

TECNOLOGIA AMBIENTAL

Prof. Ronei de Almeida
e-mail: ronei@eq.ufrj.br

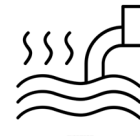
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
ESCOLA DE QUÍMICA / DEB
EQW-112 INTRODUÇÃO AOS PROCESSOS QUÍMICOS E BIOQUÍMICOS

1

TECNOLOGIA AMBIENTAL

Atividades humanas

- Resíduos sólidos;
- Efluentes líquidos;
- Emissões atmosféricas.



2



3



4



5

PANORAMA ATUAL

Os maiores geradores de lixo do mundo são, pela ordem:

- 1º Estados Unidos (226 milhões de toneladas por ano);
- 2º China;
- **3º Brasil (88 milhões t/ano);**
- 4º Japão, e
- 5º Rússia.

Entre 2003 e 2013 a população brasileira cresceu 9,65% e a produção de resíduos cresceu 21%

Geração Total de RSU
(t/dia)



Geração de RSU per capita
(kg/hab/dia)

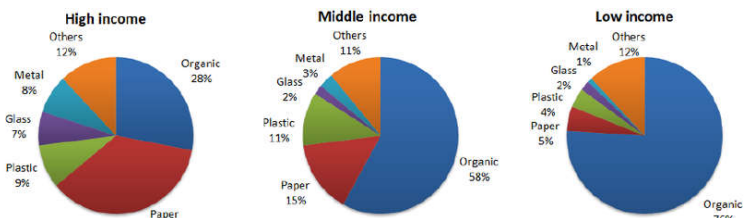


Rio de Janeiro: 1,86 Kg/hab.dia

6

RETRATO do LIXO no BRASIL

- Um dos países com maior quantidade de matéria orgânica nos resíduos (60-70%);
- 26 milhões de toneladas de alimentos são desperdiçados anualmente;
- A quantidade total de resíduo reciclável é de 45%, entretanto, apenas 3% são direcionados à reciclagem!



7

PORQUE TEMOS ESSE CENÁRIO?

- Cultura do desperdício;
- Aumento do consumo de bens descartáveis.

“-Como vocês conseguem manter um casamento que já dura 65 anos?”



“-Meu filho, nós nascemos em uma época em que, quando algo quebrava, éramos ensinados a consertar e não a jogar fora.”

8

GRANDE DESAFIO QUANTO A GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

O que fazer com tanto resíduo?



9

POLÍTICA NACIONAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS



Presidência da República
Casa Civil
Subchefia para Assuntos Jurídicos

[LEI Nº 12.305, DE 2 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.

10

PNRS – Definições



11

11

RESÍDUOS X REJEITOS

- **Resíduos:** são as sobras, os restos, mas que ainda podem sofrer processos de tratamento, recuperação, reutilização, reciclagem.
- **Rejeitos:** são os resíduos sólidos que já sofreram processos de tratamento e não apresentam outra alternativa a não ser a disposição final em aterro sanitário. Também chamado de **lixo**.

Resíduo
✓ não é
LIXO

12

TRATAMENTO DE RESÍDUOS

Qualquer processo que altere suas características, composição ou propriedades, de maneira a tornar mais acessível sua disposição final.

Procedimentos → Reduzir a quantidade ou o potencial poluidor

Convertendo os constituintes agressivos em formas menos perigosas ou insolúveis

Alterando a estrutura química, tornando mais fácil sua assimilação pelo meio ambiente

Separando os constituintes perigosos, com redução do volume a ser disposto

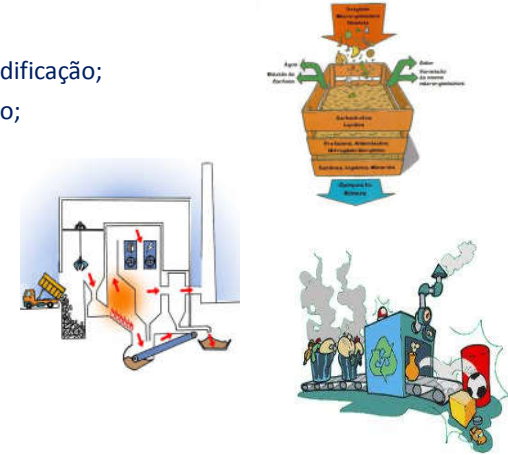
Destruindo quimicamente produtos indesejáveis

