

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
CURSO DE AGRONOMIA**

**REDUÇÃO DE GASTOS COM A IMPLANTAÇÃO DE PROJETO DE
COMPOSTAGEM NO GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS
NO COLÉGIO MILITAR DE BRASÍLIA**

YASMINE SARA SOUZA DE OLIVEIRA

**BRASÍLIA, DF
2018**

YASMINE SARA SOUZA DE OLIVEIRA

**REDUÇÃO DE GASTOS COM A IMPLANTAÇÃO DE PROJETO DE
COMPOSTAGEM NO GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS
NO COLÉGIO MILITAR DE BRASÍLIA**

Monografia apresentada à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, como parte das exigências do curso de Graduação em Agronomia, para a obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientador: PROF.JOÃO LUIZ HOMEM DE CARVALHO

**BRASÍLIA, DF
2018**

FICHA CATALOGRÁFICA

Ficha catalográfica elaborada automaticamente, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

SS0729r Souza de Oliveira, Yasmine Sara
Redução de gastos com a implantação de projeto de compostagem no gerenciamento dos resíduos sólidos no Colégio Militar de Brasília / Yasmine Sara Souza de Oliveira; orientador João Luiz Homem de Carvalho. -- Brasília, 2018.
59 p.

Monografia (Graduação - Agronomia) -- Universidade de Brasília, 2018.

1. Compostagem. 2. Resíduos orgânicos . 3. Gestão ambiental. 4. Economia. 5. Sustentabilidade. I. Homem de Carvalho, João Luiz, orient. II. Título.

Cessão de direitos

Nome do Autor: Yasmine Sara Souza de Oliveira

Título: REDUÇÃO DE GASTOS COM A IMPLANTAÇÃO DE PROJETO DE COMPOSTAGEM NO GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO COLÉGIO MILITAR DE BRASÍLIA

Ano: 2018

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desse relatório e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva - se a outros direitos de publicação, e nenhuma parte desse relatório pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

YASMINE SARA SOUZA DE OLIVEIRA

**REDUÇÃO DE GASTOS COM A IMPLANTAÇÃO DE PROJETO DE
COMPOSTAGEM NO GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS
NO COLÉGIO MILITAR DE BRASÍLIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, como parte das exigências do curso de Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Engenheira Agrônoma

Aprovado em ____ de _____ de ____.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. João Luiz Homem de Carvalho Dr.
Centro de Estudos Avançados e Multidisciplinares –CEAM
Orientador

Prof. Manoel Pereira de Andrade Dr.
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária –
Universidade de Brasília
Examinador

Heliana Kátia Tavares Campos MsC
Examinadora externa

Dedico este trabalho a minha família por sempre acreditarem em mim e me apoiarem nessa jornada, especialmente ao meu pai Roberto (in memorian), que já se foi, mas continua sendo minha maior força e inspiração na vida. Ao meu noivo, que esteve comigo em todos os momentos, partilhou comigo preocupações, choros e alegrias e que não mediu esforços para me ajudar nessa etapa tão importante da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Deus por minha vida, família e amigos.

Aos meus pais, pelo amor, e incentivo desde os primeiros anos de estudo.

Ao Colégio Militar de Brasília, pela oportunidade da elaboração desse trabalho.

Ao tenente Medeiros pela inestimável ajuda na montagem e monitoramento das leiras de compostagem

À Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília pela oportunidade concedida para realização do Curso de Agronomia.

Ao professor João Luiz Homem de Carvalho, pela orientação, apoio e confiança.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse trabalho.

*O único homem que está isento de erros
é aquele que não arrisca acertar.*

Albert Einstein

RESUMO

REDUÇÃO DE GASTOS COM A IMPLANTAÇÃO DE PROJETO DE COMPOSTAGEM NO GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO COLÉGIO MILITAR DE BRASÍLIA

Diante da criação da Lei Distrital nº 5.610/2016 intitulada como Lei dos Grandes Geradores foi atribuída a responsabilidade do gerenciamento dos resíduos sólidos às pessoas físicas em estabelecimentos de uso não residencial e pessoas jurídicas que gerem mais de 120 litros diários de rejeitos, sendo estas integralmente responsáveis pelo gerenciamento ambientalmente adequado de seus resíduos sólidos. Nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi avaliar a viabilidade da compostagem de resíduos sólidos orgânicos bem como a redução de gastos dispendidos pelo Colégio Militar de Brasília na destinação correta dos resíduos gerados. Para o processo de compostagem, empregou-se o método de leiras estáticas com aeração passiva, conhecido como Método UFSC, sendo criadas leiras em local aberto do colégio, abastecidas diariamente com cerca de 90 Kg de restos de alimentos e resíduos provenientes da jardinagem. O período de operação da compostagem foi 45 dias, entre meados de outubro até final de novembro de 2018. Observou-se uma economia de 46% (quarenta e seis por cento) mensal. Concluiu-se que a compostagem se mostrou viável para a reciclagem de resíduos, adequação à legislação ambiental e impactando positivamente no tempo de vida útil dos aterros sanitários e contribuiu com a diminuição de custo na destinação dos resíduos do restaurante e jardins do CMB.

Palavras-chave: Compostagem; economia; sustentabilidade; resíduos; gestão ambiental.

ABSTRACT

REDUCTION OF EXPENSES WITH THE IMPLEMENTATION OF A COMPOSTING PROJECT FOR THE MANAGEMENT OF SOLID WASTE IN THE MILITARY COLLEGE OF BRASÍLIA

In view of the creation of District Law No. 5,610 / 2016, entitled Large Generators Law, the responsibility of managing solid waste was given to individuals in non-residential establishments and legal entities that manage more than 120 liters daily of tailings, and they are fully responsible for the associated environmental management of their solid waste.

In this context, the purpose of this work was to evaluate the viability of organic solid waste composting as well as the reduction of the Military College of Brasilia's expenses in the correct destination of the waste generated. For the composting process, the passive aeration static method, known as the UFSC method, was used. A windrow was made in an open area of the school, using 90 kg of food residues and waste from the garden. The composting operation period was 45 days, from mid-October to the end of November 2018. An saving of 46% (forty-six per cent) per month was verified for the Military College of Brasilia. It was concluded that composting is viable for the recycling of waste, conforming to the environmental legislation and has also a positive impact on the endurance of landfills.

Keywords: Composting; economy; sustainability; waste; environmental management

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema representativo do processo de compostagem.....	19
Figura 2 - Gráfico da variação de temperatura na pilha em função do tempo de compostagem	23
Figura 3 - Mapa da localização da compostagem no CMB	39
Figura 4 - Recipientes utilizados no transbordo de restos de comida.....	40
Figura 5 - Termômetro-higrômetro utilizado no monitoramento.....	41
Figura 6 - Forcado Reto 4 Dentes Cabo Madeira 120cm Tramontina	41
Figura 7 - Carrinho plataforma utilizado para transporte dos resíduos	42
Figura 8 - Contêineres utilizados para acondicionamento dos resíduos da jardinagem	42
Figura 9 - Base da compostagem feita de bambu para melhorar a aeração	43
Figura 10 - Abastecimento da primeira leira com matéria orgânica.....	43
Figura 11 - Registro da primeira leira montada	44
Figura 12 - Segunda camada de restos de comida seguida de folhas secas.....	44
Figura 13 - Cobertura da leira com folhas secas.....	45
Figura 14 - Montagem das duas leiras com cobertura de folhas de palmeiras	45
Figura 15 - Monitoramento na fase inicial, leitura de 57% de umidade e temperatura 30,5 °C	46
Figura 16 - Monitoramento na fase termofílica, leitura de 47% de umidade e temperatura 60 °C	46
Figura 17 - Exemplo dos tipos de matéria orgânica que foram acrescentados na compostagem	47
Figura 18 - Restos de frutas que foram adicionadas a compostagem	47
Figura 19 - Grande quantidade de restos de folha e jardinagem gerados no CMB	48
Figura 20 - Leiras criadas apenas com folhas, evitando que as mesmas fossem descartadas de forma incorreta.....	48
Figura 21 - Leiras criadas apenas com folhas.....	49
Figura 22 - Leiras cobertas com a capa de proteção de chuva	49
Figura 23 - Gráfico representando o registro de coleta dos resíduos	51
Figura 24 - Gráfico representando o valor da fatura referente ao serviço de coleta e destinação de resíduos sólidos, prestado pela empresa QUADRO AMBIENTAL	51
Figura 25 - Gráfico comparativo do valor médio da fatura de julho a outubro x novembro (compostagem em plena operação).....	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quadro comparativo dos métodos de compostagem.	27
Tabela 2 - Valores estabelecidos como parâmetros de controle para o composto orgânico	34
Tabela 3 - Limites máximos de contaminantes (mg.Kg-1) admitidos em fertilizantes orgânicos	34
Tabela 4 - Restos de alimentos destinados a compostagem	50
Tabela 5 - Registro de coleta dos resíduos.....	50

Sumário

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	17
2.1 OBJETIVO GERAL	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
3.1 PROCESSOS DE COMPOSTAGEM	18
3.2 ELEMENTOS BIOLÓGICOS FUNDAMENTAIS NA COMPOSTAGEM	19
3.2.1 GRUPOS MICROBIANOS	20
3.2.2 BACTÉRIAS	20
3.2.3 ACTINOMICETOS	21
3.2.4 FUNGOS	21
3.3 PRINCIPAIS VÁRIAVEIS DE CONTROLE DO PROCESSO	21
3.3.1 UMIDADE	21
3.3.2 AERAÇÃO	22
3.3.3 TEMPERATURA	22
3.3.4 RELAÇÃO C/N	23
3.3.5 pH	24
3.3.6 TAMANHO DAS PARTÍCULAS	24
3.4 MÉTODOS CONVENCIONAIS DE COMPOSTAGEM	25
3.4.1 COMPOSTAGEM COM AERAÇÃO NATURAL	25
3.4.2 COMPOSTAGEM COM AERAÇÃO FORÇADA	25
3.4.3 REATORES BIOLÓGICOS	26
3.4.4 LEIRAS ESTÁTICAS COM AERAÇÃO PASSIVA (método UFSC)	26
3.5 MÉTODOS ALTERNATIVOS DE COMPOSTO	27
3.5.1 VERMICOMPOSTAGEM	27
3.5.2 VANTAGENS E BENEFÍCIOS DA VERMICOMPOSTAGEM	28
3.6 CLASSIFICAÇÕES DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	29

3.7 FONTES PARA O COMPOSTO ORGÂNICO	29
3.7.1 RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	30
3.7.2 RESÍDUOS VERDES.....	30
3.7.3 LODO DE ESGOTO.....	31
3.7.4 RESÍDUOS PROVENIENTES DE ANIMAIS	32
3.8 QUALIDADE DO COMPOSTO	32
3.8.1 LEGISLAÇÃO	32
3.8.2 CONTAMINANTES QUÍMICOS E BIOLOGICOS.....	34
3.8.2.1 CONTAMINANTES QUÍMICOS	34
3.8.2.2 CONTAMINANTES BIOLÓGICOS.....	35
3.9 MÉTODOS PARA ANÁLISE DO COMPOSTO	35
3.9.1 MÉTODOS RÁPIDOS PARA ACOMPANHAR A MATURAÇÃO	35
3.9.2 MÉTODOS LABORATORIAIS	36
3.10 UTILIZAÇÕES DO COMPOSTO	37
3.10.1 EFICIÊNCIA DO COMPOSTO.....	38
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	39
4.1 COMPOSTAGEM TERMOFÍLICA COM AERAÇÃO PASSIVA (Método UFSC)	40
4.2 AMOSTRAGEM DOS RESÍDUOS SÓLIDOS ACRESCENTADOS NAS LEIRAS.....	50
5.RESULTADOS E DISCUSSÂO.....	50
5.1 DIMINUIÇÃO DA COLETA DE RESÍDUOS PELA EMPRESA QUADRO AMBIENTAL	50
5.2 RESULTADO FINANCEIRO DO APROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS NA COMPOSTAGEM.....	51
5.3 APROVEITAMENTO PEDAGÓGICO DA COMPOSTAGEM	54
6. CONCLUSÕES / CONSIDERAÇÕES FINAIS	55
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56

1. INTRODUÇÃO

A cada dia cresce mais a preocupação e conscientização da população em relação a destinação e redução de resíduos produzidos diariamente. A situação dos resíduos, vem se tornando insustentável em diversos países. Segundo relatório da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública (Abrelpe 2017), quanto maior a renda per capita da população, maior a geração de resíduos, chegando a um total de 214.868 toneladas diárias de resíduos sólidos urbanos (RSU) no país.

