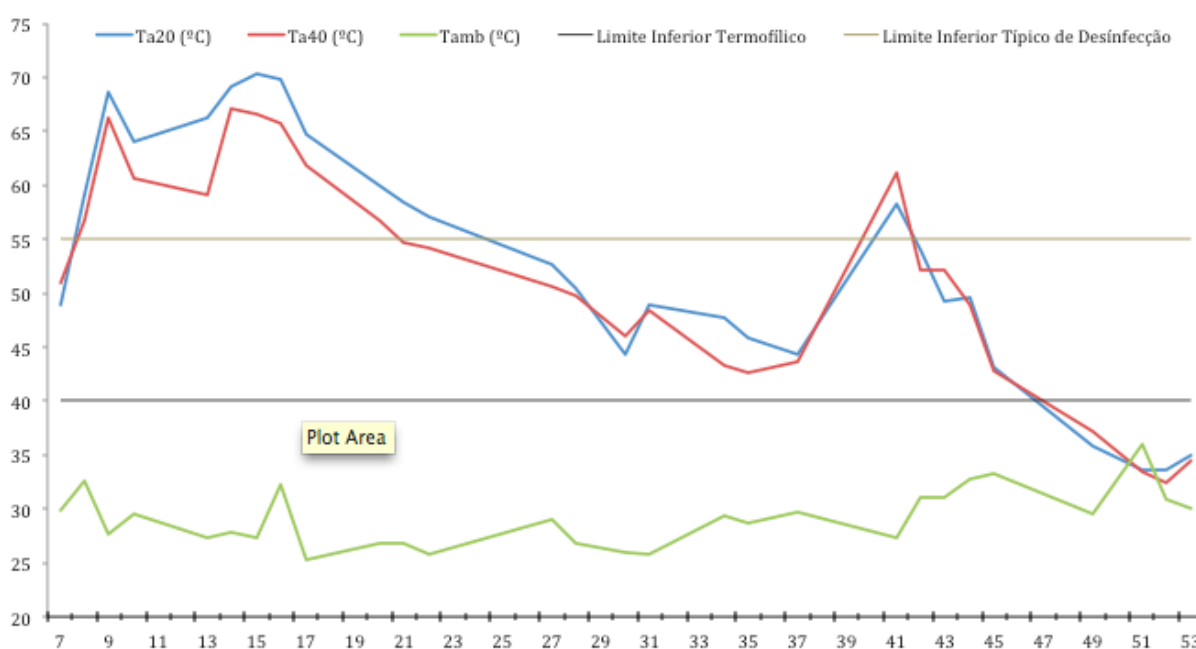




Figura 13. Evolução ao longo do tempo das temperaturas em dois níveis diferentes em uma das leiras de compostagem do projeto MUDA (Fonte: MUDA, 2015)

Além destas experiências, foram reproduzidas leiras estáticas com aeração passiva nos mesmos moldes do método UFSC, conforme apresentado na figura 14, utilizando: cama de biotério, grama cortada do próprio campus e resíduos de outro restaurante na universidade.



Figura 14. Leiras estáticas com aeração passiva, método UFSC, do projeto MUDA. (Fonte: Arquivo Pessoal).

Posteriormente em 2015, foi dado início a atividades de pesquisa com leiras estáticas maiores, chegando a 1 tonelada de resíduos em cada uma, tratando os resíduos gerados pelo restaurante universitário.

Foram utilizados canteiros impermeabilizados com lona, a uma declividade de 5% com coleta do chorume em bombonas. Como resultado, foi possível medir temperaturas que chegaram aos 77°C e temperaturas termofílicas por mais de 2 meses. Foi perceptível a influência da chuva, que se refletiu em um aumento da produção de efluentes durante os períodos chuvosos. Além disso, outro aprendizado importante foi a necessidade da confecção de uma cama porosa como estratégia de aeração a fim de minimizar a ocorrência de sítios anaeróbicos (MUDA, 2015).

Na figura 15, na parte esquerda, são apresentados os experimentos leiras estáticas de maior porte e do lado direito o processo de peneiramento composto gerado pelo experimento.



Figura 15. Experimentos de compostagem com resíduos do restaurante universitário (Fonte: MUDA, 2015).

Posteriormente foi desenvolvido em parceria com o Laboratório de Hidrologia e Estudos do Meio Ambiente - LabH2O/COPPE, a implementação de um sistema monitoramento automatizado, de baixo custo, batizado de Sistema de Monitoramento de Compostagem (SMC). Este protótipo utiliza uma plataforma de prototipagem Arduino com dispositivos de software e hardware livres servindo de *datalogger* e microcontrolador. Na figura 16 é apresentado um esquema dos resultados obtidos pelo SMC e a sua montagem, que conta com três sensores digitais de temperatura, um relógio digital de quartzo e um cartão de memória estão associados ao Arduino. Este sistema representou um avanço no monitoramento das temperaturas, aumentando a precisão e a frequência das medições, o que levou a uma melhor compreensão do processo e permitiu otimizar o manejo da leiras (MUDA, 2015).

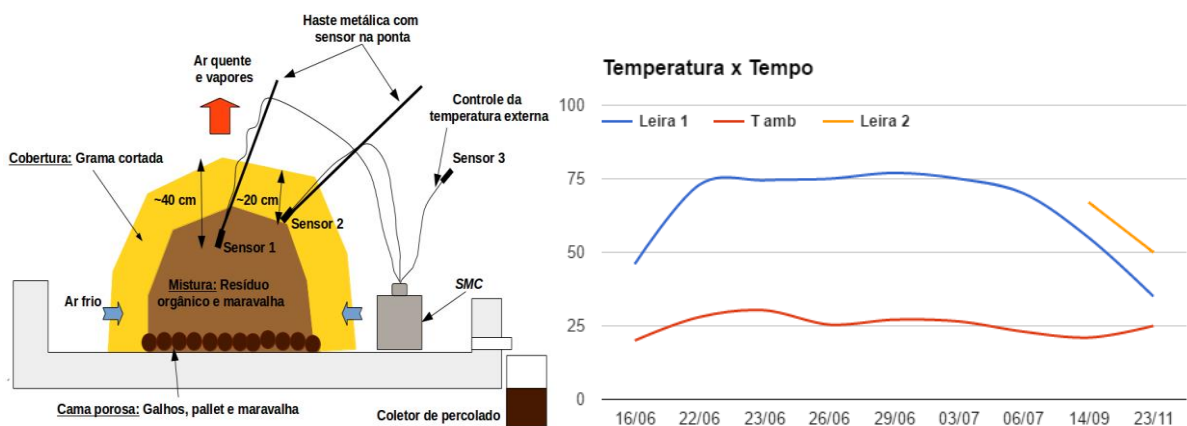


Figura 16. Representação esquemática do Sistema de Monitoramento de Compostagem e evolução da temperatura em uma das leiras (MUDA, 2015).

#### 4. Compostagem em escala comunitária

Assim como os diversos métodos apresentados anteriormente, o processo de compostagem pode ser realizado em diversas escalas, desde a domiciliar em que o sistema é capaz de tratar os resíduos produzidos na própria residência, até a escala industrial, atendendo resíduos gerados por diversas indústrias ou até mesmo de cidades.

A compostagem em escala comunitária é aquela responsável por processar localmente os resíduos orgânicos gerados por um conjunto de famílias e pequenos estabelecimentos comerciais. Com o intuito de capturar os benefícios da compostagem para a própria comunidade, como a aplicação do composto para a produção de alimentos, controle de erosão e recuperação de solos. (Clark, 2015)

Segundo o manual de compostagem comunitária do *Institute of Local Self Reliance* de 2014, um programa de compostagem comunitária é aquele que é guiado por seis princípios:

1. **Recuperação de recursos:** reduz a geração de rejeitos e recupera os orgânicos através da compostagem.
2. **Fechar o ciclo localmente:** trata dos resíduos na mesma comunidade em que foram gerados.
3. **Material orgânico retornando ao solo:** o composto é utilizado para enriquecer os solos locais e produzir alimentos.
4. **Escala comunitária:** a infraestrutura de compostagem é diversificada e distribuída em uma escala que atende às necessidades da comunidade.
5. **Comunidade engajada, empoderada e educada:** o programa deve engajar e educar os membros da comunidade e envolvê-los em suas atividades.
6. **Apoio da comunidade:** o programa deve estar alinhado com os objetivos da comunidade e ter o apoio dos seus membros, a fim de promover o bem estar econômico, social e ambiental da comunidade.