13

TRATAMENTO DE RESÍDUOS

Processos físico-químicos, biológicos e térmicos:

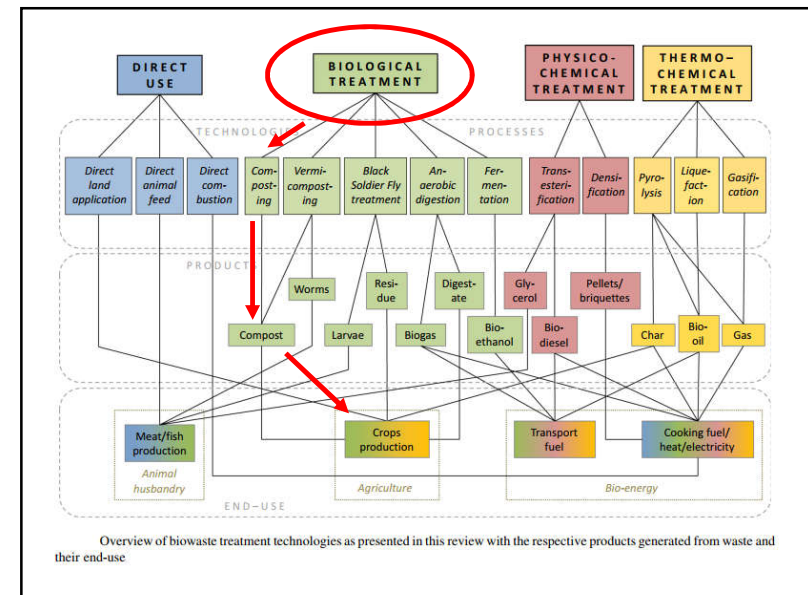
- Landfarming;
- Compostagem;
- Inertização e solidificação;
- Coprocessamento;
- Incineração.



14



15



16

COMPOSTAGEM

- É o processo natural de decomposição biológica de materiais orgânicos, de origem animal e vegetal, pela ação de microrganismos;
- Ocorre pela ação de microrganismos existentes no próprio resíduo, que vão decompondo a matéria orgânica mais complexa em produtos finais mais simples;
- É a forma mais eficiente de se obter a biodegradação controlada dos resíduos sólidos.

Transformação da matéria orgânica do resíduo em um **composto** orgânico (húmus).

17

COMPOSTAGEM

- Condições controladas (Compostagem ≠ Putrefação);
- Utilização segura no solo para melhoria das características. Sem riscos ao meio ambiente;
- Calor produzido elimina patógenos;
- Quebra tecidos animais e vegetais facilmente degradáveis;
- Não produz mudanças significativas em: material orgânico de difícil degradação (madeira, couro, polímeros). Substâncias inorgânicas (vidro, cerâmica, metais);
- Geração de **substância orgânica estável** similar ao húmus.



18

COMPOSTAGEM

- **NBR 13.591:** Define os termos empregados exclusivamente em relação à compostagem de resíduos sólidos domiciliares.
- Processo de decomposição biológica da fração orgânica biodegradável dos resíduos, efetuado por uma população diversificada de organismos, em condições controladas de aerobiose e demais parâmetros, desenvolvido em duas etapas distintas: uma de degradação ativa e outra de maturação.

19

COMPOSTAGEM

Porque fazer compostagem?

- Fonte de matéria orgânica;
- Composto retém água;
- Melhora estrutura de solos;
- Aumento da fertilidade dos solos;
- Reduz necessidade de fertilizantes orgânicos.

20

COMPOSTAGEM



MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE
CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE

RESOLUÇÃO Nº 481, DE 03 DE OUTUBRO DE 2017.