Pouco do que é produzido é reciclado, e nem sempre o destino dos resíduos se dá de forma correta. Em 2017 foram recolhidas 71,6 milhões de toneladas, equivalente a 91,2% de coleta no Brasil, o que mostra que 6,9 milhões de toneladas de resíduos não foram recolhidos e consequentemente não tiveram destinação correta (Abrelpe 2017).

Segundo definição do dicionário Aurélio, lixo é aquilo que se varre da casa e se joga fora; entulho; sujidade; sujeira; imundície; coisas inúteis, imprestáveis, velhas; qualquer material produzido pelo homem que perde a utilidade e é descartado. Porém na natureza não existe lixo, e sim processos naturais inertes, onde a grande maioria desses resíduos podem ser reaproveitados através de processos de reciclagem, compostagem e reutilização.

Segundo a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010 (Política Nacional dos resíduos sólidos) os resíduos podem ser classificados quanto à origem, ou seja, urbanos, industriais, de serviços de saúde, rurais e especiais ou diferenciados. Podem ser também classificados quanto à periculosidade, ou seja, resíduos perigosos ou não perigosos.

Um dos grandes desafios atuais é a destinação dos resíduos de forma correta, com o mínimo de impacto ao solo, água, e o ar. Porém quando descartados de forma incorreta implica em grandes impactos ambientais, muitas vezes irreversíveis. De acordo com Carlos Silva Filho, Diretor Presidente da Abrelpe, 80% dos resíduos que chegam aos nossos oceanos têm origem nas cidades. Em São Paulo, lixões e unidades inadequadas de destinação de resíduos sólidos geram um prejuízo de R\$ 420 milhões anualmente para o tratamento de saúde e recuperação ambiental (Abrelpe; 2016). Na região centro oeste o custo mensal por pessoa para coleta de

RSU, e demais serviços de limpeza urbana foi de R\$ 6,27 o que movimentou R\$ 1,26 bilhão. (Abrelpe 2017).

Em janeiro de 2017 foi inaugurado o Aterro Sanitário de Brasília (ASB) que representa um importante avanço na destinação correta, porém o aterro recebe matérias não reutilizáveis (rejeitos), método que minimiza impactos ambientais e que está previsto na Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010). Outras medidas devem ser tomadas a fim de obter melhores resultados com os resíduos gerados, como as práticas de coleta seletiva, triagem, compostagem e aproveitamento energético (PDGIRS 2018).

A fim de melhorar o gerenciamento dos resíduos sólidos no Distrito Federal, foi criada a lei nº 5.610/2016 intitulada como Lei dos Grandes Geradores não residenciais, em que é de responsabilidade dos grandes geradores o gerenciamento dos resíduos produzidos, onde eles passam a ser responsáveis pelo acondicionamento adequado, coleta, transporte e disposição final dos resíduos sólidos.

Segundo a lei, grandes geradores são as pessoas físicas ou jurídicas que produzem mais de 120 litros diários de resíduos indiferenciados em estabelecimentos comerciais, públicos, de prestação de serviço, terminais rodoviários e aeroportuários, cuja natureza ou composição sejam similares àqueles dos resíduos domiciliares (art. 2º, II, da Lei nº 5.610/2016).

A lei dos grandes geradores visa incentivar os grandes geradores, a buscar a não geração de resíduos, a conscientização do descarte correto, a segregação do lixo na sua origem, uso racional dos recursos, causando menos impactos no meio ambiente, visto que quanto maior o volume de material reciclado separado, menor será o valor pago para coleta e disposição final dos resíduos no Aterro de Brasília.

Segundo RESOLUÇÃO Nº 25 DE 27 DE OUTUBRO DE 2017 é estabelecido pela Agência Reguladora de águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal (Adasa) o valor de R\$ 153,68 reais/tonelada para coleta de resíduos sólidos, e R\$ 92,95/ tonelada para disposição final de resíduos sólidos no Aterro de Brasília.

Uma forma de incentivar os grandes geradores a separar os resíduos orgânicos, principalmente pelos benefícios ambientais, sociais e econômicos é oferecer aos grandes geradores descontos no valor do preço por toneladas, como cita o artigo 5º, inciso 4º da lei 5.610/2016:

§ 4º A título de incentivo à compostagem, norma de regulação da ADASA pode prever a isenção ou o pagamento de preços públicos inferiores aos custos para a prestação pelo SLU de serviços de coleta, transporte e tratamento de resíduos orgânicos separados na origem pelos grandes geradores para compostagem.

O presente trabalho de pesquisa, visa avaliar redução de gastos e um manejo sustentável de resíduos sólidos, no Colégio Militar de Brasília, através do método de compostagem termofílica em leiras estáticas com aeração passiva –UFSC.

Na escolha do local de execução das leiras foi levado em consideração a facilidade de acesso, ocorrência de raios solares e sombra, declividade do terreno e um solo compactado. Para o desenvolvimento do projeto, foram criadas leiras de compostagem, que foram abastecidas com restos de alimentos provenientes do restaurante e também restos de poda e jardinagem. O intuito do projeto foi mostrar se é possível ou não ocorrer contenção ou diminuição de gastos através da compostagem, e para isso houve monitoramento da quantidade de resíduos recolhidos pela empresa QUADRO AMBIENTAL, da quantidade de resíduos que foram acrescentados na compostagem durante um mês e meio e o valor da fatura dos meses anteriores e atuais pós implantação da compostagem.

Buscando uma boa orientação na execução do projeto, foram consultadas bibliografias voltadas para a prática e gestão de resíduos orgânicos, a fim de buscar entendimento para aplicar a técnica de baixo custo adaptada a área disponível no Colégio Militar de Brasília (CMB). Entre as bibliografias ressalto o título "*Compostagem*" publicado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

Para um bom controle do processo de compostagem aferimos níveis ideais de umidade e temperatura realizando medições através de termômetro higrômetro.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a redução de gastos com a implantação de compostagem dos resíduos orgânicos gerados no Colégio Militar de Brasília.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar a viabilidade da compostagem por meio da gravimetria dos resíduos sólidos;
- Levantar gastos iniciais para implantação da compostagem;
- Realizar a compostagem, em pequena escala no CMB;
- Monitorar a compostagem através do controle da umidade, temperatura, tamanho das partículas e quantidade de resíduos utilizada;
- Avaliar o potencial de aproveitamento pedagógico da compostagem aos discentes; e
- Propor possíveis utilizações do adubo orgânico formado no processo.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Na presente revisão bibliográfica serão apresentados os temas relacionados aos processos de compostagem, seus benefícios, métodos de aplicação, suas variáveis e utilização do composto.

3.1 PROCESSOS DE COMPOSTAGEM

Compostagem é uma técnica de gestão de resíduos orgânicos de extrema importância e indispensável para o desenvolvimento sustentável, haja vista que promove a decomposição biológica dos resíduos orgânicos de forma controlada sem causar danos à saúde humana e ao meio ambiente. A Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) em seu art. 3º, classifica a Compostagem como uma das modalidades de destinação final ambientalmente adequada dos Resíduos Sólidos, configurada ainda como um processo de reciclagem:

VII - destinação final ambientalmente adequada: destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sisnama¹, do SNVS² e do Suasa³, entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos.

XIV - reciclagem: processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do Sisnama e, se couber, do SNVS e do Suasa.

Ao aplicar a técnica de compostagem mais apropriada àquele conjunto de resíduos que se pretende tratar, a decomposição dos Resíduos Orgânicos torna-se confortável aos olhos humanos, menos repulsiva no sentido dos odores gerados e livre de se tornar uma fonte de proliferação de vetores indesejáveis como as moscas. O inverso dessas situações é verificado na decomposição de Resíduos Orgânicos procedida a céu aberto, como nos lixões.

A manipulação das leiras de forma eficiente permite que as condições para o crescimento microbiano se mantenham ideais, tornando o processo de decomposição não somente controlado, mas perceptivelmente acelerado. Essa iniciativa promove a

¹ Sistema Nacional do Meio Ambiente

² Sistema Nacional de Vigilância Sanitária

³ Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária

reciclagem dos nutrientes e evita o desperdício de matéria orgânica que pode ser incorporada ao solo. Além desses benefícios, o emprego da Compostagem cumpre exemplarmente as prioridades de gestão dos resíduos sólidos estabelecidas pelo art. 9º da PNRS: “Art. 9º Na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.”, desviando dos Aterros Sanitários a parcela de orgânicos que pode ser compostada.

De acordo com Pereira Neto (1987), a compostagem é definida como um processo aeróbio controlado, desenvolvido por uma população diversificada de microrganismos, efetuada em duas fases distintas: a primeira quando ocorrem as reações bioquímicas mais intensas, predominantemente termofílicas; a segunda ou fase de maturação, quando ocorre o processo de humificação.

Esse processo pode ser resumido no esquema abaixo:



Figura 1 - Esquema representativo do processo de compostagem

A NORMA BRASILEIRA- NBR 13591, válida a partir de 1996 normatiza a compostagem de resíduos sólidos domiciliares.

3.2 ELEMENTOS BIOLÓGICOS FUNDAMENTAIS NA COMPOSTAGEM

Para que ocorram transformações bioquímicas na compostagem, os resíduos passam por uma série de reações microbiológicas que alteram suas características físicas e químicas sob condições favoráveis na massa de compostagem com ação combinada de minhocas, formigas, besouros e ácaros e de diferentes microrganismos (incluindo bactérias, actinomicetos, leveduras e fungos) que se sobressaem em diferentes fases da compostagem.

Para Goldstein (1987) e Devens (1995) para que haja predominância dos microrganismos é necessário, alguns critérios, como: substâncias químicas da matéria

que está sendo digerida com maior intensidade, teor de umidade, disponibilidade de oxigênio, relação C/N, pH e temperatura.

O composto é, portanto, o resultado de um processo controlado de decomposição bioquímica de materiais orgânicos (KIEHL, 1985) .

3.2.1 GRUPOS MICROBIANOS

3.2.2 BACTÉRIAS

As bactérias são abundantes nos solos, sendo responsáveis pela quebra inicial da matéria orgânica de menor proporção C/N, promovendo a liberação de calor na massa em compostagem. São elas que decompõem a matéria orgânica e reciclam os nutrientes, devolvendo-os ao solo.

Alguns exemplos são a bactéria do gênero *Bacillus* e *Clostridium* encontradas no solo e na compostagem, as quais possuem a capacidade de criar endósporos, estruturas de resistência quando as condições ambientais se tornam desfavoráveis. (INACIO E MILLER 2009). Seu tamanho reduzido e sua alta motilidade, em conjunto com a tendência de criar endósporos, lhes conferem a capacidade de ocupar diversos nichos ecológicos, conhecida como ubiquidade, o que as tornam especialistas na degradação bioquímica dos resíduos orgânicos.

Para (PELCZAR et al., 1980) as bactérias podem ser divididas em 4 grupos conforme sua resposta a presença ou ausência de oxigênio:

1. Bactérias aeróbias: crescem na presença de oxigênio livre;
2. Bactérias anaeróbias: crescem na ausência do oxigênio livre;
3. Bactérias anaeróbias facultativas: crescem tanto na presença como na ausência de oxigênio livre
4. Bactérias microaerófilas: crescem bem em baixas concentrações de oxigênio.

As bactérias apresentam metabolismo variado, sendo assim, há espécies que fixam nitrogênio, outras são capazes de oxidar compostos minerais, serem fotossintetizantes e fixar CO₂.