Nesse mesmo manual, os autores ressaltam que apesar dos programas de compostagem comunitária geralmente possuírem uma limitação na capacidade de tratamento de resíduos, estes geram benefícios consideráveis para a comunidade. E que variam das melhorias ambientais através do uso do composto, até benefícios sociais, como a educação ambiental e o engajamento dos moradores em outras questões da comunidade. Além do mais, outro fator importante é a geração de renda através da criação de empregos (ILSR, 2014).

Em um estudo conduzido por Platt et al. (2013), foi constatado que no estado de Maryland no Estados Unidos, a adoção de programas de compostagem comunitária era capaz de gerar, em comparação por tonelada tratada, até seis vezes mais empregos do que os aterros sanitários e até 11 vezes mais empregos do que os sistemas de incineração. E se a comparação for em relação aos empregos gerados por capital investido, a compostagem em geral emprega 2,5 vezes mais do que os aterros sanitários e 13,3 vezes mais do que os incineradores. Isso sem levar em consideração os empregos criados através de empresas que se baseiam na utilização do composto, contribuindo para a promoção de comunidades mais resilientes e sustentáveis.

#### **4.1 Um exemplo de compostagem comunitária: O Projeto Revolução dos Baldinhos (PRB)**

No Brasil, o Projeto Revolução dos Baldinhos, foi pioneiro na área e fonte de inspiração para a criação do C.O. O projeto foi criado em 2006, com o intuito de solucionar a problemática da proliferação de ratos e doenças na comunidade Chico Mendes no município de Florianópolis.

O projeto começou com o trabalho de duas agentes comunitárias visitando as famílias, estimulando a participação dos moradores em separar seus resíduos orgânicos e também os incentivando a plantar nos seus quintais. As famílias que aceitaram participar receberam um pequeno baldinho para armazenar seus resíduos orgânicos em casa e foram orientadas a depositá-los no ponto de entrega voluntário (PEV) mais próximo. Do PEV, os resíduos eram regularmente coletados e transportados dos baldinhos e bombonas das famílias para o pátio de compostagem improvisado na Escola América Dutra Machado, localizado na comunidade. (Abreu, 2013).

Além do trabalho específico da coleta e compostagem, as duas agentes comunitárias realizavam a sensibilização das famílias para separar os resíduos orgânicos adequadamente, e também armazená-los nos “baldinhos”, e com isso em menos de três meses, já eram 30 famílias participando do projeto e todas as coletas eram feitas em carros plataforma, movidos à tração humana, conforme apresentado na figura 17. (Abreu, 2013).



Figura 17. Gestor do PRB e moradores da comunidade. (Fonte: Cepagro, 2011).

Até junho de 2011 a coleta foi realizada somente pelo grupo comunitário, e a partir desta data iniciou-se a parceria com o a companhia de limpeza urbana da cidade, que forneceu um veículo motorizado e o auxílio de dois garis. Inicialmente estavam envolvidas 5 famílias, 2 instituições e 3 PEVs. Em abril de 2012 já participavam aproximadamente 200 famílias, 09 instituições e 44 PEVs em toda a comunidade, chegando a mais de 15 toneladas mensais de resíduos coletados (Abreu, 2013).

Na figura 18 é apresentado o veículo de coleta e os integrantes do PRB realizando a descarga dos resíduos coletados no pátio de compostagem do projeto.



Figura 18. Operação de descarga dos resíduos do PRB no pátio de compostagem (Fonte, Abreu, 2012).

Em uma comparação de custos realizada por Abreu (2012), em 44 meses de operação 437,5 toneladas de resíduos foram “compostados”, com isso o modelo de gestão de resíduos do PRB gerou uma economia de R\$47.250,00, somente em relação aos custos evitados com a

disposição destes resíduos no aterro municipal e R\$90.000,00 em relação aos custos evitados da coleta. Tornando evidente que o modelo de gestão de resíduos do PRB é capaz de otimizar os custos financeiros do modelo de gestão de resíduos do município de Florianópolis.

O PRB contribuiu para a redução dos resíduos encaminhados para o aterro, promoveu a compostagem, tratou dos resíduos e destinou o composto para a agricultura urbana na própria comunidade, além de incluir, engajar, educar e emponderar os moradores. É possível afirmar, que este é um exemplo sólido de programa de compostagem comunitária bem sucedido.

## 5. RESULTADOS

### 5.1 Ciclo Orgânico

A partir da experiência em compostagem no projeto MUDA, nas atividades de pesquisa no Laboratório de Biorreatores Aeróbicos da Embrapa Solos e na empresa de compostagem industrial VideVerde, localizada em Magé - RJ, em fevereiro 2015 o autor do presente trabalho inscreveu-se no programa de empreendedorismo social Shell Iniciativa Jovem, que tem como objetivo desenvolver empreendedores e apoiar construção de empresas éticas, sustentáveis e economicamente viáveis, de forma a gerar impacto e promover mudanças na sociedade.

No início, a ideia consistia em criar um negócio social que atuasse através da compostagem descentralizada em espaços públicos ociosos e realizando coletas domiciliares resíduos orgânicos de bicicleta.

Através da pesquisa de mercado baseada na metodologia de *design thinking*, que é definido como um processo de pensamento crítico e criativo que permite organizar informações e ideias, tomar decisões, aprimorar situações e adquirir conhecimentos. (Burnette, 2009). Esta metodologia é frequentemente utilizada para solucionar problemas e organizar conhecimentos a fim de gerar inovações.

O método consiste na em quatro etapas, na sequência apresentada pela figura 19:

1. **Imersão:** tem o objetivo de entender a fundo o problema, identificando as necessidades dos atores e as possíveis oportunidades;
2. **Análise e Síntese:** organizar dados e apontar padrões que auxiliam a compreensão e identificação de oportunidades e desafios;
3. **Ideação:** processo criativo para se levantar ideias para solucionar o problema;

**4. Prototipação:** fase de pequenos testes práticos para validação e aprimoramento da solução escolhida.



Figura 19. Representação esquemática das etapas do *Design Thinking* (Fonte: MJV,2011)

Com isso, a ideia foi tomando forma e chegou a um modelo de negócios baseado em um clube de assinaturas de pessoas ambientalmente interessadas, oferecendo uma solução para que possam “compostar” os seus resíduos, mesmo sem ter tempo, espaço ou conhecimento sobre o assunto.

A proposta consistia em oferecer os serviços de coleta domiciliar e compostagem descentralizada, além do retorno no final do mês de 2kg de composto, uma muda de hortaliça ou a possibilidade de doar o composto produzido para uma horta comunitária. Além de um relatório com o feedback da participação de cada família e o resultado coletivo do projeto como um todo, incluindo a quantidade de resíduos coletados, a quantidade de composto produzido e as emissões evitadas.

Logo, em Julho de 2015 o empreendimento foi premiado em 1º lugar pelo programa, recebendo um prêmio de 8 mil reais, que possibilitou dar início a um projeto piloto com 5 famílias na Zona Sul do Rio de Janeiro, com o objetivo de validar a ideia e identificar os pontos a serem melhorados.

As famílias separavam os resíduos em baldes industriais de 10 litros, que antes eram utilizados para armazenar alimentos, e inicialmente as coletas eram feitas 2 vezes por semana com uma bicicleta cargueira. Na coleta, os resíduos eram transferidos para uma balde de 30L que era amarrado por elásticos na bicicleta e levados para a compostagem.

O projeto piloto, foi de grande relevância para entender quais eram os maiores desafios os pontos a serem aperfeiçoados para que o projeto pudesse ganhar escala. E as principais lições aprendidas foram:

- Uma coleta por semana era uma frequência satisfatória, economizava recursos e garantia que os resíduos não gerassem odores na casa das famílias;
- Os elásticos que amarravam os baldes na bicicleta eram ineficientes, logo foram substituídos por caixotes plásticos, em que os baldes eram encaixados;
- Era necessário um sistema de pagamentos, que aceitasse cartão de crédito e boleto bancário para facilitar a gestão dos pagamentos;
- Os alimentos cozidos eram os responsáveis pela geração de odores, a recomendação passou a ser de não coloca-los no baldinho, e sim congelá-los e só passar para o balde no dia da coleta;
- Um aspecto que os participantes valorizavam era a praticidade, logo para facilitar a higienização dos baldes, foi adotado o uso de sacos biodegradáveis para forrar os mesmos;
- Era fundamental uma comunicação clara com os participantes, e quanto mais eles entendiam para onde os resíduos deles iam e como funcionava o processo e seus impactos maior era o engajamento e o nível de satisfação;
- Ao fazer a análise de viabilidade econômica do serviço, foi constatado que a mensalidade inicial de R\$30,00 não viabilizava o serviço por isso foi reajustada a mensalidade para R\$60,00;
- Para atender as diversas necessidades, era importante criar mais opções de planos, então surgiu o plano de ponto de entrega, para aqueles que entregavam os resíduos direto na compostagem e os planos coletivos, para prédios ou condomínios com mais de 5 participantes.