Estabelece critérios e procedimentos para garantir o controle e a qualidade ambiental do processo de compostagem de resíduos orgânicos, e dá outras providências.

21

COMPOSTAGEM

Sistemas de Compostagem

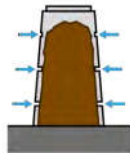
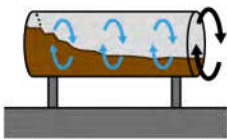
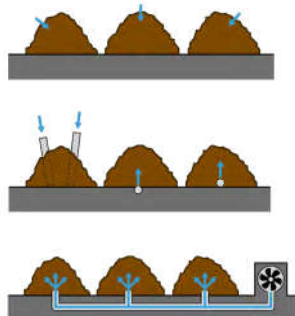
- Diversas tecnologias são usadas, desde as mais simples até as mais sofisticadas;
- Um bom composto pode ser obtido por qualquer tecnologia, desde que os resíduos sejam adequados e o processo biológico ocorra em boas condições

22

COMPOSTAGEM

Sistemas de compostagem

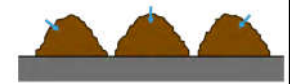
- Leiras
- Pilhas estáticas
- In-Vessel (reatores)
- Tonéis (Bin composting)



23



LEIRAS REVOLVIDAS



24

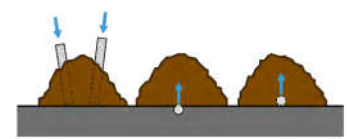
LEIRAS REVOLVIDAS



25

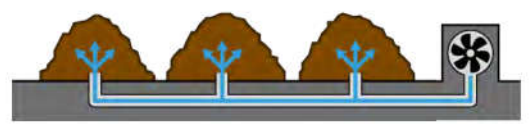


**PILHAS ESTÁTICAS
AERADAS
PASSIVAMENTE**



26

LEIRAS DE AERAÇÃO FORÇADA



27



LEIRAS DE AERAÇÃO FORÇADA

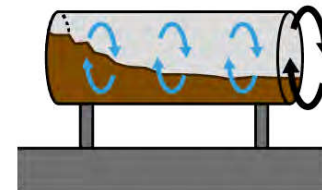
28



LEIRAS DE AERAÇÃO FORÇADA

29

**SISTEMAS FECHADOS
(IN-VESSEL COMPOSTING)**



30



SISTEMAS FECHADOS (IN-VESSEL COMPOSTING)

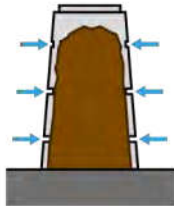
31

SISTEMAS FECHADOS (IN-VESSEL COMPOSTING)



32

COMPOSTEIRAS CASEIRAS (EM TONÉIS - BIN COMPOSTING)



33

COMPOSTEIRAS CASEIRAS (EM TONÉIS - BIN COMPOSTING)




34

COMPOSTEIRAS CASEIRAS (EM TONÉIS - BIN COMPOSTING)



35

COMPOSTAGEM

	Investimento	Manutenção	Espaço	Tempo	Mão-de-obra
	+	+	+++++	+++	+++++
	++	++	+++++	+++	++
	++++	++++	+++	+	++
	+++++	+++++	+++	+	++
	+++	++	+++	+++++	++

36

COMPOSTAGEM

- Muitas vezes é definida como biooxidação aeróbia exotérmica de um substrato orgânico heterogêneo no estado sólido, caracterizado pela produção de CO_2 , H_2O , liberação de substâncias minerais e formação de matéria orgânica estável. Processo mais adequado ao tratamento do resíduo domiciliar. A temperatura pode ultrapassar 70°C , os odores emanados não são agressivos e a decomposição é mais veloz.