3.2.3 ACTINOMICETOS

Os actinomicetos são do grupo de bactérias corineformes; este grupo é formado pela família Propionibacteriaceae e pela ordem Actinomycetales (PELCZAR et al., 1980). Podem ser encontrados em inúmeros ambientes, sendo predominantes em solos e são essenciais em decomposição dos resíduos orgânicos da compostagem. Esses microrganismos predominam na fase termofílica, visto que são capazes de suportar temperaturas maiores que 40 °C, onde crescem melhor por efeito de condições úmidas, mas aeróbias.

3.2.4 FUNGOS

Os fungos são organismos heterotróficos, onde tem sua alimentação a partir da matéria orgânica sem vida ou nutrindo-se como parasitas de hospedeiro vivos. Como saprófitas, decompõe resíduos complexos de plantas e animais, transformando-os em formas químicas mais simples, que retornam ao solo (PELCZAR et al., 1980).

Os fungos podem ser encontrados em solos mais ácidos em relação aos actinomicetos e bactérias. Diferentemente dos actinomicetos não participam da fase de alta temperatura da compostagem, apenas grupos restritos conseguem se desenvolver em temperaturas maiores que 50°C. Quando comparados às bactérias apresentam menor eficiência em decomposição e crescimento. (INACIO E MILLER 2009)

3.3 PRINCIPAIS VÁRIAVEIS DE CONTROLE DO PROCESSO

3.3.1 UMIDADE

A umidade é responsável por garantir a atividade microbiana na compostagem, por dois motivos: é necessário água para se obter metabolismo e a água concorre com o oxigênio pelos espaços no arranjo da leira. Dessa forma a umidade deve ser controlada para que não haja falta nem excesso, o que pode comprometer a atividade biológica, sendo ideal manter os níveis de umidade entre 40% e 65%. (INACIO E MILLER 2009)

3.3.2 AERAÇÃO

O oxigênio é de vital importância para a oxidação biológica do carbono dos resíduos orgânicos. Sua presença nas reações metabólicas fornecem as condições necessárias à produção de energia que será utilizada pelos microrganismos decompositores durante a proliferação. Resulta desse metabolismo a liberação de energia na forma de calor, que fornece indicadores reais do nível de atividade microbiana das leiras de compostagem, principalmente na fase termofílica.

A decomposição da matéria orgânica pode ocorrer por dois processos: na presença de oxigênio (aeróbio) e na sua ausência (anaeróbio). Quando há disponibilidade de oxigênio livre, predominam microrganismos aeróbios, sendo os fungos, bactérias e actinomicetos os agentes que mais se destacam. (PEIXOTO, 1981).

A compostagem deve ocorrer na presença de oxigênio. Desta forma não se gera odores, pois os produtos da decomposição serão gás carbônico e vapor d'água, que não possuem mal cheiro. Além disso, a evaporação de água contribui para o controle da umidade. Quando ocorre a decomposição anaeróbia (sem oxigênio) da matéria orgânica, há produção de gases indesejáveis, por exemplo, o gás sulfídrico, que além de terem cheiro de ovo podre, atraem organismos indesejados, como as moscas. (KIEHL, 1998)

3.3.3 TEMPERATURA

Um dos fatores de destaque para que ocorra a transformação da matéria orgânica é a temperatura do local onde se realiza o processo.

De acordo com Kiehl (1998), no processo de compostagem, a atividade microbiológica atinge alta intensidade, provocando a elevação da temperatura no interior das leiras, chegando a valores de até 65°C, ou mesmo superiores, em decorrência da geração de calor pelo metabolismo microbiológico de oxidação da matéria orgânica que é exotérmico.

Para compreender esse processo, foi identificada quatro importantes fases da temperatura durante o processo (BERNAL et al., 1998a; TRAUTMANN E OLYNCIW, 2005):

1^{a)} **Fase Inicial/mesofílica:** é a fase em que predominam temperaturas moderadas, até cerca de 40 °C. Tem duração média de dois a cinco dias.

2^{a)} **Fase termofílica:** quando o material atinge sua temperatura máxima (> 40 °C) e é degradado mais rapidamente. Esta fase pode ter a duração de poucos dias a vários meses, de acordo com as características do material sendo compostado.

3^{a)} **Fase de Mesofílica/resfriamento:** é marcada pela queda da temperatura para valores da temperatura ambiente.

4^{a)} **Fase da maturação:** é o período de estabilização que produz um composto maturado, altamente estabilizado e humificado, livre de toxicidade.

Variação de temperatura na pilha em função do tempo de compostagem

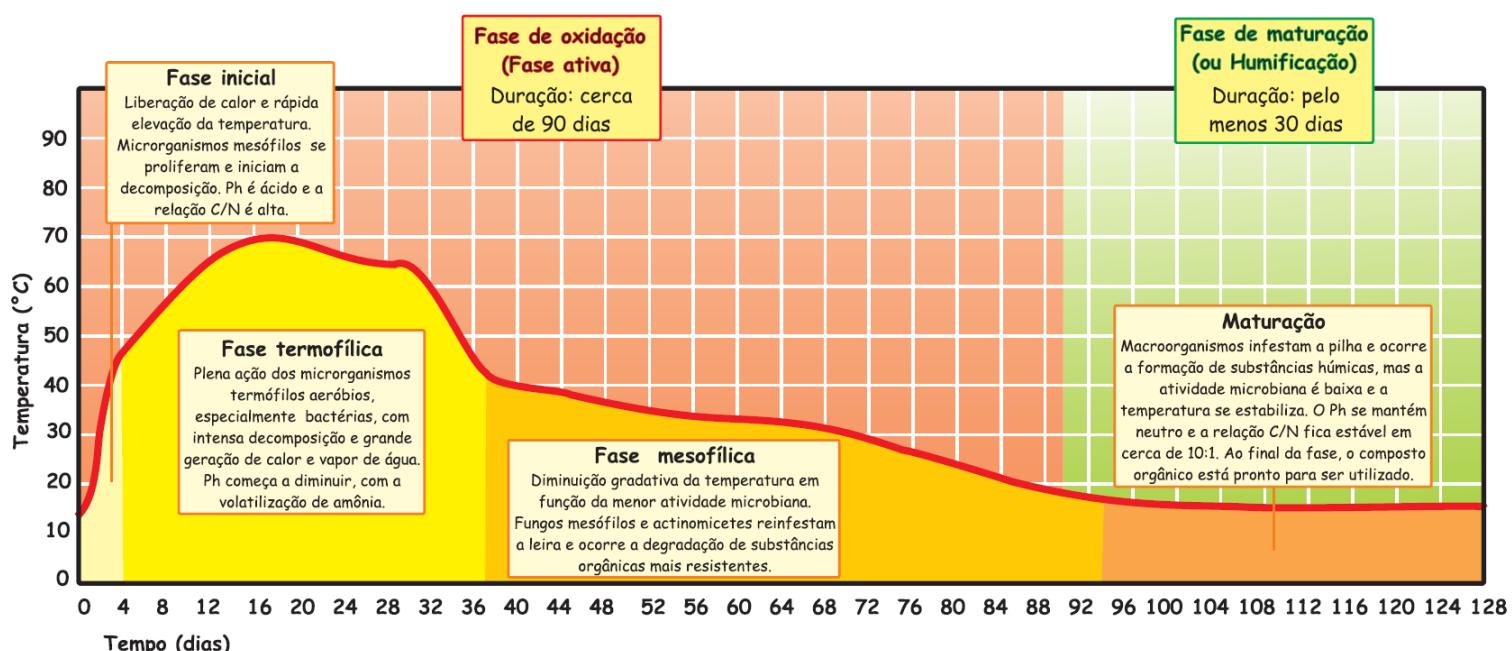


Figura 2 - Gráfico da variação de temperatura na pilha em função do tempo de compostagem

Fonte: Manual de orientação compostagem doméstica, comunitária e institucional de resíduos orgânicos, MMA, 2017.

3.3.4 RELAÇÃO C/N

A compostagem consiste em se criar condições e dispor, em local adequado, as matérias-primas ricas em nutrientes orgânicos e minerais, especialmente, que

contenham relação C/N favorável ao metabolismo dos organismos que vão efetuar sua biodigestão, (PEIXOTO, 1981).

Cada material possui uma quantidade diferente de carbono e nitrogênio. Em geral, esterco e restos de alimento são ricos em nitrogênio. Folhas, palhas e serragens são ricas em carbono. Para que a leira não apresente odor, ou atraso na decomposição é necessário que essa relação carbono/ nitrogênio esteja equilibrada. Normalmente considera-se a relação C/N acima de 50, alta, e valores entre 30 e 40 mais adequados a compostagem. (INACIO E MILLER 2009).

3.3.5 pH

O pH da compostagem tem influência na atividade microbiana, sendo um indicativo do estado da compostagem.

Nas leiras, o pH de cada resíduo utilizado influenciará na dinâmica microbiana, principalmente na fase inicial da compostagem. Jimenez e Garcia (1989) indicaram que durante as primeiras horas de compostagem, o pH irá cair devido a formação de ácido orgânicos, chegando a valores próximos de 5.0, e sucessivamente com a evolução do processo de compostagem, a elevação da temperatura e estabilização do composto, chegará aos valores entre 7 e 8 dependendo da mistura de resíduos.

Os microrganismos atuantes na compostagem têm como faixa ótima de desenvolvimento pH entre 6,5 a 8,0, portanto, quando bem manejada, a compostagem não apresenta problemas relacionados ao controle de pH (PEIXOTO, 1988).

3.3.6 TAMANHO DAS PARTÍCULAS

Assim como a relação C/N, o tamanho das partículas (granulometria) é um fator essencial dentro das leiras. Quanto menor for o tamanho das partículas, maior é a sua superfície, e, portanto, mais rápido e fácil será a sua decomposição visto que, facilitara o ataque microbiano.

Porém partículas muito pequenas pode causar compactação durante o processo de compostagem, comprometendo a aeração. Por outro lado, partículas muito grandes retardam a decomposição por reterem pouca umidade e apresentarem menor superfície de contato com os microrganismos.

Rynk (1992) recomenda tamanho de partículas de 0,3 a 1,5 cm, tendo assim uma compostagem “rápida”, sendo que esse tamanho pode variar conforme os materiais que serão utilizados, ou até mesmo tamanho das leiras e condições ambientais.

3.4 MÉTODOS CONVENCIONAIS DE COMPOSTAGEM

Foi publicado em 2010 pelo Ministério do Meio Ambiente - MMA “o manual para implantação de compostagem e de coleta seletiva no âmbito de consórcios públicos”. Este manual mostra três tipos básicos de compostagem, a saber: compostagem por aeração natural, a de aeração forçada e, por fim, a obtida por meio de reator biológico.

3.4.1 COMPOSTAGEM COM AERAÇÃO NATURAL

Por ser o método mais conhecido no Brasil, acaba sendo o mais utilizado. Além de apresentar baixo custo de implantação e por ser um método simples, acabou sendo bem difundido. (INACIO E MILLER 2009).

A aeração natural, nada mais é que resíduos dispostos em leiras, com reviras frequentes para que haja a convecção do ar no composto, seguido de umidificação até o término do processo. Este método também é conhecido como método das leiras revolvidas (Windrow).

3.4.2 COMPOSTAGEM COM AERAÇÃO FORÇADA

Neste método, o material orgânico é colocado sob tubos perfurados por onde circula ar forçadamente, através de compressores ou ventiladores. “As leiras permanecem estáticas durante toda a fase termofílica o que representa uma vantagem em termos de necessidade de área.” (INACIO E MILLER 2009).

Outra denominação para este método é leiras estáticas aeradas (Static pile). Os aceleradores melhoraram significativamente a condição da fermentação, por esses aspectos há um excelente controle de odores e redução na geração do chorume. A compostagem com aeração forçada também permitiu leiras mais largas.

3.4.3 REATORES BIOLÓGICOS

Método conhecido como sistemas fechados ou reatores biológicos (In-vessel), onde os processos de oxigenação são aplicados sem interferência externa.

Por serem sistemas fechados, sofrem menores influências das variações climáticas como: chuva, ventos e geada.