A figura 20 apresenta a primeira bicicleta utilizada para realizar as coletas de resíduos e dois baldes industriais de 30 litros com os resíduos de um dia de coleta.





Figura 20. Primeira bicicleta de carga do projeto e os baldes industriais utilizados para realizar a coleta dos resíduos (Fonte: Arquivo do autor).

- **Parceria com o a AMAH e o Parque do Martelo**

Nesse mesmo período foi fechada uma parceria com a AMAH, Associação de Moradores do Alto Humaitá, que é responsável pela gestão do Parque do Martelo, um espaço público de 1,6 hectares de área verde. No parque acontecem diversas atividades como o plantio de espécies originárias da Mata Atlântica, cultivo de hortaliças em uma horta comunitária, criação de abelhas nativas, trilhas e Bioconstrução. Além do mais, o parque já desenvolvia atividades de compostagem, porém, em uma escala bastante reduzida e enfrentava diversos problemas técnicos como a geração de odores e a proliferação de moscas.

Com isso, a parceria veio com a intenção de potencializar as atividades de compostagem no parque e atender a uma das condicionantes estabelecidas no seu contrato de seção de uso com a prefeitura, que dá a atribuição de recuperar o solo e a vegetação nativa à AMAH.

Inicialmente foram instaladas 8 leiras estáticas de 1m<sup>3</sup>/cada utilizando a metodologia de compostagem em *pallets*, em uma área de 40 m<sup>2</sup>. E foi acordado que 50% do composto produzido seria destinado para as atividades do parque. O que possibilitou que o C.O tratasse de forma local os resíduos e beneficiou a AMAH com o tratamento dos resíduos da comunidade, com a geração do composto orgânico e através da atração de novos visitantes ao parque.

Para o processo de compostagem, eram utilizados as folhas secas e resíduos de varrição do parque e das adjacências, além da serragem entregue por uma marcenaria, localizada em um bairro próximo.

Na figura 21 é possível conferir o pátio de compostagem instalado no parque do martelo e a sede do parque com o cristo redentor ao fundo.



Figura 21. Na esquerda o pátio de compostagem do parque do martelo e na esquerda a sede do parque (Fonte: Arquivo pessoal).

- **Evolução do Projeto em 2016 e Parcerias com Escolas Municipais.**

No início de 2016, o Ciclo Orgânico abriu o cadastro para mais famílias e em pouco tempo estava atendendo a 40 famílias. Em Fevereiro pôde contratar o seu primeiro colaborador, que foi capacitado para exercer as funções de ciclista pela manhã e operador de compostagem na parte da tarde. Nesse mesmo ano, a área de atuação foi expandida para outros bairros da Zona Sul, chegando a 14 bairros atendidos. Para atender à demanda e conseguir compostar os resíduos coletados, foram estabelecidas duas novas parcerias com a Escola Municipal Camilo Castelo Branco, no Jardim Botânico e com o Centro Integrado de Educação Pública Nação Rubro Negra no Leblon.

Em ambas as escolas foram implementados pátios de compostagem de dimensões similares ao do Parque do Martelo e firmados acordos parecidos, porém com a contrapartida adicional da realização de atividades educacionais com as crianças em parceria com a escola.

Com isso o C.O. passou a atender mais de 300 famílias, 10 escritórios, 01 escola e 01 restaurante. Além de começar a comercializar o composto produzido, para uma empresa de

paisagismo e uma de educação ambiental. A equipe também cresceu, chegando a um total de 03 ciclistas, 02 estagiários administrativos e 01 voluntário.

A figura 22 apresenta o registro de fotográfico de uma atividade educativa com os estudantes da Escola Camilo Castelo Branco e o funcionário João Targino, que faz parte da equipe Ciclo Orgânico a 1 ano.

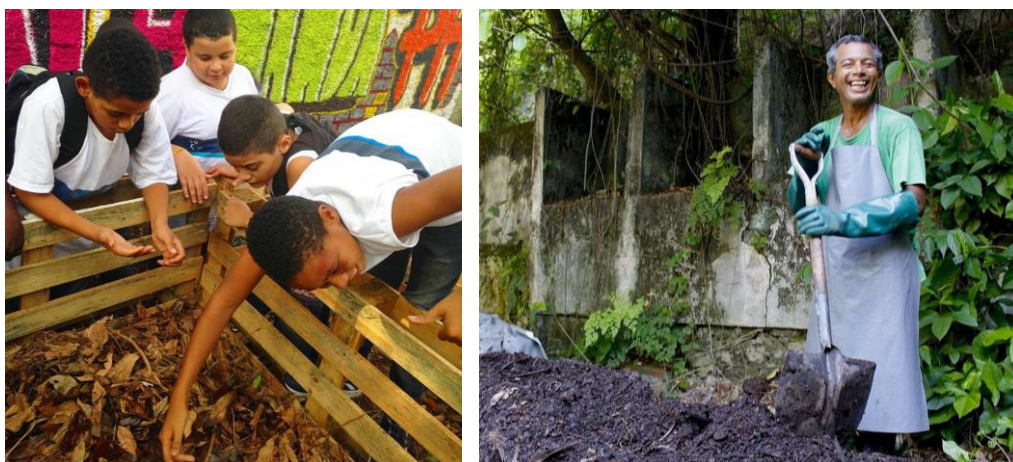


Figura 22. À esquerda o pátio de compostagem da Escola Camilo Castelo Branco e à direita João Targino, colaborador do C.O. a um ano (Fonte: Arquivo do autor).

## 5.2. Descrição do Modelo de Gestão de Resíduos Ciclo Orgânico

Para possibilitar que a gestão de resíduos de fato aconteça, são desenvolvidas ações em quatro vertentes: Gestão de parcerias, Gestão Financeira, *Marketing & Comercial* e Relacionamento com os clientes.

### 5.2.1. Gestão de Parcerias

Dentre todas as parcerias do projeto, se destacam aquelas que possibilitam a implementação e operação dos pátios de compostagem, que atualmente são duas escolas públicas e uma associação de moradores.

Tais parcerias são vitais para o C.O. pois sem elas, seria inviável financeiramente a locação de um terreno para a realização da compostagem. Por isso, é importante que o C.O. esteja alinhado com os seus parceiros, entendendo suas necessidades e expectativas. A fim de construir juntos uma relação duradoura que beneficie ambos.

Para isso, são realizadas reuniões e visitas periódicas, além da organização de atividades em conjunto, que geralmente são: eventos, oficinas, workshops e mutirões.

Além destas parcerias, o C.O. conta com uma rede de empreendimentos parceiros, alguns exemplos são: Clube Orgânico, Paisagismo Comestível, Carpe, Estúdio *Power House*, Casa 6d, Menos Um Lixo, Kombotânica, Coletivo VagaViva, Brownie do Luiz e o Instituto Lixo Zero.

### **5.2.2. Gestão Financeira**

A gestão financeira é outro ponto de grande relevância para o projeto, apesar do lucro não ser a principal métrica de sucesso do projeto, sem uma boa gestão financeira a sua sustentabilidade fica comprometida.

Por isso, são realizadas atividades como: registro e análise do fluxo de caixa, conciliação bancaria, pagamentos a fornecedores, realização de cobranças de faturas vencidas, previsão orçamentárias e captação de recursos.

### **5.2.3. Marketing & Comercial**

As atividades relacionadas às áreas: comercial e de *marketing*, possuem duas funções estratégicas, que são: aumentar o número de participantes e dar visibilidade ao projeto. Para isso são utilizados como canais de venda e comunicação, o site <<http://www.cicloorganico.com.br>>, as redes sociais e a participação em eventos.

Ao longo de 2016 foram 04 aulas e mini-cursos sobre compostagem, 07 oficinas de compostagem, 02 atividades de educação ambiental, 04 eventos organizados pelo projeto e participação e gestão de resíduos de 06 outros eventos. Também foram realizadas 21 palestras e mais de 40 horas de vistas guiadas aos pátios de compostagem.

Além disso, o negócio teve uma grande exposição na mídia, em reportagens nos programas Fantásitico, É de Casa, Cidades e Soluções e Jornal da Band, além de matérias no jornal O Globo e em sites como Catraca Livre e *Hypness* que ajudaram a impulsionar o seu crescimento.

### **5.2.4. Relacionamento com os Clientes**

A quarta área-chave do projeto é o relacionamento com os clientes, essa é sem dúvida a mais importante delas, pois é responsável por construir uma relação duradoura com os participantes do projeto, minimizar a taxa de cancelamentos e aumentar o nível de satisfação dos mesmos.