Matéria orgânica + microrganismos + $\text{O}_2 \rightarrow$
Composto + CO_2 + H_2O + nutrientes + calor

37

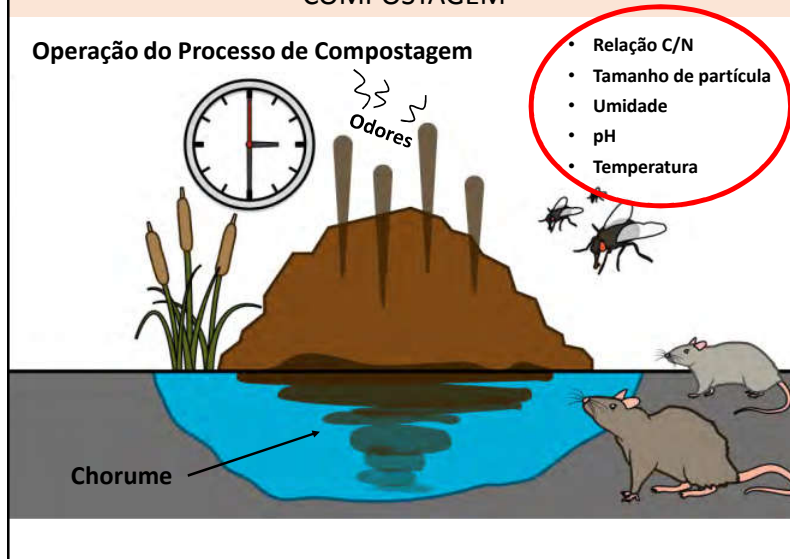
COMPOSTAGEM

Composto Orgânico

- Húmus + nutrientes minerais (N, P, K, Ca, Mg, Fe) (<<qualidade>>)
- Torna o solo poroso/ aeração das raízes/ retenção água e nutrientes
- Composto pode ser utilizado em qualquer tipo de cultura, associado a fertilizantes químicos ou não

38

COMPOSTAGEM

Operação do Processo de Compostagem

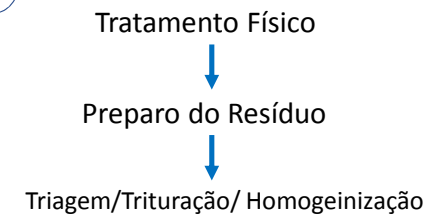
39

COMPOSTAGEM

TRATAMENTO DE RESÍDUOS

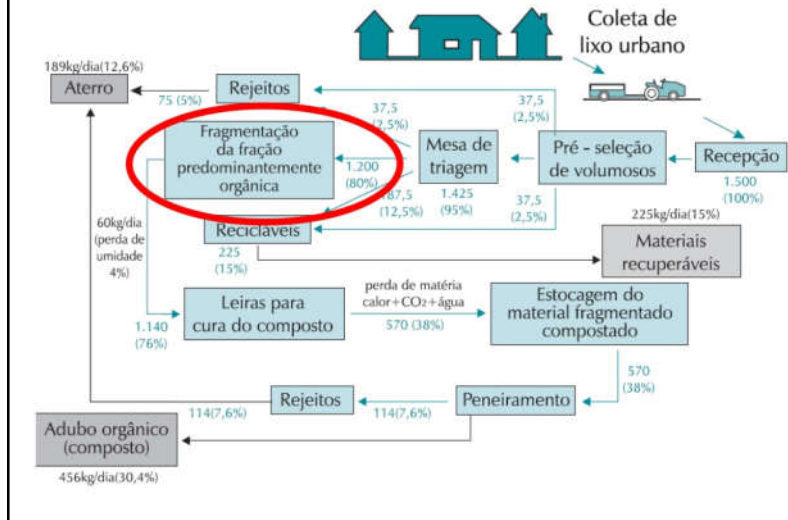
Duas etapas distintas:

- Física (1)
- Biológica (2)



40

COMPOSTAGEM



41

COMPOSTAGEM

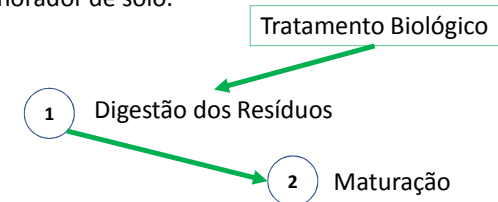
- 2 estágios

1º Estágio

Digestão: correspondente a fase inicial da fermentação, na qual o material alcança o estado de bioestabilização e a decomposição ainda não se completou;

2º Estágio

Maturação: mais longo, na qual a massa em fermentação atinge a humificação, estado em que o composto apresenta melhores condições como melhorador de solo.