“De modo geral, os vários tipos de reator se enquadram em três categorias: reatores de fluxo vertical, reatores de fluxo horizontal e reatores de batelada, sendo que os dois primeiros são de fluxo contínuo” (TSUTYA, p.78).

3.4.4 LEIRAS ESTÁTICAS COM AERAÇÃO PASSIVA (método UFSC)

Esse método se caracteriza pela aplicação de algumas técnicas específicas como: formato das leiras, densidade do substrato, leira estática, carga contínua, mistura de camadas, cobertura.

No método UFSC, a leira não é revolvida e nem aerada forçadamente. Sendo o seu diferencial a arquitetura da leira e o equilíbrio dos componentes. As leiras são montadas em paredes retas cobertas por uma grossa camada de grama ou palha, sendo permitido também uso de serragem. Com isso sua estrutura conta com grânulos vegetais mais rígidos e permite que com o peso das demais camadas, a leira de assente de forma mais reta. A forma retangular é capaz de permitir a ventilação natural da leira. A princípio não há revolvimento, somente um e no final da fase termofílica para homogeneizar o processo de maturação.

Buttenbender (2004) define o sistema de compostagem termofílica da seguinte maneira:

“do ponto de vista operacional, o sistema de compostagem termofílica em leiras estáticas caracterizou – se como um processo flexível, de baixo custo, que utiliza equipamentos simples, sanitariamente adequado, e principalmente por requerer mão de obra reduzida, eliminando os revolvimentos periódicos na massa do lixo. [...] A configuração da leira associada ao sistema de aeração, permitiram a permanência de temperaturas termofílicas durante o período de aproximadamente 120 dias. O elevado período de exposição dos agentes patogênicos a altas temperaturas gerou um composto orgânico isento de coliformes fecais nas quatro amostras analisadas. [...] Ficou constatado, ainda, o controle dos principais aspectos ambientais causados (vetores, odores e percolados)” (Büttenbender 2004).

Método de compostagem	Método UFSC	Leiras com revolvimento periódico	Leiras com aeração forçada	Compostagem com reatores
Vantagem	<ul style="list-style-type: none"> - Baixo custo - simplicidade de operação -Necessita de áreas menores - Não utiliza energia externa -Satisfatório controle de odores -Minimização da geração de chorume -Pouca exigência de máquinas e equipamentos 	<ul style="list-style-type: none"> - Baixo custo - simplicidade de operação -menor exigência de acompanhamento -flexibilidade de processar grandes volumes -Produção de composto homogêneo 	<ul style="list-style-type: none"> -Médio investimento inicial -Maior controle do processo (aeração e temperatura) -Permite menos tempo de compostagem -Melhor controle de odores -Menor necessidade de área 	<ul style="list-style-type: none"> -Aceleração da fase de degradação -melhor controle da compostagem -Menor demanda por área -Independência de agentes climáticos -possibilidades para controlar odores
Desvantagem	<ul style="list-style-type: none"> - Dependente de operadores treinados -Utiliza muito material vegetal de lenta degradação -Montagem das leiras é mais demorada -Pode exigir peneiramento 	<ul style="list-style-type: none"> -Necessita de áreas maiores -Necessita de máquinas para revolvimento -Elevada produção de chorume e difícil controle de odores 	<ul style="list-style-type: none"> -Custo de implantação -Utiliza energia elétrica -Necessidade de bom dimensionamento -Custo com manutenção de equipamentos 	<ul style="list-style-type: none"> -Elevado investimento inicial -maior custo de operação -utiliza energia elétrica -Menor flexibilidade operacional

Tabela 1 - Quadro comparativo dos métodos de compostagem.

Fontes: adaptado pelos autores a partir de Santa Catarina (2003); Nraes (1992); Fernandes (1999); USEPA (2006); Epstien(1997)

3.5 MÉTODOS ALTERNATIVOS DE COMPOSTO

3.5.1 VERMICOMPOSTAGEM

Processo semelhante à compostagem, onde há degradação e transformação do material orgânico em adubo, porém esse processo é realizado pelas minhocas que possuem a capacidade de ingerir o equivalente ao seu peso em matéria orgânica, com isso consegue acelerar o processo de transformação da matéria orgânica. (LONGO, 1987, p. 79). O material oriundo desse processo é conhecido também como vermicomposto ou húmus de minhoca, “um composto orgânico rico em matéria orgânica coloidal facilmente assimilada pelas plantas e fonte de microrganismos” (STRAUCH; ALBUQUERQUE, 2008, p. 185), tendo uma “baixa relação C: N, húmus,

nutrientes disponíveis e microrganismos benéficos às plantas” (ZANDONADI; SOUZA, 2012).

É de suma importância à integração desse tipo de composto na agricultura pela qualidade do composto, conciliado com equilíbrio ambiental ao evitar uso de fertilizantes químicos, pois com a utilização desses produtos químicos “são observados problemas ecológicos graves. Isso ocorre tanto pela destinação equivocada dos resíduos orgânicos, que antes eram usados como fertilizantes, como pela infiltração no solo do excesso dos fertilizantes sintéticos utilizados para substituir os adubos orgânicos”. (ZANDONADI; SOUZA, 2012)

3.5.2 VANTAGENS E BENEFÍCIOS DA VERMICOMPOSTAGEM

Corrêa e Santos (2015) definem as vantagens e os benefícios da Vermicompostagem:

- Não agride o meio ambiente;
- Não contamina solo e água como os fertilizantes químicos;
- Enriquece o solo com nutrientes;
- Fonte de nutrientes para as plantas;
- Controle da toxicidade do solo, corrigindo excessos de alumínio, ferro e manganês;
- Aumento da resistência das plantas a pragas e doenças;
- Maior absorção dos nutrientes pelas raízes das plantas;
- Favorece a entrada de ar e circulação de água no solo;
- Melhora a estrutura do solo;
- Propicia produção de alimentos mais saudáveis;
- Produção de adubo de alta qualidade para manutenção de jardins e hortas;
- Atua como regulador de crescimento, capaz de influenciar a germinação de sementes, desenvolvimento de raízes, absorção de nutrientes e fotossíntese.

3.6 CLASSIFICAÇÕES DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Segundo a norma NBR/ABNT 10.004⁴ (2004) os resíduos são classificados como:

Resíduos de Classe I – perigosos, são estes os resíduos que requerem a maior atenção por parte do administrador, uma vez que os acidentes mais graves e de maior impacto ambiental são causados por esta classe de resíduos. Estes resíduos podem ser condicionados, armazenados temporariamente, incinerados, ou dispostos em aterros sanitários especialmente desenhados para receber resíduos perigosos. Como exemplos de resíduos que está nesta classificação têm os gerados em Indústrias, no serviço de saúde, na agricultura e em portos, aeroportos e terminais ferroviários.

Resíduos de Classe II-A – não-inertes: resíduos sólidos que não se enquadram na classe I ou na classe II B. Estes resíduos podem ter propriedades tais como: combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água. São basicamente os resíduos com as características do lixo doméstico.

Resíduos de Classe II-B – inertes, podem ser dispostos em aterros sanitários ou reciclados. Estão nesta classificação, por exemplo, os entulhos de demolição e pedras retiradas de escavações.

Ainda de acordo com a norma NBR/ABNT 10.004 (2004) os resíduos são classificados conforme fonte geradora:

“As principais fontes de resíduos sólidos são: domiciliar, comercial, público, industrial, agropecuário, de atividades de mineração, entulhos, de serviços de saúde, resíduos radioativos e estações de tratamento de efluentes (lodos), entre outras fontes menos comuns;

A atividade agropecuária é uma das maiores geradoras de resíduos, mas felizmente, ocorre a reutilização ou reciclagem quase total dos resíduos, não causando danos consideráveis ao meio ambiente ou à saúde humana. O maior problema da atividade agrária na atualidade é o uso de agrotóxicos, mesmo com os programas de reciclagem de suas embalagens.” (ABNT 10.004 p6).

3.7 FONTES PARA O COMPOSTO ORGÂNICO

Os resíduos orgânicos segundo Sharma et.al. (1997) podem ser classificados em duas categorias, como resíduos agroindustriais e resíduos urbanos. No qual se destaca os maiores grupos como dejetos de animais, os restos de colheita, os restos de frutas e vegetais, a biomassa aquática, os restos de peixe e similares, os resíduos industriais e os resíduos de habitação humana, entre outros listados abaixo:

⁴ Norma Brasileira/Associação Brasileira de Normas Técnicas 10004, de 2004

1. Resíduos de agricultura: esterco e urina de animais, casca de arroz, bagaços e outros resíduos de cereais.
2. Resíduos urbanos: fração orgânica do resíduo sólido domiciliar, lodos de tratamento de esgotos, resíduos vegetais (pudas de árvores e gramas).
3. Resíduos do processo de madeira: serragem, cavacos e cascas de madeira.
4. Outros resíduos industriais: resíduos de fermentação, resíduos de indústria do papel e celulose.
5. Outros resíduos locais e especiais: casca de coco, bagaços, erva de chás.
6. Resíduos humanos de habitação: fezes e urina.
7. Plantas aquáticas.

3.7.1 RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Conforme Sharma et al. (1997) os resíduos sólidos urbanos podem ser classificados em três categorias: Matéria orgânica facilmente decomposta (restos de alimentos e similares), matéria orgânica de difícil degradação (madeira galhos verdes, papel e papelão não plastificado) e materiais inertes (plásticos, vidros, metais e outros sintéticos).

Os principais tipos de estabelecimento comerciais e de serviços que geram percentuais de resíduos orgânicos significativos são: feiras, sacolões, supermercados, quitandas, entrepostos de hortifrutigranjeiros, restaurantes e produtores de alimentos para entrega a domicílio, bares e lanchonetes, cantinas escolares e de empresas, floriculturas, shopping centers, hospitais, barracas de frutas, e carrinhos de venda de alimentos preparados na hora.

A seleção dos resíduos e métodos deve levar em consideração os seguintes aspectos: a proteção ambiental, o gerenciamento do processo a comercialização dos subprodutos e a sustentabilidade da solução adotada.

3.7.2 RESÍDUOS VERDES

Os resíduos verdes são aqueles oriundos das práticas de podas urbanas e de sobras de produtos hortifrutigranjeiros. Estes representam grande parte dos resíduos

orgânicos gerados em uma cidade. Estes resíduos, principalmente os de podas, apesar de sua grande concentração de lignina são biodegradáveis sendo classificados pelas normas da ABNT como resíduos classe II A – não inertes. (MMA 2010).

Na caracterização dos resíduos devem ser determinados também a densidade da madeira, o teor de umidade, a cor, a quantidade de carbono fixo, variáveis que poderão indicar como os resíduos podem ser aproveitados. Particularmente para o composto são indicados o uso de pequenos galhos, folhas, frutos e flores. A característica principal dos resíduos provenientes das podas é a alta relação C/N. (SHARMA ET AL.)

3.7.3 LODO DE ESGOTO

Lodos são produtos frutos do tratamento biológico de esgotos oriundos de áreas urbanas. “O gerenciamento do lodo de esgoto proveniente de estações de tratamento é uma atividade de grande complexidade e alto custo, que, se for mal executada, pode comprometer os benefícios ambientais e sanitários esperados destes sistemas. Estima-se que a produção de lodo no Brasil está entre 150 a 220 mil toneladas por ano.” (PEDROZA, M.M, VIEIRA, G.E.G., J.F., PICKLER, A.C., Leal, E.R.M.)

O uso agrícola aparece como uma forma de destinação ambientalmente correta para o lodo de esgoto, pois promove a reciclagem de nutrientes, sendo benéfico ao cultivo de plantas e às características físico-químicas e biológicas do solo.

Fatores como alta umidade, baixa relação C/N e granulometria muito fina dos lodos de esgotos dificultam a compostagem deste resíduo em particular; portanto é necessário incorporar resíduos estruturantes que possuam baixa umidade, maior granulometria e alta relação C/N. A compostagem de lodos com outros resíduos estruturantes permite que o processo de compostagem seja mais eficiente. A adição de materiais de maior granulometria facilitará a aeração e ajustes de umidade e nutrientes. (SHARMA, D., KATINORIA, J. K., VIG, A.P.)