Uma das ações nesse sentido, foi a criação de uma página na *web* com uma base de conhecimentos úteis para os participantes, <<http://ajuda.cicloorganico.com.br/>>, na página é possível encontrar respostas para as principais dúvidas, além de esclarecimentos sobre o funcionamento do projeto.

Além disso, foi adotado o uso de um software para otimizar a gestão de *e-mails* e outro para o envio de *newsletters* e dos relatórios mensais de feedback para os participantes.

## **5.2.5 Gestão Comunitária de Resíduos Orgânicos**

As quatro linhas de ação apresentadas anteriormente, são o que possibilitam a realização da atividade fim da organização, que é a gestão comunitária de resíduos.

Com o objetivo de melhor compreendê-la, seus processos foram desmembrados e descritos individualmente.

### **5.2.5.1. Coleta e Transporte dos Resíduos**

- **Cadastros de novos participantes e criação das rotas**

A cada novo participante que realiza a assinatura do serviço do C.O., são registrados as seguintes informações: nome, *e-mail*, CPF, telefone e endereço. Então, é gerado uma fatura, o novo participante recebe por *e-mail* por todas as instruções necessárias para participar do projeto, são elas: os dias de coleta, os resíduos que podem ou não ser compostados e como funciona o sistema de recompensas.

A partir de então, o participante é adicionado a base de clientes e incluído na rota dos ciclistas, e em no máximo 3 dias úteis recebe o baldinho em casa.

As rotas são divididas por bairros, em média são atendidos 3 bairros próximos por dia da semana, sendo que a ordem das coleta é definida a fim de gerar o trajeto mais curto possível e facilitar logística, isso é feito com ajuda do software do *Google Maps*.

- **Coletas**

As coletas acontecem semanalmente na residência de cada participante, podendo ser realizadas direto no porta-a-porta ou o participante pode deixar o baldinho na portaria do seu prédio. Durante esse processo, apenas o saco biodegradável com os resíduos é coletado, e transferido para o balde industrial de 30 litros, sendo que o balde de cada participante permanece em sua residência e o ciclista entrega somente um novo saco biodegradável.

Além disso, o ciclista também pesa o baldinho com o auxílio de um dinamômetro manual e registra em sua rota o peso em quilogramas dos resíduos coletados e o horário da coleta. Assim que o ciclista finaliza a sua rota ou atinge a sua capacidade máxima de transporte, ele retorna ao pátio de compostagem.

- **Transporte em bicicletas e triciclos**

O meio de transporte adotado pelo projeto foram as bicicletas e triciclos de carga, sendo que no início era apenas uma bicicleta de carga convencional, que tem a capacidade de transportar 20kg na parte dianteira e 15kg na parte traseira, mas logo se percebeu que o volume que a bicicleta conseguia transportar era um fator limitante para o projeto, pois a cada vez que o ciclista atingia a sua capacidade máxima, precisava descarregar o que gerava demanda tempo e limitava o número de coletas que o ciclista conseguia fazer.

Por isso, foi adotado o procedimento do transbordo das bicicletas para um triciclo, de carga, com capacidade para até 400kg e 360 litros, segue o mesmo na figura 23. Após as coletas do dia, os resíduos são transportados para o pátio de compostagem. Com isso as distâncias percorridas são encurtadas e a eficiência dos ciclistas é maior.



Figura 23. Triciclo e bicicleta de carga utilizados nas coletas de resíduos. (Fonte: Arquivo do Autor)

- **Acondicionamento dos resíduos**

Para acondicionar e transportar os resíduos de forma segura são utilizados baldes industriais, que geralmente são utilizados pela indústria alimentícia. Suas principais vantagens são o baixo custo e a capacidade de isolar os resíduos, fazendo com que não se proliferem odores nas casas dos participantes. No início, eram utilizados baldes reconicionados, porém com a dificuldade de encontrar fornecedores, passou-se a comprar os baldes de 10 litros novos. E para o transporte desde o início foram escolhidos os baldes industriais de 30 litros, essa opção foi feita, visando não exceder os limites de conforto ergonômico dos ciclistas.

#### **5.2.5.2. Compostagem**

O método de compostagem adotado pelo C.O. foi o de leiras estáticas passivamente aeradas, em composteiras de *pallets*. Esse método como foi anteriormente descrito, possui a capacidade de fazer com que os resíduos atinjam temperaturas termófilas, com picos de até 70°C, garantindo um processo ambientalmente adequado, que em média dura de 90 a 120 dias. E o resultado é um composto orgânico estabilizado, de boa qualidade agrônômica e livre de patógenos.

- **Escolha dos Insumos**

Para o processo de compostagem, existem inúmeras possibilidades na escolha das suas matérias primas, no modelo adotado pelo C.O. os insumos escolhidos foram a serragem (resíduos de marcenarias) e as folhas secas (resíduos vegetais de áreas verdes).

Para determinar a proporção de cada um dos insumos, foram principalmente levados em consideração os parâmetros de relação C/N e umidade. A proporção adotada pelo C.O. foi a seguinte: 0,5 partes de serragem e 2,5 partes de folhas secas para cada parte de restos de alimentos. Levando em consideração que as relações de C/N dos insumos escolhidos são: 15:1 para os resíduos alimentares, 50:1 das folhas secas e 200:1 da serragem (NYC, 2012). Através da fórmula abaixo, é possível calcular a relação C/N resultante dessa combinação de resíduos, que no caso é de 32:1. Que segundo Rynk (1997) está dentro da faixa considerada

adequada para a compostagem, varia de 20:1 e 40:1 e muito próxima da faixa ideal que varia de 25:1 até 30:1.

$$\text{Relação } C:N = \frac{[\text{Carbono em A}] + [\text{Carbono em B}] + [\text{Carbono em C}]}{[\text{Nitrogênio em A}] + [\text{Nitrogênio em B}] + [\text{Nitrogênio em C}]}$$

(Fonte: New York Composter Manual)

1 parte de serragem = 1 x (200:1)

2 partes de resíduos alimentares = 2 x (15:1)

5 partes de folhas secas = 5 x (40:1)

$$\frac{200 + 15 + 40}{1 + 2 + 5} = \frac{255}{8} \cong 32:1$$

Quanto ao parâmetro de umidade, é preciso levar em conta que os materiais na média possuem os seguintes níveis de umidade e densidades: a serragem 35% (380 kg/m<sup>3</sup>), os resíduos orgânicos 70% (600kg/m<sup>3</sup>) e as folhas secas 40% (250kg/m<sup>3</sup>).

Com isso a proporção dos materiais em peso é de 1 parte de serragem, para 3 partes de restos de alimentos e 3 partes de folhas secas. Segundo a fórmula abaixo o resultado da combinação dos materiais é uma mistura com 52% de umidade, que se encontra dentro da faixa ótima para a compostagem, que segundo Rynk (1997) que é de 50 a 60%.

$$\text{Umidade (\%)} = \frac{[\text{Massa de água em A}] + [\text{Massa de água em B}] + [\text{Massa de água em C}]}{\text{Massa total da mistura dos resíduos}} \times 100$$

(Rynk, 1997)

$$\frac{[1 \times 0,35] + [3 \times 0,70] + [3 \times 0,4]}{1 + 3 + 3} \times 100 = \frac{3,65}{7} \times 100 \cong 52\%$$

- **Manejo da Compostagem**

Após a definição dos materiais a serem utilizados, estes são homogeneizados, com o auxílio de pás e enxadas, utilizando como base as proporções pré-definidas e dispostas nas leiras. O manejo é realizado principalmente através dos revolvimentos, que em média



acontecem de 5 a 7 vezes ao longo dos 120 dias, o que corresponde a uma média de um revolvimento a cada 20 dias.

Após 45 dias, devido à decomposição, a leira reduz pela metade do seu volume, ponto esse em que duas leiras com a mesma idade são unidas, a fim de otimizar o espaço. Após 75 dias a fase ativa chega ao seu fim e as temperaturas chegam na faixa mesófila, iniciando a fase de maturação. Então a leira é retirada dos *pallets* e disposta em montes cumpridos de seção triangular, até completarem os 120 dias e estabilizarem. Passando então para o processo de peneiramento e acondicionamento.

- **Peneiramento e Acondicionamento do Composto**

Após finalizado, o composto é peneirado em uma peneira rotativa de pequeno porte utilizando uma malha de 6,3 mm. Nessa etapa, são removidas as partes maiores ou de lenta degradação que ainda não se decompuseram completamente, e que então são reinseridas no processo de compostagem. E o composto então é embalado e selado em sacos plásticos de 2kg e de rafia de 20 kg, para então destinados para as famílias, hortas e empresas de paisagismo.

### **5.3. Levantamento do Impacto Ambiental**

Os três principais indicadores utilizados para mensurar o impacto ambiental do C.O. são a quantidade de resíduos coletados e compostados, a quantidade de composto produzido e as emissões evitadas, calculadas em kg de CO<sub>2</sub> eq.

No geral, a quantidade de resíduos por coleta em cada residência varia entre 3kg e 7kg, com isso o projeto passou das 2,6 toneladas mensais coletadas para mais de 6 toneladas por mês de resíduos. Conforme apresenta a figura 23, o projeto totalizou aproximadamente 50 toneladas de resíduos compostados ao longo do ano.

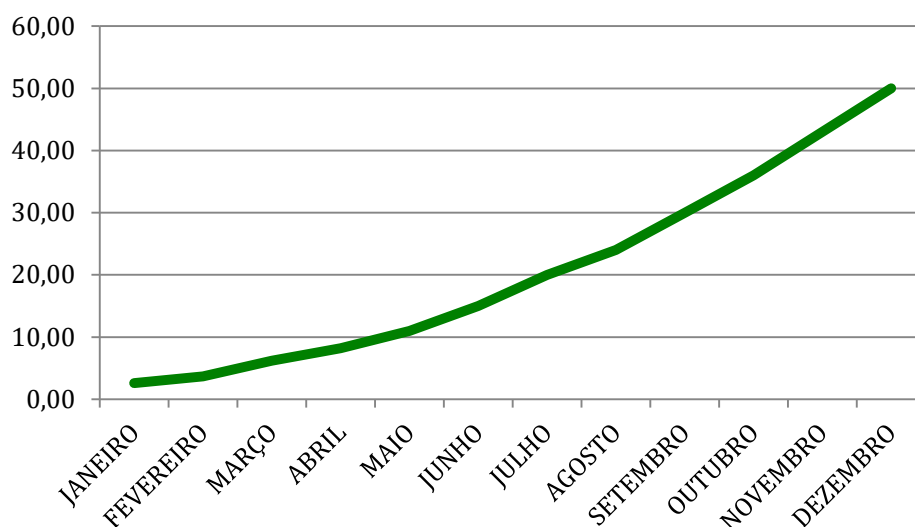


Figura 24. Evolução da quantidade acumulada de resíduos coletados (Fonte: Arquivo pessoal).

- **Quantidade de Composto Produzido e Emissões Evitadas.**

Os indicadores, de quantidade de composto produzido e emissões evitadas, são estimados em função da quantidade de resíduos coletados. Tais estimativas são feitas com base em aplicação de fatores sobre a quantidade inicial de resíduos orgânicos.

O fator utilizado para estimar a quantidade de composto produzido é de 0,6 que foi constatado através de diversas medições em leiras utilizando a mesma metodologia no projeto MUDA. Assim, as 50 toneladas de resíduos compostados são equivalentes a 30 toneladas de composto.

E quanto as emissões evitadas, utilizamos o fator encontrado por Inácio (2010) em experimentos de campo com leiras estáticas com aeração passiva. Que foi determinado da seguinte maneira:

Considerando o fator de emissão padrão da metodologia (AMS.III,F) para aterros de resíduos, 1,0 Mg de restos de alimentos gera cerca de 0,85 tCO<sub>2</sub>-eq, referente às emissões de metano, em um período de 10 anos. Esta mesma quantidade de resíduo enviada para um processo de compostagem geraria apenas 0,084 tCO<sub>2</sub>-eq, resultando em um potencial de mitigação das emissões de metano de cerca de 90%, considerando a metodologia de cálculo citada (Inácio, 2010)

Portanto a diferença entre as emissões geradas no aterro sanitário e do processo de compostagem é de 0,766 tCO<sub>2</sub>-eq, para 1,0 Mg de resíduos orgânicos. A partir dessas constatações, foi adotado o fator de 0,77 para se estimar as emissões evitadas, que em 2016 foram de aproximadamente 38,5 toneladas.

Cabe ressaltar que foram considerados apenas as emissões evitadas pelo processo de compostagem. Na prática, o impacto é ainda maior pois existem as emissões evitadas no transporte e na aplicação do composto no solo.

- **Caracterização do Composto Produzido**

Com o intuito de analisar a qualidade do composto produzido, foi realizada a análise química de uma amostra do composto produzido pelo C.O. no laboratório RiberSolos, pelo agrônomo Luiz Augusto de Almeida Campos (CREA: 78.723/D) que apresentou os seguintes resultados expressos na tabela 4.

Tabela 4. Resultado da análise química do composto do Ciclo Orgânico. (Fonte: RiberSolos, 2016)

	Massa Seca	Massa Úmida
% Nitrogênio	<b>1,36</b>	<b>0,72</b>
% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Total	<b>0,47</b>	<b>0,25</b>
% K <sub>2</sub> O Total	<b>1,01</b>	<b>0,54</b>
% Cálcio	<b>3,42</b>	<b>1,81</b>
% Magnésio	<b>0,29</b>	<b>0,15</b>
% Enxofre	<b>0,14</b>	<b>0,07</b>
% Ferro	<b>1,03</b>	<b>0,55</b>
% Manganês	<b>0,03</b>	<b>0,02</b>
% Cobre	<b>&lt;0,01</b>	<b>&lt;0,01</b>
% Zinco	<b>0,02</b>	<b>0,01</b>
% Cobalto	<b>&lt;0,01</b>	<b>&lt;0,01</b>
pH	<b>-</b>	<b>7,53</b>
Relação Carbono/Nitrogênio	<b>13,77</b>	<b>13,76</b>
% Carbono Orgânico	<b>18,72</b>	<b>9,91</b>
Umidade		<b>47,06</b>

CTC (mmolc/kg)	<b>450,79</b>	<b>238,65</b>
Níquel (mg/kg)	<b>30,0</b>	<b>15,9</b>
% Clóro Solúvel em H <sub>2</sub> O	-	<b>0,46</b>

Sendo que a escolha dos indicadores a serem analisados, foi feita com base na instrução normativa, nº25 do MAPA. Esta aprova as normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura.

Como são utilizados resíduos orgânicos domiciliares, foi utilizado como base os limites definidos para enquadramento do composto na Classe C, que é por definição o fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza qualquer quantidade de matéria-prima oriunda de lixo domiciliar, resultando em produto de utilização segura na agricultura. (MAPA, 2009).

- **PH**

Em relação ao pH do composto, o valor encontrado foi de 7,53, que é considerado dentro da faixa alcalina normal para os compostos orgânicos e superior ao limite mínimo de 6,5 estabelecido pela instrução.

- **Nitrogênio, Pentóxido de Fósforo e Óxido de Potássio**

Quanto aos três principais macronutrientes do composto: nitrogênio, pentóxido de fósforo e óxido de potássio os valores apresentados em base seca, foram 1,36%, 0,47% e 1,01% respectivamente. Estes estão acima dos limites estabelecido pela norma, que são: 0,5% para o nitrogênio, 1% para o Pentóxido de Fósforo e 1% para o Óxido de Potássio. O que possibilita afirmar que, apesar dos níveis pentóxido de fósforo estarem abaixo dos limites da norma, os valores são razoáveis para os padrões dos fertilizantes orgânicos.

- **Cálcio, Magnésio, Enxofre e Ferro**

Para os nutrientes Ca, Mg, S e Fe, os valores apresentados na análise foram 3,42%, 0,29%, 0,14% e 1,03% apenas o Cálcio e o Ferro se encontram acima do que os limites

mínimos previstos pela instrução, que são de 1% e 0,2%. Já o Magnésio e o Enxofre se encontram a baixo do limite, que é de 1%, apontando uma deficiência do insumo. Para corrigir essa deficiência, uma solução viável é adicionar resíduos de carvão vegetal, em proporções de 5 a 10% à mistura inicial de resíduos, já que este resíduo possui uma composição de elementos minerais que incluem: magnésio, boro, silício, cloro, cobre, manganês, molibdênio e, principalmente, potássio (Jiménez, 2016).

- **Manganês, Cobre, Zinco, Cobalto e Níquel**

Quanto aos metais pesados, os valores encontrados na amostra foram: Mn (300 mg.kg<sup>-1</sup>), Cu (<100 mg.kg<sup>-1</sup>), Zn (200 mg.kg<sup>-1</sup>), Co (<100 mg.kg<sup>-1</sup>) e Ni (30 mg.kg<sup>-1</sup>), estes apresentam valores inferiores aos limites máximos estabelecidos pela instrução normativa, além de serem inferiores aos limites estabelecidos em outros países, apresentados na tabela 5.