No Brasil, a disposição de lodo de esgoto doméstico na agricultura segue a Resolução nº 375, de 29 de agosto de 2006, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Resolução CONAMA nº 375/06) (BRASIL, 2006). Entre os procedimentos dessa resolução estão àqueles relacionados ao licenciamento, manipulação, à frequência de

monitoramento do lodo, à elaboração de projeto agronômico e às condições de manuseio, transporte e aplicação do material, produto derivado e taxa de aplicação.

3.7.4 RESÍDUOS PROVENIENTES DE ANIMAIS

As agroindústrias, por processarem diversos produtos de origem animal, geram os mais variados resíduos, os quais podem ser incorporados ao processo de compostagem. Esta prática vem sendo utilizada por vários setores agroindustriais comprovando a eficiência do processo. (Kiehl, 1985; Vitorino & Pereira Neto, 1994; Fortes Neto et al., 1997 e Silva et al., 1997). A compostagem de resíduos de abatedouros e pequenos frigoríficos é assunto pouco estudado e desta forma existem poucos registros na literatura, podendo-se citar as referências sobre compostagem de resíduos não convencionais (Kiehl, 1985) e autores estrangeiros como Tritt & Schuchardt (1992) os quais comentam sobre a compostagem como alternativa para o tratamento dos resíduos sólidos provenientes de frigoríficos na Alemanha e Koenig & Yiu (1999) que discorrem sobre os resultados de uma pesquisa sobre o manejo de resíduos em abatedouros em Hong Kong.

Os pequenos frigoríficos e abatedouros se enquadram como agroindústrias em razão de processarem produtos de origem animal, em cujos resíduos são encontradas vísceras de animais abatidos, pedaços de carne sem valor comercial, sebo, sangue e outros materiais, todos passíveis de tratamento biológico através da compostagem. “Nesses estabelecimentos, geralmente localizados no meio rural, tal matéria prima, após receber tratamento pela compostagem fornece como subproduto, o composto orgânico, o qual por sua vez pode ser utilizado como fonte de nutrientes para a produção de grãos no local ou então, comercializada, constituindo-se em fonte direta de renda ao produtor. A compostagem é um sistema eficiente no tratamento de resíduos de animais provenientes de frigoríficos e pequenos abatedouros”. (MÔNICA S. S. M., et. al.)

3.8 QUALIDADE DO COMPOSTO

3.8.1 LEGISLAÇÃO

Segundo Kiehl composto orgânico humificado é estabelecido como todo produto de origem vegetal ou animal que, aplicado ao solo em determinadas quantidades, em épocas e formas adequadas, proporciona melhorias de suas

qualidades físicas, químicas e biológicas, e pode atuar como um corretivo da acidez, um complexante de elementos tóxicos e uma fonte de nutrientes às plantas, garantindo aumento na produção e produtos de boa qualidade, sem causar danos ao solo, à planta ou ao ambiente.

No Brasil, as características dos materiais comercializados como fertilizantes devem obedecer às especificações existentes, que dispõem sobre a inspeção e a fiscalização da produção e comércio de fertilizantes e corretivos agrícolas e aprovam normas sobre especificações, garantias e tolerâncias. Dentre os documentos legais que tratam do assunto pode se citar:

- Decreto-lei 6.138 de 08/04/74 refere-se a estes fertilizantes agrícolas no seu artigo 13, ficando dispensado de registro: esterco curado, lixo fermentado, cinzas, turfas e outros resíduos.
- Decreto- lei 86.955 de 18/12/82, o composto orgânico é classificado como fertilizante composto, ou seja, fertilizante obtido por processo bioquímico, natural ou controlado com misturas de resíduos de origem animal ou vegetal.
- Portaria MA 84 de 29/03/82, aprova, critérios e procedimentos a serem utilizados pela inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes, destinados à agricultura e atribui à Secretaria de Fiscalização Agropecuária as incumbências de baixa norma relativas a garantias, especificações, tolerâncias e procedimentos para coleta de amostras de produtos e de adotar os modelos de documentos e formulários previstos nas disposições aprovadas por esta portaria
- Portaria 01 da secretaria de Fiscalização Agropecuária do MA de 04/03/83, aprova as normas, garantias e procedimentos para coleta de amostras de produtos, e os modelos oficiais a serem utilizados pela inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculastes, estimulantes ou biofertilizantes, destinados à agricultura.
- - Decreto nº 4.954 de 14/01/2004, dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura.

Os valores dos parâmetros de controles estabelecidos para os compostos orgânicos, segundo a legislação brasileira:

Parâmetro	Valor	Tolerância
pH	Mínimo de 6,0	Até 5,4

Umidade	Máximo de 40%	Até 44%
Matéria orgânica	Maximo de 36%	Até 40%
Nitrogênio Total	Mínimo de 1%	Até 0,9%
Relação C/N	Máximo de 18/1	Até 21/1

Tabela 2 - Valores estabelecidos como parâmetros de controle para o composto orgânico

Fonte: SANTOS, J. L. D.

3.8.2 CONTAMINANTES QUÍMICOS E BIOLOGICOS

3.8.2.1 CONTAMINANTES QUÍMICOS

O conceito de qualidade do composto é bem abrangente, pois, além dos parâmetros destinados à avaliação da estabilidade e maturação do composto, também é considerado a concentração de metais pesados, sendo necessária a avaliação deste parâmetro para utilização do composto produzido, já que a sua presença constitui-se em fator limitante para a aplicação do composto orgânico em áreas agrícolas, florestais e áreas públicas.

A avaliação do teor de contaminantes químicos será embasada em valores aceitáveis estabelecido pela IN SDA Nº 27⁵, de 05 de Junho de 2006.

Conforme Venezuela e Silva et al., não existia ainda, no Brasil, uma instrução que estabelecia os teores máximos de contaminantes permitidos em composto de lixo na agricultura. No entanto no dia 09/06/2006 foi publicado no Diário Oficial da União, nº 110, seção 1 a Instrução Normativa SDA Nº27, de 05 de Junho de 2006. Onde, prevê que os fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes para serem produzidos importados ou comercializados deverão atender a limites estabelecidos.

CONTAMINANTES	VALOR MAXIMO ADMITIDO
Cádmio (mg/Kg)	3,00
Chumbo (mg/Kg)	150,00
Cromo (mg/Kg)	200,00
Níquel (mg/Kg)	70,00
Selênio (mg/Kg)	80,00

Tabela 3 - Limites máximos de contaminantes (mg.Kg-1) admitidos em fertilizantes orgânicos.

Fonte: IN SDA Nº27 de 05 de Junho 2006.

⁵ Instrução Normativa da Secretaria de Defesa Agropecuária nº 27

3.8.2.2 CONTAMINANTES BIOLÓGICOS

Os principais problemas de contaminação biológica na compostagem são causados por microrganismos patogênicos. A grande maioria dos resíduos orgânicos são, na verdade, contaminados, direta ou indiretamente, por patógenos, ovos de helmintos, ovos e/ou larvas de insetos, etc. “Este fato se constitui em grave problema sanitário, pela possibilidade de contaminação do homem por via direta (quando em contato com esses resíduos ou com o composto), ou indiretamente, através de vetores biológicos (moscas, mosquitos, etc.) e alimentos contaminados.” (PEREIRA NETO)

Dentre as principais causas da contaminação biológica na compostagem, podemos citar:

- a. o tipo de processo de compostagem utilizado;
- b. a eficácia do controle operacional exercido;
- c. as interpretações errôneas sobre a inativação desses agentes contaminantes no processo de compostagem.

3.9 MÉTODOS PARA ANÁLISE DO COMPOSTO

Para análise do composto é necessário conhecer a disponibilidade de nutrientes e as características dos resíduos orgânicos sendo fundamental para a escolha quanto aos métodos disponíveis para transformá-los em substratos para o crescimento das plantas. Outro fator relevante é analisar o produto resultante da compostagem, no que se refere à qualidade do mesmo para seu uso e comercialização. Para isto, é importante conhecer os métodos analíticos referentes ao conteúdo químico, biológico, microbiológico e físico dos substratos orgânicos.

3.9.1 MÉTODOS RÁPIDOS PARA ACOMPANHAR A MATURAÇÃO

Segundo Kiehl (1998), vários testes rápidos podem ser utilizados para o acompanhamento do processo de compostagem. O autor cita os seguintes parâmetros para controle do processo:

“- medição de temperatura: com o desenvolvimento adequado do processo de compostagem, ocorrem as quatro etapas da compostagem, sendo que a medição da temperatura das leiras indicará em que se encontra o processo

- medição do pH: empregando soluções indicadoras ou utilizando aparelhos portáteis pode-se medir o pH e avaliar o grau de maturação do composto. O pH aumenta com o aumento do grau de estabilização da matéria orgânica.
- medição da umidade: durante o processo de estabilização ocorre a geração de água.

No entanto, a massa perde umidade devido à produção de calor, fazendo com que o composto fique mais seco, com teores de umidade 30% e 40%. Outras medidas como: densidade, granulometria, volume de poros totais, capacidade de retenção de água podem ser utilizados no controle do processo de compostagem (KIEHL, 1998).

3.9.2 MÉTODOS LABORATORIAIS

Para o acompanhamento do processo de compostagem e informações da qualidade do composto são necessárias algumas determinações em laboratório. Para Kiehl (1985) os resultados possuem diferentes finalidades, ou seja: servem para saber se os fertilizantes estão dentro dos limites exigidos pela lei; controlar a garantia do produto, informar o valor nutricional e como indicativo para complementação nutricional do composto.

A Portaria nº 1, de 4 de março de 1983, do Ministério da Agricultura dá especificações, garantias e tolerâncias e procedimentos para os fertilizantes orgânicos, sendo determinados limites para matéria orgânica, nitrogênio total, umidade, relação C/N, pH, e soma NPK. Existem alguns métodos de análises laboratoriais que são realizados para o controle da maturação e qualidade do composto.

-pH: esta determinação é realizada com amostra recentemente coletada, podendo ser medida em água. É aceito até 10% (dez por cento) para menos;

O método oficial do Ministério da Agricultura recomenda a utilização da solução de cloreto de cálcio 0,01 molecular.

-matéria orgânica total e carbono total: a perda da matéria orgânica por combustão a 550°C tem sido referida como sólidos voláteis, este valor sendo considerado como estimativa da sua fração orgânica. Na realidade, essa determinação pode englobar materiais não biodegradáveis (plásticos, borrachas) que não são degradados no processo de compostagem. Dividindo-se a porcentagem da

matéria orgânica pelo fator 1,8, previsto na legislação, obtém-se a porcentagem de carbono total da amostra (KIEHL, 1998);

-Nitrogênio total: a maior parte do nitrogênio encontrado em resíduos orgânicos está na forma orgânica, que durante o processo de compostagem transforma-se em amônia e depois para nitrato. O tipo de nitrogênio presente pode determinar a etapa do processo;

-testes biológicos: o grau de maturação pode ser determinado por meio de plantas indicadoras ou plantas testes, como o agrião, tomate, cevada, entre outros; - relação C/N: tem sido comumente utilizada para avaliar o grau de maturação de um composto orgânico.

3.10 UTILIZAÇÕES DO COMPOSTO

O adubo orgânico proveniente da compostagem contribui com melhorias significativas nas plantações, aumentando a rentabilidade e minimizando as consequências da aplicação abusiva de substâncias químicas nos plantios. Além disso, ele possibilita o desenvolvimento de microrganismos benéficos ao solo, já que aumenta ainda mais a qualidade de suas condições físicas e químicas.

Por apresentar tantos benefícios, está cada vez maior a procura e utilização dos adubos orgânicos pelos agricultores. Porém a utilização do composto orgânico como fertilizantes na agricultura vai depender de sua qualidade.