Tabela 5. Limites de concentração de metais pesados (mg kg<sup>-1</sup>) admitidos em composto de lixo ou fertilizantes orgânicos em diferentes fontes. Fonte: (Trippia – comunicação pessoal, 2016)

Fontes*	Cu	Zn	Cr	Ni	Cd	Pb	As	Se
(mg.kg <sup>-1</sup> )								
SDA/MAPA	500	1000	200	70	3	150	20	80
Ontário	100	500	210	62	3	150	13	2
ECN <sup>1</sup>	200	600	60	40	1,3	130		
SBCS-NRS <sup>2</sup>	96	490	260	122	2	59		
USA <sup>3</sup>	500	1000	1000	100	10	500		

(biossólidos)

\* Fontes: (1) **ECN** - European Compost Network - BLOM et al., 2011 & **BSI** (British Standards Institution), 2011; (2) **SBCS-NRS** (2004, p.103) - Laboratórios de Análises do CEFAF-EPAGRI e do Departamento de Solos-UFRGS; (3) **USA** – Estados Unidos – citado na p.7 em SILVA et al. (2002) & “**Biossólidos**” - US EPA (US Environmental Protection Agency - Part 503 — Standards for the use or disposal of sewage sludge. Fed Regist 1993; 58:9387–404).

- **Relação C/N**

Quanto ao parâmetro da relação carbono/nitrogênio, o composto apresentou 13,77 partes de carbono para 1 de nitrogênio, o que é uma relação abaixo do valor máximo de 20:1 e demonstra que o composto se encontra estabilizado e humificado, pronto para ser utilizado no solo.

- **Umidade e CTC**

O teor de umidade encontrado na amostra foi de 47%, que se encontra abaixo do limite máximo de 50% estabelecido pela instrução, para o composto de classe C.

Em relação à capacidade de trocas catiônicas (CTC), que mede a capacidade de composto adsorver (reter) cátions (forma que muitos nutrientes se encontram no solo) presentes no solo, que depois podem ser disponibilizados para as culturas. (EMBRAPA, 2007) o valor foi de 450,79 mmolc/kg que está bem acima do limite mínimo estabelecido de 80 mmolc/kg. Logo, pode-se afirmar que o composto apresenta boa capacidade de liberação de vários nutrientes, favorecendo a manutenção da fertilidade por um prolongado período e reduzindo ou evitando a ocorrência de efeitos tóxicos da aplicação de fertilizantes. (Ronquin, 2007).

#### **5.4. Análise Comparativa entre a Compostagem Industrial e a Comunitária**

Com o intuito de melhor compreender o papel da compostagem descentralizada na gestão de resíduos orgânicos, foi realizada uma análise comparativa em termos qualitativos, entre o modelo de compostagem comunitária adotado no C.O. e a compostagem em escala industrial da empresa VideVerde, em que o autor desse trabalho estagiou em 2015.

Na figura 24 é possível visualizar a diferença da escala das operações, sendo o Ciclo Orgânico, baseado no uso intensivo de recursos humanos, ao contrário da VideVerde que possui um processo praticamente todo mecanizado.



Figura 25. Comparação entre a compostagem industrial da V.V. à esquerda e na direita a compostagem em escala comunitária do C.O. (Fonte: Ciclo Orgânico e Vide Verde)

Para facilitar visualmente a comparação dos dois métodos, foi elaborada a tabela 6, que compara as escalas sob os seguintes aspectos: tecnologia, investimento, custos de manutenção/operação, transporte, envolvimento comunitário, quantidade de composto produzido e controle de odores.

Tabela 6. Análise comparativa entre as diferentes escalas de compostagem.

Aspectos	Escala da Compostagem	
	Industrial (Centralizada)	Comunitária (Descentralizada)
<b>Tecnologia</b>	Dependente de tecnologias mais complexas, e do uso de maquinários.	Técnicas de menor grau de complexidade, porém intensiva em mão-de-obra.
<b>Investimento</b>	Alto investimento necessário, principalmente em infraestrutura e maquinário.	É necessário pouco investimento de capital.
<b>Manutenção/Operação</b>	Altos custos de operação e manutenção e são necessários conhecimentos técnicos específicos para a operação.	Custo por tonelada de resíduos tratados maior, porém nível de conhecimentos técnicos necessários é menor.
<b>Transporte</b>	Altos custos de transporte, pois geralmente essas unidades ficam na região rural ou peri urbana e o transporte é feito através de caminhão.	Custos de transporte menores, devido a proximidade entre o gerador dos resíduos e as unidades de compostagem, que estão localizadas no meio urbano.
<b>Envolvimento</b>	Poucas interações e envolvimento	Alto grau de envolvimento com a

<b>Comunitário</b>	com os moradores do entorno.	comunidade, por conta da proximidade e da possibilidade de tratar os resíduos domiciliares.
<b>Qualidade do Composto</b>	Qualidade inferior do composto, devido a grande quantidade de materiais inorgânicos que acabam passando pela triagem além da dificuldade de controlar os parâmetros da compostagem em leiras grandes.	Alto índice de qualidade do composto, pois a separação tende a ser mais eficiente, já que ocorre duas vezes, nas residências e no pátio de compostagem, além da maior facilidade de se controlar os parâmetros da compostagem em pequenas leiras.
<b>Controle de Odores</b>	Quanto maior o volume tratado, maior a dificuldade do controle de odores o que pode impactar no entorno da unidade.	Menor ocorrência de odores indesejáveis devido ao pequeno volume, porém em geral as unidades estão mais próxima as residências, o que reforça a necessidade de um bom controle de odores.

- **Público atendido**

Em 2015, na época do estágio a Vide Verde (V.V.), tratava os resíduos em uma única de compostagem unidade localizada no município de Magé/RJ na região metropolitana da cidade do Rio de Janeiro., onde eram “compostados” mensalmente mais de 500 toneladas de resíduos.

Diferente do Ciclo Orgânico, em que o público alvo é o pequeno gerador, no caso da V.V. o foco principal é o grande gerador, principalmente os refeitórios de grandes indústrias em todo o estado, que tem como motivação atender condicionantes ambientais, pré-requisitos para certificações ambientais ou agregar valor à marca.

- **Método de compostagem**

No caso da V.V. todo o processo de compostagem é mecanizado, com exceção da etapa inicial de remoção dos resíduos das bombonas, que é feito manualmente. Os demais



processos contam com 2 retroescavadeiras, 1 pá carregadeira, uma peneira rotativa e um ensacador de composto. O método adotado pela empresa foi o de leiras com revolvimento mecanizado, sendo que as dimensões das leiras chegavam até a 5 metros de altura e 30 metros de comprimento.

Com isso, é possível produzir uma grande quantidade de composto, com um baixo custo operacional por tonelada de composto produzido, porém no geral o composto apresentava qualidade agrônômica inferior, devido aos contaminantes e a dificuldade do controle dos parâmetros na leira, o que muitas gerava um produto final não humificado e estabilizado. Além disso, outra diferença é a presença de lixiviado no processo industrial, que é captado e destinado a uma ETE.

- **Transporte de Resíduos**

Para transportar grandes volumes de resíduos, a V.V. utilizava 6 caminhões com carroceria tipo baú e 1 caminhão tipo poli guindaste, que transportava caçambas de 5 m<sup>3</sup> com vegetação. As coletas são feitas em todo o estado do Rio de Janeiro, logo os caminhões percorrem grandes distâncias, porém o número de coletas é significativamente menor, geralmente entre 4 e 8 e o volume coletado em cada ponto é maior.

- **Aspectos Financeiros**

Em termos financeiros, o investimento inicial na compostagem industrial é muito maior, devido às infraestruturas e ao maquinário necessário, porém o custo unitário do tratamento dos resíduos é menor do que na compostagem comunitária, devida à escala e ao processo ser todo mecanizado e reduzir os custos com mão de obra da compostagem comunitária.

- **Impacto Socioambiental**

Comparando o impacto socioambiental gerado pelas duas empresas, é possível afirmar que a V.V. composta uma quantidade expressivamente maior de resíduos, assim como produz mais composto e evita mais emissões de CO<sub>2eq</sub>, porém em termos sociais, o número de pessoas diretamente impactadas é proporcionalmente maior no C.O., assim como o

envolvimento comunitário, que pode ser atribuído à proximidade entre o gerador e o local aonde os seus resíduos são tratados.

## 6. CONCLUSÕES

Tendo como base o panorama global, nacional e municipal dos resíduos sólidos, é possível concluir que a compostagem, possui um papel fundamental na gestão de resíduos sólidos em todas as esferas, principalmente devido a sua capacidade de reduzir dos impactos ambientais decorrentes dos aterros, lixões e incineradores. Assim como devido ao seu potencial de construção de uma cultura de valorização dos resíduos no ambiente urbano.

Nesse contexto, o C.O. construiu um modelo pioneiro de gestão de resíduos orgânicos comunitária, que tem como principal resultado percebido a conscientização ambiental e a construção de hábitos mais sustentáveis em relação aos resíduos sólidos.

Utilizando a metodologia baseada nas coletas domiciliares, através de bicicletas e triciclos de carga, e destinando estes resíduos para pequenos pátios de compostagem no ambiente urbano. O C.O. encontrou uma maneira eficiente de armazenar, coletar, transportar e tratar os resíduos orgânicos domiciliares.

Com isso o impacto socioambiental do projeto ao longo de 1 ano e 6 meses, pode ser expresso através dos seguintes dados: Mais de 50 toneladas de resíduos “compostados”, que são equivalentes a 38,5 CO<sub>2eq</sub> em emissões evitadas e mais de 30 toneladas de composto orgânico. São mais de 340 famílias atendidas, além de escritórios, um restaurante e uma escola. 3 empregos formais gerados de forma direta além de quase mais de 1000 pessoas sensibilizadas em palestras e atividades promovidas pelo negócio.

Em relação ao insumo produzido pelo processo de compostagem do C.O., este apresentou, segundo a instrução normativa nº25 do MAPA/SDA, teores de nutrientes que são normalmente encontrados em compostos orgânicos de classe C, aqueles que são produzidos utilizando resíduos alimentares como matéria prima. Exceto dos níveis de pentóxido de fósforo, enxofre e magnésio, que podem ser corrigidos, através da inclusão de outro resíduo, o pó de carvão vegetal, que em pequenas proporções, eleva o teor de fósforo e dos micronutrientes, contribuindo para um composto mais equilibrado e com um maior valor agrônômico. Nos demais parâmetros, os resultados indicaram que o composto se encontrava estabilizado e pronto para ser aplicado ao solo, gerando resultados benéficos as suas culturas.

Enquanto estratégia de gestão de resíduos, foi possível concluir que o modelo desenvolvido pelo C.O., é capaz tratar os resíduos orgânicos de forma descentralizada e de

maneira economicamente viável, gerando empregos e renda. Outra constatação, foi que este modelo possui uma vocação para tratar os resíduos de pequenos geradores, já que o seu ponto forte é a redução dos custos logísticos em contrapartida o seu fator limitante está na capacidade de tratamento de resíduos.

No geral, a simplicidade é o ponto forte do modelo de gestão comunitária pois o investimento inicial é baixo, assim como os custos de transporte. Além da técnica de compostagem ser de baixa complexidade, o que permite esse modelo seja replicado em outras cidades e contextos.

Através da análise comparativa entre as diferentes escalas de compostagem, é possível concluir que estes modelos são complementares e essenciais para uma boa gestão de resíduos. Pois na escala industrial, a logística é o principal ponto crítico, sendo que a coleta só é viável para grandes volumes de resíduos, que é o caso dos grandes geradores. No caso da compostagem comunitária, a situação é a inversa, o modelo só é viável para os pequenos geradores, pois o fator limitante nesse caso é a capacidade de tratamento dos resíduos.

## **7. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

No contexto atual em que vivemos, em que lidar com os resíduos sólidos urbanos é considerado um desafio diário, o Ciclo Orgânico, vem desenvolvendo um modelo novo e de grande importância, para a gestão descentralizada dos resíduos orgânicos.

Porém, ainda existem pontos a serem melhorados e aperfeiçoados para que o modelo seja ainda mais eficiente, financeiramente e socialmente, promovendo uma cultura em relação aos nossos resíduos.

Outro desafio que o modelo tem pela frente, é encontrar o caminho ideal para que seja reaplicado em outras cidades e contextos, levando em conta as particularidades de cada comunidade. Cabe ressaltar, que diagnósticos como esse, são importantes e devem ser realizados com maior frequência, a fim de identificar mudanças no projeto e acompanhar a sua evolução, além dar suporte para o planejamento do negócio.

## **8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ABREU, M. J., **GESTÃO COMUNITÁRIA DE RESÍDUOS ORGÂNICOS: o caso do Projeto Revolução dos Baldinhos (PRB), Capital Social e Agricultura Urbana/** Marcos José de Abreu, Orientador: Oscar José Rover – Florianópolis, SC, 2013. 150p.

AVNIMELCH, Y. **Organic residues in modern agriculture. In The role of organic matter in modern agriculture**, pp.1-9. Y. Chen & Y. Avnimelech eds. Martinus Nijhoff, Netherlands. 1986.

BLUM, B., **Composting and the Roots of Sustainable Agriculture**. *Agricultural History* 66.2 (1992): 171–188. JSTOR. Web. 5 Mar. 2013.

BORZAGA, C., DEFOURNY, J. **The Emergence of Social Enterprise**. Routledge, London, 2004, 396p.

BRASIL. **Lei nº 12.305**, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/pol%C3%ADtica-de-res%C3%ADduos-s%C3%B3lidos>> Acessado em 10 de jan. de 2017.

BRAZAS, A. **Graphics: Temperature and pH, and Other Information**. In Lithuanian, *Atlieku Tvarkymo Konsultantai*, UAB, 2012

BRITO, M., **Manual de Compostagem: Maturação e Qualidade do Composto**. 2008 Disponível em: <<http://www.ci.esapl.pt/mbrito/Compostag.htm>>. Acesso em 23 de jan. 2017.

BURNETTE, C., **A Theory of Design Thinking**, preparado em resposta a Conferência Torquay de Design Thinking, 2009. Disponível em <[www.independent.academia.edu/charlesburnette](http://www.independent.academia.edu/charlesburnette)> Acessado em 10 de jan. de 2017.

CICLUS, **Estações de Transferência de Resíduos**. Disponível em: <[http://www.ciclusambiental.com.br/ciclus\\_etr.php](http://www.ciclusambiental.com.br/ciclus_etr.php)> Acessado em 5 de jan. de 2017.

CHIABI, Lucas.; LIMA, Tomé. Almeida.; HESTER, William. John.; ANDRADE, Wendell. Esteves.; MOHAMAD, Isaac. Rezende.; PAIVA, Célia. Maria.; FIRMO, Heloisa. Teixeira; PERTEL, Monica. **Compostagem de Resíduos Orgânicos do CT/UFRJ pelo Grupo MUDA**. XXXVII Jornada Julio Massarani de Iniciação Científica, Tecnológica, Artística e Cultural UFRJ, 2015, Rio de Janeiro: Anais..., 2015

CLARK, N., **The bussiness of community composting** *BioCycle* January 2015, Vol. 56, No. 1, p. 32 Disponível em: <<https://www.biocycle.net/2015/01/14/the-business-of-community-composting/>> Acessado em 10 de jan. de 2017.

EMBRAPA, **Produção orgânica de hortaliças: o produtor pergunta, a Embrapa responde** / editores técnicos, Gilmar Paulo Henz, Flávia Aparecida de Alcântara, Francisco Vilela Resende. – Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, 2007.

EPSTEIN, E., **The science of composting**. Lancaster: Technomic Publishing, 1997. 493 p.

GLOBO, 2016. **Coleta seletiva de resíduos é de apenas 1% no Rio, abaixo da meta**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/noticia/2016/05/coleta-seletiva-de-residuos-e-de-apenas-1-no-rio-abaixo-da-meta.html>> Acessado em 13 de jan. de 2017.

HAUG, R. T. **The practical handbook of compost engineering**. Boca Raton: Lewis Publishers, 1993.

HOORNWEG, D. ; BHADA-TATA, P.2012. **What a Waste : A Global Review of Solid Waste Management**. Urban development series;knowledge papers no. 15. World Bank, Washington, DC. © World Bank.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios**. 2014;

INÁCIO, C. T. **Dinâmica de gases e emissões de metano na compostagem de resíduos orgânicos** / Caio de Teves Inácio. – 2010. <sup>[11]</sup>95f.: il.

INÁCIO, C. T.; MILLER, Paul Richard M. **Compostagem: ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.

INÁCIO, C. T.; PROCÓPIO, A. S.; TEIXEIRA, C.; MILLER, P. R. M. **Dinâmica de O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub> em leiras estáticas de compostagem durante a fase termofílica**. In: Congresso Brasileiro de Resíduos Orgânicos, 2 a 9 de Outubro de 2009, Vitória. Resumos... Vitória: Incaper, 2009. 1 CD-ROM.

JORDAO, J. G. **Investimentos de Impacto: Negócios Sociais como Opção de Aplicação Financeira** Monografica de Conclusão de Curso, PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2013. 64p.