Os fatores que irão determinar uma boa qualidade são: quantidade de matéria orgânica, concentração de nutrientes, quantidade de metais pesados e a ausência de patogênicos. Todos esses fatores devem ser controlados desde a coleta da matéria-prima até o processo de compostagem e armazenamento, conforme elucida Circular Técnica 76 da Embrapa, 2005 – BA:

“Além de ser uma fonte de nutrientes (N, P, K etc.), a adição de matéria orgânica do composto melhora a estrutura física do solo, proporcionando aos solos arenosos maior retenção de água e de nutrientes, enquanto nos solos argilosos aumenta a porosidade, melhorando a sua aeração. Aumenta também a população de microrganismos benéficos, como bactérias e fungos, que disponibilizam os nutrientes minerais do solo para as plantas”

Sobre a aplicação do composto, Inacio e Miller (2009) recomendam: “As doses usuais de aplicação do composto em solos agrícolas, principalmente na horticultura e fruticultura giram em torno de 5 a 40 toneladas por hectare, dependendo da recomendação agronômica”.

3.10.1 EFICIÊNCIA DO COMPOSTO

Para se obter maior eficiência na utilização do composto orgânico é necessário utilizá-lo logo após o término do processo de compostagem. Porém, se isso não for possível, o composto deve ser armazenado em local protegido do sol e da chuva, mantendo-o coberto com lona. “No Brasil, após um período de estagnação até a década de 1980, alguns agricultores vêm praticando uma agricultura diferenciada, orgânica, mais viável econômica e socialmente, produzindo alimentos mais saudáveis, chamados orgânicos ou ecológicos, de grande procura pelos consumidores.”

Com isso o composto pode ser incorporado ao solo trinta dias antes da instalação da cultura, para culturas anuais, e perenes.” No caso de culturas perenes instaladas (como a do café e das frutíferas), este adubo orgânico deverá ser enterrado formando uma coroa ao redor das plantas”. As recomendações variam com o tipo de composto orgânico aplicado, com o solo, a cultura e as condições ambientais. (EMBRAPA 2008-SP)

4. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em uma área aberta, localizada no Colégio Militar de Brasília (CMB-DF), nos meses de outubro e novembro de 2018. Os resíduos sólidos utilizados na compostagem foram provenientes das sobras de alimentos do restaurante (rancho) localizado dentro do colégio, além de podas e folhas coletadas por empresa terceirizada que presta o serviço de jardinagem do colégio.



Figura 3 - Mapa da localização da compostagem no CMB

Fonte: CMB

Os alimentos foram acondicionados em baldes reaproveitáveis com tampa e capacidade de 15 L.

As leiras foram construídas com 10m de comprimento por 1,5 m de largura, em terreno plano e solo parcialmente compactado.

Durante os meses de outubro e novembro foram manejadas duas leiras que receberam aproximadamente 90 quilos de comida por dia. Além dos resíduos do restaurante foram colocados nas leiras restos de manejo de jardins do campus do CMB (folhas, podas de arbustos e grama). O colégio apresenta grande volume de material para compostagem com alto teor de matéria seca (resto de folhas, podas, e grama), razão pela qual pôde-se dispensar a instalação de um sistema de captação e drenagem de percolado (biofertilizante). Visando seguir corretamente a relação C/N

do material disposto em leiras, percebeu-se que não seria possível aproveitar toda o material disponibilizado pelo campus do colégio. Portanto, foram formadas 6 leiras para atender essa demanda.

A temperatura e umidade foram monitoradas por meio de termômetro e higrômetro da marca ELT com sonda embutida em sensor externo e display de LCD.

Para monitoramento da arquitetura das leiras, manejo dos resíduos e controle do tamanho das partículas, foi utilizado forcado de arame 4 dentes, 120 cm da marca Tramontina.

A empresa Quadro Ambiental realiza a coleta, transporte e destinação dos resíduos orgânicos e rejeitos gerados pelo CMB. Durante o serviço prestado, é realizada a pesagem dos resíduos, por meio de uma balança acoplada ao caminhão de lixo. Desta forma, foi possível avaliar a quantidade de resíduos que vinha sendo coletada e o potencial real de redução da quantidade de resíduos coletados pertencente a compostagem.

4.1 COMPOSTAGEM TERMOFÍLICA COM AERAÇÃO PASSIVA (Método UFSC)

Para iniciar a compostagem, foram necessários alguns materiais como baldes reutilizáveis para transporte dos resíduos, termômetro e higrômetro para monitoramento da temperatura e umidade, forcado de 4 dentes para incorporar os resíduos e capas protetoras para chuva, proveniente de sobra de toldo. Buscou-se desde o início a máxima redução dos custos para implantação do projeto, priorizando a utilização de recursos do próprio colégio, sem adquirir insumos/materiais externos.

Foi gasto para implantar o projeto de compostagem, o total de R\$ 101,38, valor que se refere ao forcado de 4 dentes, no preço de R\$ 74,90 (Leroy Merlin) e do termômetro-higrômetro R\$26,90 (Mercado livre). Os demais materiais utilizados surgiram de iniciativas de reaproveitamento de materiais que seriam descartados – os recipientes com tampa (baldes) foram obtidos através da doação de padarias e as capas protetoras para chuva de sobras de toldo. Com isso, além da Compostagem propriamente dita, essas iniciativas demonstram exemplarmente a importância e exequibilidade das prioridades na gestão dos resíduos, tão enfatizadas na PNRS



Figura 4 – Recipientes utilizados no transbordo de comida

Fonte: CMB



Figura 5 - Termômetro-higrômetro utilizado no monitoramento

Fonte: mercado livre



Figura 6 - Forcado Reto 4 Dentes Cabo Madeira 120cm Tramontina

Fonte: mercado livre

Os restos de alimentos foram conduzidos ao pátio de compostagem em baldes de plásticos de 15 litros, com tampas e alça, algumas vezes em carrinho plataforma, e outras em viatura administrativa similar ao Fiorino, fornecendo as condições ideais para um transporte seguro, além de facilitar o despejo manual dos resíduos orgânicos nas leiras.



Figura 7 - Carrinho plataforma utilizado para transporte dos resíduos

Fonte: CMB

Os resíduos provenientes da jardinagem eram recolhidos das áreas verdes do colégio pelos militares semanalmente, sendo disponibilizados contêineres para acondicionamento na área da compostagem.



Figura 8 - Contêineres utilizados para acondicionamento dos resíduos da jardinagem

Fonte: CMB

A primeira leira foi construída no dia 16 de outubro, com 10 metros de comprimento e 1,5 de largura. Para garantir a aeração da leira, foram utilizados bambus do próprio colégio amarrados com arame, na sua base.



Figura 9 - Base da compostagem feita de bambu para melhorar a aeração
Fonte: CMB

A primeira leira foi abastecida com 60kg de restos de alimentos, antes de ser coberta com folha seca. As leiras foram montadas aos poucos, não atingindo em um único dia sua altura máxima (1,50m). As leiras, após cobertas, permaneciam fechadas até o próximo acréscimo de matéria orgânica, que acontecia após um intervalo de 48 horas. Esse intervalo deve ser respeitado pois é essencial para o início da fase termofílica, caracterizada pelo atingimento de temperaturas superiores a 60º C. O rodízio de setores das leiras foi feito para garantir o intervalo de 48 horas.



Figura 10 - Abastecimento da primeira leira com matéria orgânica
Fonte: CMB



Figura 11 - Registro da primeira leira montada

Fonte: CMB

Passadas as 48 horas, abria-se o centro da leira para acrescentar mais resíduos orgânicos frescos. Esse procedimento é bem explorado no Manual de Orientação de Compostagem (MMA, 2017).



Figura 12 - Segunda camada de restos de comida seguida de folhas secas.

Fonte: CMB

Durante o acréscimo de resíduos frescos, é importante realizar a mistura destes com o material já inoculado, a fim de homogeneizar e permitir um maior contato com os microrganismos decompositores. Nessa fase, com a utilização de garfos agrícolas, o teto da leira deve se tornar as novas paredes e um novo teto deve ser formado com folhas secas, garantindo que nenhum resto de alimento fique exposto.



Figura 13 - Cobertura da leira com folhas secas

Fonte: CMB

Para a coberta das leiras, foram utilizadas folhas de palmeiras, que possuem função similar a palha, evitando a perda de calor e umidade nas leiras e protegendo-as do aparecimento de organismos indesejados, como as moscas. Como o objetivo do trabalho era utilizar o máximo possível de recursos fornecidos pelo próprio colégio optou-se por sua utilização. Ao atingir a altura máxima para o conforto ergonômico (em torno de 1,5 metro) durante as atividades de manejo, as leiras pararam de receber resíduos, ficando em descanso até o fim do processo de decomposição.



Figura 14 - Montagem das duas leiras com cobertura de folhas de palmeiras

Fonte: CMB

Durante a compostagem realizamos o monitoramento de umidade e temperatura, a fim de garantir as fases termofílicas e mesofílicas. A compostagem é um processo de biodecomposição que depende de oxigênio, água e temperatura em condições ideais. O não atingimento das condições ideais podem acarretar diversos problemas (MMA, 2017):

- Processo de decomposição lento;
- Cheiro de podre e/ou presença de larvas;
- Cheiro de amônia;
- Aparecimento de animais e pragas; e
- Baixa temperatura (não chega a aquecer).

Na fase inicial a temperatura deve atingir até 45 °C no interior das leiras. Na fase termofílica, em que há plena ação dos microrganismos, a temperatura deve permanecer entre 50 e 65 °C e por fim, na fase mesofílica, como há uma redução da atividade dos microrganismos, ocorre a queda da temperatura.



Figura 15 - Monitoramento na fase inicial, leitura de 57% de umidade e temperatura 30,5 °C
Fonte: CMB



Figura 16 - Monitoramento na fase termofílica, leitura de 47% de umidade e temperatura 60 °C 46
Fonte: CMB

Temperatura e umidade em ambas as fases foram considerados corretos e dentro da faixa esperada, o que indica um bom funcionamento e garante qualidade de composto (INÁCIO E MILLER -2009).

Para garantir um composto de boa qualidade, os resíduos levados para as leiras, foram separados na sua origem, evitando contaminação com metais pesados, vidros, plásticos e outros materiais indesejáveis. Os restos de alimentos que foram compostados eram provenientes do restaurante localizado dentro do Colégio Militar de Brasília (CMB), matéria rica em nitrogênio: sobras de verduras e frutas; restos de comida como macarrão, arroz e feijão; podendo variar conforme o cardápio elaborado pelo restaurante.



Figura 17 - Exemplo dos tipos de matéria orgânica que foram acrescentados na compostagem
Fonte: CMB



Figura 18 - Restos de frutas que foram adicionadas a compostagem
Fonte: CMB

Como a quantidade de resíduos orgânicos secos (jardinagem) do colégio era bastante superior a de restos de alimentos que vinha sendo direcionada a compostagem, decidiu-se criar mais 6 leiras contendo apenas folhas e restos de poda, no objetivo de compostar o máximo possível de resíduos orgânicos.

Analisando a questão da relação C/N, caso a imensa quantidade de folhas fosse depositada nas 2 primeiras leiras, o processo de decomposição ficaria muito mais lento e a temperatura da fase termofílica tão desejada (acima de 60º C) provavelmente não seria atingida. Portanto, a criação das 6 novas leiras garantiu o sucesso das 2 primeiras leiras, apresentou uma possibilidade para destinação dos resíduos excedentes e ainda permitiu melhorar a qualidade estética da área.



Figura 19 - Grande quantidade de restos de folha e jardinagem gerados no CMB
Fonte: CMB



Figura 20 - Leiras criadas apenas com folhas, evitando que as mesmas fossem descartadas de forma incorreta

Fonte: CMB

A prática de compostagem apenas com folhas é bastante comum em lugares com abundância de árvores. Apesar de seu processo de decomposição ser mais demorado pela quantidade de lignina presente nas folhas, ele não exige mão de obra especializada, sendo necessária apenas a deposição do material em local reservado. A decomposição é feita de forma natural assim como nas matas e florestas. Contudo, o composto gerado fornece menos nutrientes que o composto oriundo do método UFSC, apesar disso, ele ainda pode ser considerado um ótimo condicionador de solo, pois melhora sua estrutura pedológica, ajudando a retenção de água e consequentemente a atividade biológica, podendo ser uma ótima linha de ação na recuperação de áreas degradadas.