KADER, N.A.E.; ROBIN, P.; PAILLAT, J.M. e LETERNE, P. **Turning, compacting and the addition of water as factors affecting gaseous emissions in farm manure composting**. Bioresource Technol., 98: 2007. 2619-2628.

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. 4a ed. E. J. Kiehl. Piracicaba. 2004.173 p.

LEITE, Aguinaldo. **A realidade dos municípios brasileiros frente à nova política nacional de resíduos sólidos**. Braunschweig: Technische Universität Braunschweig, 2015.

LIMA, T. A. JORDÃO, M. D. L., CHIABI, L., HESTER, W. J., ANDRADE, W. E., MOHAMAD, I. R., PAIVA, K., INÁCIO, C. T., FIRMO, H. T., FILHO, O. R., **Compostagem de resíduos orgânicos do Restaurante Universitário com folhas de manutenção de áreas verdes no ano de 2015**, XVIII Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social 2015.

MAPA.. **Instrução Normativa MAPA / SDA N° 25**. Aprova as Normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura. 2009. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=recuperarTextoAtoTematicaPortal&codigoTematica=1229186>>. Acessado em 15 de janeiro de 2017.

MASON, I.G., MILKE, M.W. **Physical modeling of the composting environment: A review. Part 1: Reactor systems**. Waste Management, v. 25, p. 481-500. 2005a.

MILLER, F. C. Composting as a process based on the control of ecologically selective factors. Em: METTING, F. B. (Ed.). **Soil microbial ecology: application in agricultural and environmental management**. New York: Marcel Dekker Inc, 1993. p. 515-541.

MUDA. **As experiências com ciclagem de nutrientes do Projeto MUDA**. Rio de Janeiro, 2014. Apresentado em: I Seminário do Núcleo Interdisciplinar para o Desenvolvimento Social - Rio de Janeiro/RJ

NEW YORK CITY. **New York City Master Composter Manual**. New York: NYC Department of Sanitation, 2012. 223p.

ONTARIO MINISTRY OF THE ENVIRONMENT, **Category AA Compost ou entrepares para Category A - Ontario Compost Quality Standards**, Foreign Matter, Ontário, Canadá 2012. 11p.

PEREIRA NETO, J.T. **Manual de compostagem: processo de baixo custo**. UFV. Viçosa. 2007, 81 p.

PLANO ESTADUAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO RIO DE JANEIRO, 2014, disponível em: < <http://www.rj.gov.br/web/sea/exibeconteudo?article-id=1941406>> Acessado em 10 de jan. de 2017.

PLANO MUNICIPAL DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO RIO DE JANEIRO, 2012, disponível em: <[http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/3372233/4160602/PMGIRS\\_Versao\\_final\\_publicacao\\_DO\\_dezembro2015\\_19\\_ABR\\_2016\\_sem\\_cabecalho1.pdf](http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/3372233/4160602/PMGIRS_Versao_final_publicacao_DO_dezembro2015_19_ABR_2016_sem_cabecalho1.pdf)> Acessado em 10 de jan. de 2017.

PLANO NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 2012. Disponível em: <[www.sinir.gov.br/documents/10180/185386/.../d18a7f4f-c2a3-4eef-a05c-286bfcfce7ea](http://www.sinir.gov.br/documents/10180/185386/.../d18a7f4f-c2a3-4eef-a05c-286bfcfce7ea)> Acessado em: 10 de jan. de 2017.

PLATT, Brenda ; MCSWEENEY, James; DAVIS, Jean. 2014b. **Growing Local Fertility: A Guide to Community Composting**. Hardwick, VT: Institute for Local Self-Reliance.

PROGRAMA AMBIENTAL DAS NAÇÕES UNIDAS (UNEP) & ASSOCIAÇÃO INTERNACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS (ISWA) 2015. **Global Waste Management Outlook**. Wilson DC (Ed) Authors: Wilson DC, Rodic L, Modak P, Soos R, Carpintero A, Velis CA, Iyer M and Simonett O.

RIBER SOLOS, **Resultado da análise de fertilizante do cliente Ciclo Orgânico**. Pedido: 76990, Amostra 9554 / Composto Orgânico, 2016.

RODRIGUES, M.S.; DA SILVA F.C.; BARREIRA, L.P. e KOVACS, A.. **Compostagem: reciclagem de resíduos sólidos orgânicos**. Em: Spadotto, C.A.; Ribeiro, W. Gestão de Resíduos na agricultura e agroindústria. FEPAF. Botucatu. 2006 p. 63-94.

RONQUIM, C. C., **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 8, Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP, 2010. 30p.

RYNK, R. **On-farm composting handbook**. Ithaca, NY: NRAES, 1992, 186 p.

SMITH, M., FRIEND, D., JOHNSON, H., **Composting for the Homeowner**. University of Illinois, 2012. Web. 5 Mar. 2013.

TIQUIA, S. M. **Microbiological parameters as indicators of compost maturity**. J. Appl. Microbiol., 99: 816-828. 2005.

USEPA. **Compost of yard trimmings and municipal solid waste**. EPA530-R-94-003.1994. Disponível em: <<http://www.epa.gov/epaoswer/non-hw/compost/cytmsw.pdf>> Acessado em 10 de jan. de 2017.

VALENTE, B.S.; XAVIER, E.G.; MORSELLI, T.B.G.A.; JAHNKE, D.S., BRUM Jr, B.S.; CABRERA, B.R.; MORAES, P. O.; LOPES, D.C.N. **Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos**. Archivos de Zootecnia, v. 58, p. 59-85. (2009)

VINNERAS, B., JOHNSON, H. **Thermal composting of faecal matter as treatment and possible disinfection method** - Laboratory scale and pilot-scale studies. Bioresource Technol., 84: 275-282 2002.

## **ANEXO 1 – RELATÓRIO MENSAL**





---

## Que 2017 seja um ano de ainda mais compostagem!!

Olá <<First Name>> !

Muito obrigado por fechar o ciclo conosco em 2016, é com prazer que lhe informamos que o impacto da sua participação até agora foi:

Até o fim de 2016 você já evitou que <<PESO>> Kg de resíduos fossem para o aterro e ao invés disso foram produzidos <<ADUBO>> Kg de composto e evitadas a emissão de <<CO2>> Kg de CO<sub>2</sub>eq.

Juntos já mudamos o destino de **44 Toneladas** de resíduos, produzimos **26,4 Toneladas** de composto e evitamos a emissão de **34 Toneladas** de CO<sub>2</sub> eq. isso é o equivalente as **emissões neutralizadas por 242 árvores!**

Muito obrigado pelo apoio em 2016, você pode contar com a gente em 2017! :)  
Equipe Ciclo Orgânico

#JuntosPorUmaComunidadeSemLixo  
#FechaOCiclo

## ANEXO 2 – Termo de Parceria

### TERMO DE PARCERIA - CICLO ORGÂNICO COMPOSTAGEM E ASSOCIAÇÃO DE MORADORES DO ALTO HUMAITÁ

**Missão:** Fechar o ciclo da matéria orgânica atuando no seu elo mais fraco que é transformar resíduos orgânicos em adubo, reduzindo a geração de lixo e contribuindo para a produção de alimentos saudáveis

**Descrição:** O Ciclo Orgânico é uma empresa de compostagem que oferece o serviço de coleta domiciliar. Através de uma mensalidade realizamos coletas semanais de bicicleta e destinamos os resíduos para nossa unidade de compostagem mais próxima. No final do mês o cliente opta por receber o composto, uma muda ou doar o seu composto produzido para um agricultor orgânico.

O **Ciclo Orgânico** se compromete a:

- Implantar um sistema de compostagem para atender os resíduos orgânicos coletados pela empresa.
- Realizar a manutenção e o manejo da compostagem.
- Processar de forma correta todo o composto produzido.
- Destinar 50% do composto produzido para a horta, viveiro e plantios do parque.
- Dar suporte em atividades educacionais realizadas com estudantes no parque.

A **Associação de Moradores do Alto Humaitá** se compromete a:

- Conceder o direito de uso dos espaços previamente combinados que são necessários para a realização das atividades de compostagem.
- Permitir a utilização do triturador e eventualmente das ferramentas de jardinagem para realização de atividades de compostagem
- Permitir o estacionamento do triciclo de carga do Ciclo Orgânico durante os dias úteis.

Rio de Janeiro, 19 de agosto de 2015

---

Ciclo Orgânico Compostagem

---

Associação dos Moradores do Alto Humaitá

### ANEXO 3 – SELO SHELL INICIATIVA JOVEM



### ANEXO 4 – PLANTA DO PÁTIO DE COMPOSTAGEM

Planta de Compostagem - Ciclo Orgânico (Pomar da Barra - Jardim Oceânico)