Figura 21 - Leiras criadas apenas com folhas

Fonte: CMB

Por ter se desdobrada durante os meses de Outubro e Novembro, época de chuvas no Distrito Federal, a compostagem teve que receber uma proteção para o excesso de umidade. Apesar da água ser um fator desejável, ela deve ser controlada. Esse controle foi feito utilizando uma capa protetora, obtida de restos de toldo do colégio. É necessário manter a umidade na faixa de 40-60%.



Figura 22 - Leiras cobertas com a capa de proteção de chuva

Fonte: CMB

4.2 AMOSTRAGEM DOS RESÍDUOS SÓLIDOS ACRESCENTADOS NAS LEIRAS

Restos de alimentos compostados	Mês	Outubro				
	Dia	16	17	18	19	20
	Quantidade (Kg)	60	180	90	90	60
	Mês	Novembro				
	Dia	5	6	7	8	9
	Quantidade (Kg)	90	90	90	90	90
	Mês	Novembro				
	Dia	12	13	14	20	21
	Quantidade (Kg)	90	90	90	230	90
	Mês	Novembro				
	Dia	22	23	26	27	28
	Quantidade (Kg)	105	90	90	15	135
	TOTAL					1955

Tabela 4 - Restos de alimentos destinados a compostagem

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 DIMINUIÇÃO DA COLETA DE RESÍDUOS PELA EMPRESA QUADRO AMBIENTAL

Durante os meses de outubro e novembro foram destinados ao processo de compostagem 1.955 Kg de restos de alimentos. Esses resíduos, somados aos provenientes da jardinagem, totalizaram 13 toneladas que deixaram de ir para o aterro sanitário Ouro Verde, Padre Bernardo-GO. Os resíduos orgânicos eram coletados pela empresa QUADRO AMBIENTAL, contratada pelo colégio em julho de 2018, para realizar a disposição final ambientalmente adequada dos resíduos.

Foram obtidos do Colégio Militar de Brasília dados que demonstraram o nível de eficiência da implantação do nosso projeto de compostagem. A empresa QUADRO AMBIENTAL dispõe de caminhão de coleta de lixo dotado de balança acoplada, com isso, o colégio passou a ter, a partir da 2ª quinzena de julho de 2018, meios de consolidar um registro da coleta dos resíduos.

Quinzena	2ª JUL	1ª AGO	2ª AGO	1ª SET	2ª SET	1ª OUT	2ª OUT	1ª NOV	2ª NOV
Resíduos coletados (ton.)	8,43	8	10,7	8,2	9,9	11,4	6,2	5,1	3,9

Tabela 5 - Registro de coleta dos resíduos.

O destaque em verde demonstra o período de operação da compostagem

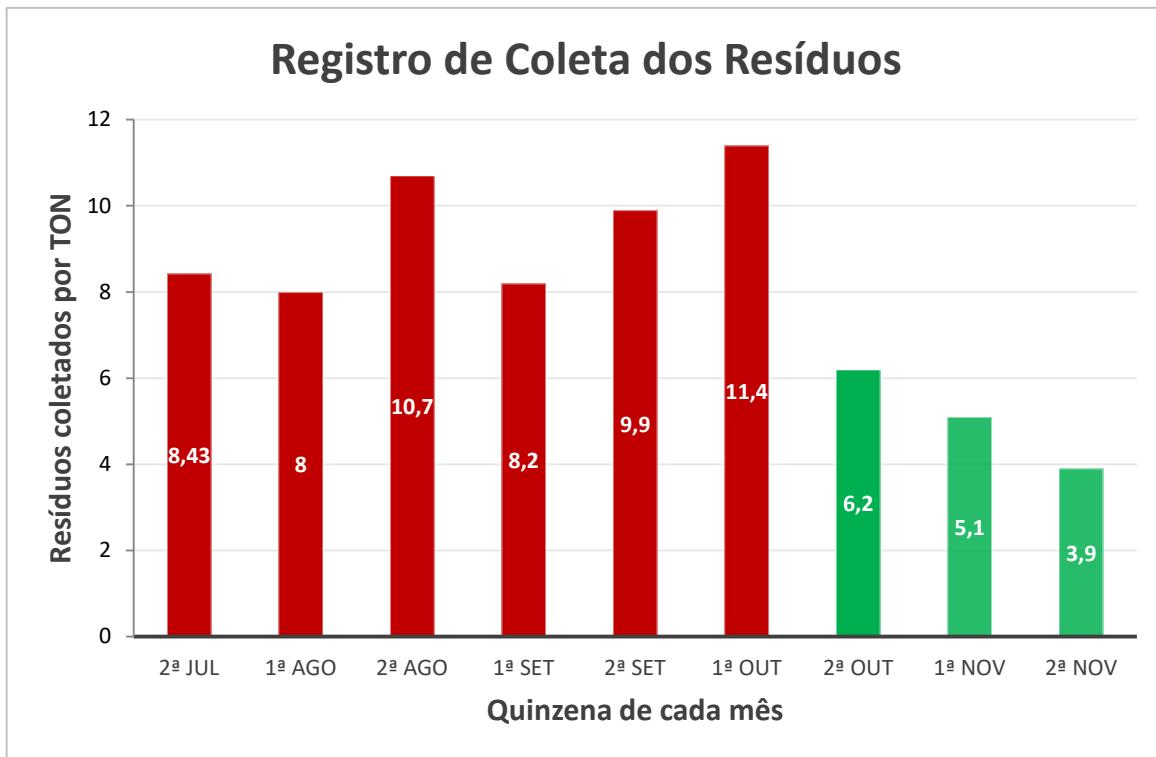


Figura 23 - Gráfico representando o registro de coleta dos resíduos

█ O destaque em verde demonstra o período de operação da compostagem

5.2 RESULTADO FINANCEIRO DO APROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS NA COMPOSTAGEM

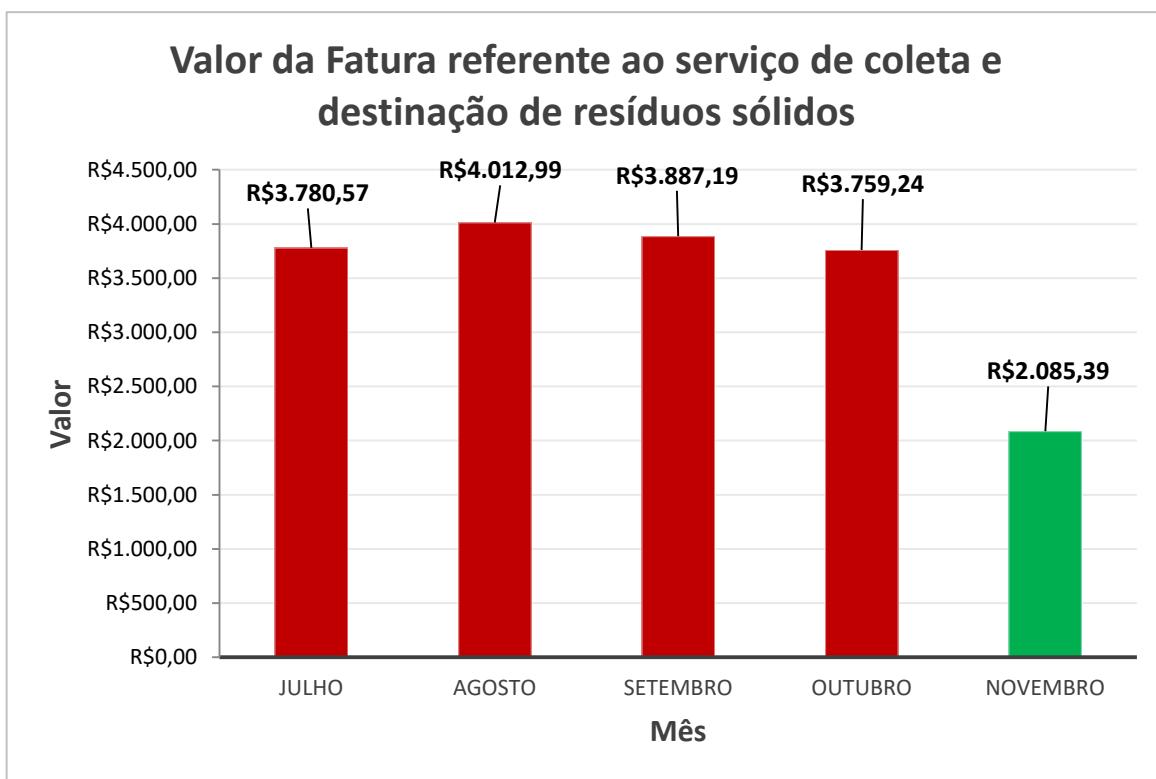


Figura 24 - Gráfico representando o valor da fatura referente ao serviço de coleta e destinação de resíduos sólidos, prestado pela empresa QUADRO AMBIENTAL

█ O destaque em verde demonstra o período de operação da compostagem

De julho a outubro, o **valor médio** da fatura paga aos serviços prestados pela empresa contratada QUADRO AMBIENTAL, totalizava cerca de R\$ 3.860,00. Apesar da compostagem ter iniciado na 2^a quinzena de outubro, o valor da fatura permaneceu próximo dos valores anteriores em virtude do 3^a Desafio Global do Conhecimento, maior evento realizado pelo Sistema Colégio Militar do Brasil que ocorreu na 1^a semana de outubro, no CMB. O evento fez com que a redução de resíduos coletados na 2^a quinzena (decorrente da implantação da compostagem) fosse mascarada pelo aumento drástico dos resíduos coletados na 1^a quinzena.

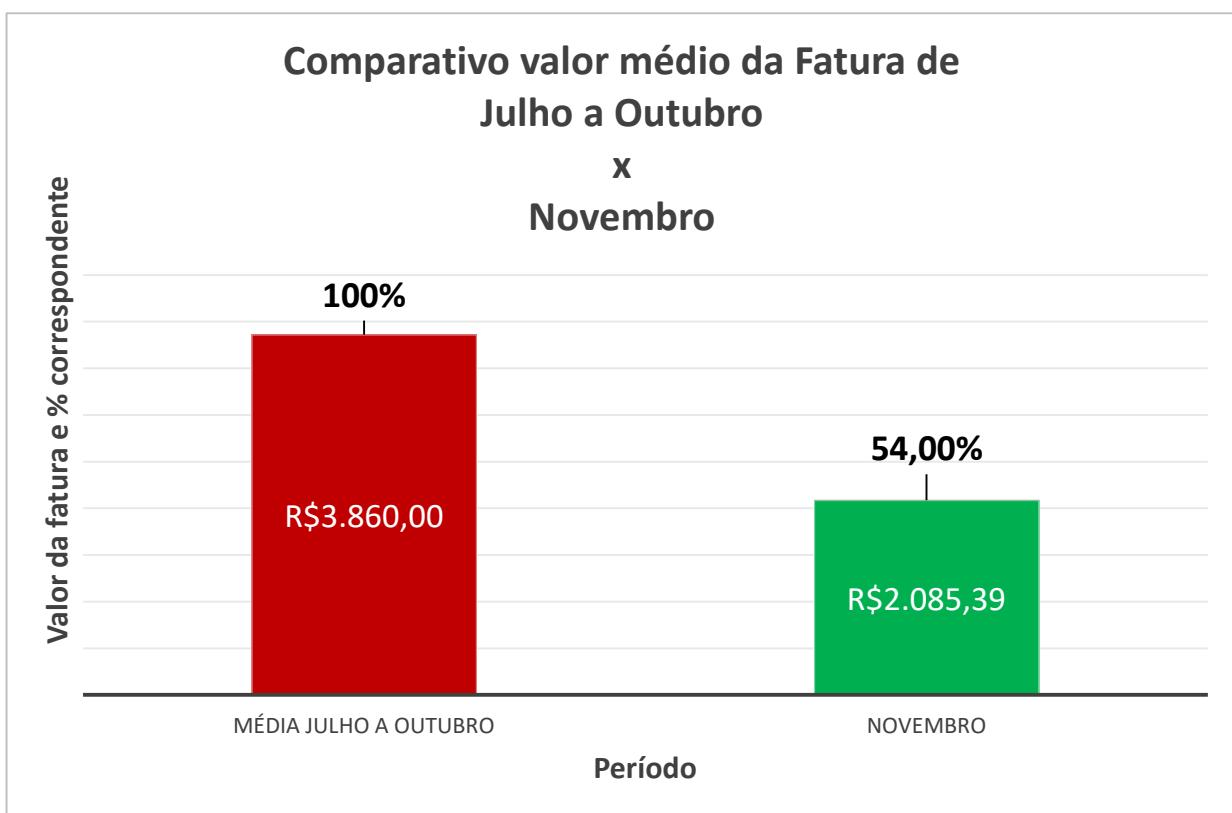


Figura 25 - Gráfico comparativo do valor médio da fatura de julho a outubro x novembro (compostagem em plena operação)

█ O destaque em verde demonstra o período de operação da compostagem

Comparando o valor médio da fatura de julho a outubro com a de novembro, observamos uma redução significativa de R\$ 3.860,00 para R\$ 2.085,39, o que representa 46% (quarenta e seis por cento) de economia com o pagamento dos serviços de coleta e destinação dos resíduos indiferenciados gerados pelo Colégio Militar de Brasília, prestados pela empresa QUADRO AMBIENTAL.

O projeto de compostagem nos parâmetros utilizados ratifica com os resultados presentes na literatura. Não se verificou a presença de chorume, odor e foi constatado ausência de vetores, o que indica boas condições de aeração e umidade.

A temperatura das leiras oscilou dentro do esperado para cada fase do processo de compostagem.

Em função do método utilizado, foi possível ter resultados bastante expressivos e satisfatórios. No mês de novembro o valor da fatura ficou em R\$ 2.085,39, o que representa uma redução de 46% comparados com os valores de julho a outubro e um reaproveitamento de 13 toneladas de resíduos orgânicos (restos de alimentos, podas provenientes de jardinagem), desviados do aterro sanitário. Como consequência colaboramos com a diminuição dos impactos ambientais. Conforme aborda o artigo técnico de Gomes et al. 2015, compostar previamente a aterrarr é uma prioridade que alcança melhores desempenhos ambientais: menos áreas são ocupadas em aterros, não há contaminação ou alteração da qualidade da água e do solo, diminuição das emissões de gases do efeito estufa.

Os resultados financeiros poderiam ser melhores caso apurássemos a eficiência do processo de compostagem com a aquisição de um triturador para os resíduos provenientes da jardinagem, e também se aferíssemos o preço comercial do composto (produto final) que poderia ser utilizado em hortas, fruteiras e/ou vendido à comunidade.

O sistema implantando apresentou custo total de R\$ 101,38 contra R\$ 213,23 para cada tonelada de resíduos que teria de ser coletada e destinada pela empresa QUADRO AMBIENTAL.

Ainda sobre os custos da compostagem, conforme demonstrado por Pereira Neto (2007), não houve necessidade de implantação de um sistema de captação e drenagem de chorume, já que não há sua formação nos processos aeróbios de decomposição.

Os resultados indicam portanto o elevado nível instrumental que a compostagem tem no contexto do gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos.

5.3 APROVEITAMENTO PEDAGÓGICO DA COMPOSTAGEM

Os ganhos da compostagem não se encerram na economia de recursos despendidos pela União. Como uma ferramenta essencial da gestão ambiental e salutar no contexto da Política Nacional dos Resíduos Sólidos, a compostagem possui inúmeras abordagens pedagógicas que podem ser aproveitadas pelo colégio:

- **Biologia:** principal enquadramento, podem ser explorados assuntos como biodiversidade, ecologia, zoologia, microbiologia, evolução, vetores de doenças, proteção do meio ambiente, recuperação de áreas degradadas, fertilidade de solo, aproveitamento de matéria orgânica na adubação, desenvolvimento sustentável, gestão de resíduos sólidos, políticas públicas, coleta seletiva, reciclagem, reutilização, hábitos de consumo, poluição ambiental, ilustração científica;
- **Física e química:** transformações químicas, decomposição, fluxo energético, ciclos bioquímicos, aquecimento global, propriedades físicas e químicas dos componentes;
- **Matemática:** peso e medidas, estimativas, sistematização e apresentação de dados, estudo da geometria e suas aplicações, gráficos;
- **Educação física:** postura, coordenação motora;
- **Artes:** trabalhos interdisciplinares de desenhos e ilustração científica;
- **História e geografia:** estudo das antigas civilizações, história da agricultura, industrialização, revolução verde, pedologia, solos; e
- **Cidadania e educação:** direitos e deveres, valores éticos, trabalho em grupo, conviver com as diferenças, cooperar por um bem comum, consumismo, a importância do catador de lixo, desigualdades sociais.

6. CONCLUSÕES / CONSIDERAÇÕES FINAIS

De 16 de outubro a 30 de novembro de 2018, a compostagem do CMB conseguiu dar destinação ambientalmente correta a cerca de 2 toneladas de restos de alimentos e 11 toneladas de resíduos da jardinagem.

A Lei dos Grandes Geradores do Distrito Federal provocou uma série de mudanças para este universo. Gerenciar seus resíduos sólidos passou a ser uma atividade que extrapola as dimensões estética e sensitiva, se transformou em uma tarefa que deve ser abraçada por todos os membros de uma instituição. A Compostagem apresenta-se como uma ferramenta prática, exequível e não dispendiosa, reduzindo drasticamente os resíduos sólidos que teriam de ser literalmente enterrados e desperdiçados em aterros sanitários.

O sistema de compostagem em leiras estática destaca-se por ser um processo flexível, de baixo custo, com uso de instrumentos simples, sanitariamente adequado, mão de obra reduzida por não necessitar de revolvimentos periódicos, e quando bem conduzido, isento de apresentar riscos à saúde, podendo ser desenvolvido em ambientes urbanos, aumentando assim as chances de aplicação de um método sustentável para tratamento dos resíduos sólidos urbanos, garantindo assim aumento da vida útil dos aterros sanitários.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADASA – DF. RESOLUÇÃO Nº 25 DE 27 DE OUTUBRO DE 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – Abrelpe. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2017.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – Abrelpe. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2016.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Armazenamento de resíduos classe II – Não Inertes e III inertes.** NBR 11174. Rio de Janeiro. 1990. 14p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Coleta de resíduos sólidos.** NBR 13463. Rio de Janeiro. 1995. 3p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Resíduos sólidos – Classificação.** NBR 10004. São Paulo. 1997a. 63p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Transporte de resíduos: Procedimento.** NBR 13221. Rio de Janeiro. 1994b. 9p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Compostagem.** NBR 13591. Rio de Janeiro. 1996. 4p.

BERNAL, M. P.; SÁNCHEZ-MONEDERO, M. A.; PAREDES, C.; ROIG, A. **Carbon mineralization from organic wastes at different composting stages during their incubation with soil.** Agriculture Ecosystems & Environment, v. 69, p. 175-189, 1998a.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Dispõe sobre a Política Nacional dos resíduos sólidos.**

BÜTTENBENDER, S. E. Avaliação da compostagem da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos provenientes da coleta seletiva realizada no município de Angelina/SC. 2004. 123 f. Dissertações (Mestrado em Engenharia Ambiental) - programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, UFC, Florianópolis, 2004.

CORRÊA, C. T.; SANTOS, J. S. Vermicompostagem no tratamento de resíduos orgânicos domésticos. XI Semana de Extensão, Pesquisa e Pós-Graduação, Outubro de 2015.

DEVENS, S.C. 1995. **Aplicação do processo de compostagem com aeração forçada positiva aos resíduos da indústria de café solúvel.** Dissertação de mestrado do programa de pós- graduação em engenharia ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo. p.169

DISTRITO FEDERAL. Lei nº 5.610/2016, de 16 de fevereiro de 2016. **Dispõe sobre a responsabilidade dos grandes geradores de resíduos sólidos e dá outras providências.**

DISTRITO FEDERAL. PLANO DISTRITAL DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS – PDGIRS – março de 2018.

INÁCIO, C. T.; MILLER, P. R. M. Compostagem: ciência e prática para gestão de resíduos orgânicos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 154p.

JIMÉNEZ, E. I.; GARCÍA, V. P. Instituto de Productos Naturales y Agrobiología de Canarias CSIC, Avda. Francisco Sanchez 3, 38206 La Laguna, Tenerife, Canary Islands, Spain .Accepted 4 July 1991. Available online 24 June 2003.

KIEHL, E. J. 1979. **50 perguntas e respostas sobre composto orgânico.** Piracicaba: Prefeitura Municipal de São Paulo; Secretaria de obras, Departamento de Limpeza urbana. 17p.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo. 1985. Ed Ceres. 429p.

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem**. São Paulo. 1998. Ed. Ceres 171p.

LONGO, A. D. **Minhocas, de fertilizadora do solo a fonte alimentar**. São Paulo: Ícone, 1987;

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. MANUAL PARA IMPLANTAÇÃO DE COMPOSTAGEM E DE COLETA SELETIVA NO ÂMBITO DE CONSÓRCIOS PÚBLICOS - Outubro 2010 – Brasília-DF, 75p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Compostagem doméstica, comunitária e institucional de resíduos orgânicos: manual de orientação. Centro de Estudos e Promoção da Agricultura de Grupo, Serviço Social do Comércio, Brasília-DF. 2017.

PEDROZA, M. M.; VIEIRA, G. E. G., SOUSA, J. F.; PICKLER, A. C.; LEAL, E. R. M., MILHOMEN, C. C. **Produção e tratamento de lodo de esgoto** – uma revisão – Revista Liberato, Novo Hamburgo, v.11 , n.16 , p.89- XX, jul./dez. 2010.

PEIXOTO, J. O. **Destinação final de resíduos, nem sempre uma opção econômica. Engenharia Sanitária**, (1): 15-18, 1981.

PELCZAR, M. J.; REID, R.; CHAN, E. C. S. **Microbiologia**. São Paulo. Mcgraw-Hill. n.1. p.576, 1980.

PEREIRA NETO, J. T. **On the Treatment of Municipal Refuse and Sewage Sludge Using Aerated Static Pile Composting** – A Low Cost Technology Approach. p. 839-845. Inglaterra: University of Leeds, 1987.

PEREIRA NETO, J. T. **Manual de compostagem: processo de baixo custo**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2007. 61 p.

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

SHARMA, V. K.; CANDITELLI, M.; FORTUNA, F.; CORNACCHIA. 1997. **Processing of urban and Agro-Industrial Residues by aerobic composting:** Review. In: Energy Conversion and Management, Inglaterra, v. 38, n.5 , p. 453-478

STRAUCH, M.; ALBUQUERQUE, P. P. de. **Resíduos:** como lidar com recursos naturais. São Leopoldo, RS: Oikos, 2008. 220p.

TEIXEIRA, L. B.; GERMANO, V. L. C.; OLIVEIRA, R.; FURLAN JUNIOR, J. **processo de compostagem a partir de lixo orgânico urbano em leira estática com ventilação natural.** Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2004. 8p. (Embrapa Amazônia Oriental. Circular técnica, 33).

TOMATI, U., BELARDINELLI, M., ANDREU, M., GALLI, E. **Evaluation of Commercial Compost Quality. Waste Management & Research,** v. 20, p. 389-397, 2002 TRAUTMANN, N.; OLYNCIW, E. Compost Microorganisms. In: CORNELL Composting, Science & Engineering.

TSUTYA, M. T. Alternativas de disposição final de bioassólidos gerados em estações de tratamento de esgoto. In: **Impacto Ambiental do Uso Agrícola de Lodo de Esgoto.** Jaguariúna: Ed. Bettiol e Camargo, 2000. 312p.

ZANDONADI, D. B.; SOUZA, R. B. de. **Vermicompostagem: tecnologia para reciclagem de resíduos orgânicos e produção de alimentos.** Revista_ed4.indd . Embrapa. 19/11/2012.