42

COMPOSTAGEM

- **Tempo necessário para compostagem**

Está associado aos fatores que influenciam o processo, ao método empregado e às técnicas operacionais.

Compostagem natural

- 2 a 3 meses bioestabilização
- 3 a 4 meses humificação

Compostagem acelerada

- 45 a 60 dias bioestabilização
- 60 a 90 dias humificação

43

COMPOSTAGEM

1- Fase Inicial – mesofílica

- Início assim que as condições são estabelecidas
- Adaptação dos microrganismos presentes no resíduo
- Substrato: açúcares, amido, celulose, aminoácidos
- Atividade acelerada → aumento da temperatura
- Forte crescimento dos organismos mesófilos (15-43°C)
- Formação de ácidos (pH ~ 4,5)
- Duração:
 - Curta: materiais altamente biodegradáveis
 - Média: resíduos sólidos urbanos e madeira
 - Longa: resíduos resistentes (palha, casca de arroz, serragem)

44

COMPOSTAGEM

2- Fase Ativa – termofílica

- Diminuição dos organismos mesófilos e aumentos dos organismos termófilos (40-85°C)
- Intensificação na atividade microbiana
- Aumento íngreme e ininterrupto da temperatura;
- Aumento continua enquanto tiver resíduo facilmente biodegradável. Pico de temperatura 70°C (a não ser que se evite)
- Eliminação de patógenos

45

COMPOSTAGEM

3- Fase de Resfriamento – mesofílica

- Temperatura diminui para a faixa mesofílica
- População termófila decresce
- Atividade biológica global diminui
- Maior parte dos constituintes foi transformado
- Composto apresenta odor agradável

46

COMPOSTAGEM

4- Fase de Maturação

- Esgotamento de material facilmente biodegradável
- Proporção de material resistente aumenta constantemente
- Proliferação microbiana decresce
- Temperatura reduz até temperatura ambiente
- Formação de ácidos húmicos
- Duração: depende de substrato, condições ambientais e operacionais. Algumas semanas - 2 anos

47

COMPOSTAGEM

Digestão (Fase 1, 2 e 3)

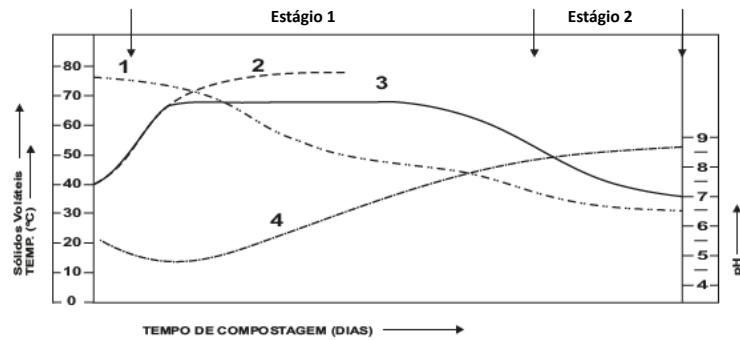
- Intensa atividade biológica;
- Rápida transformação da matéria orgânica;
- Grande consumo de O₂ pelos microrganismos;
- Elevação da temperatura;
- Composto ainda não está pronto para ser utilizado.

Maturação (Fase 4)

- Atividade biológica é pequena;
- Necessidade de aeração diminui;
- Predominam transformações químicas;
- Polimerização de moléculas estáveis: humificação.

48

COMPOSTAGEM



- 1: Sólidos Voláteis (SV)
 2: ?
 3: Temperatura
 4: pH

49

COMPOSTAGEM

Vantagens:

- Economia de aterro;
- Aproveitamento agrícola da matéria orgânica;
- Reciclagem de nutrientes para o solo;
- Eliminação de patogênicos;
- Requer menos área que os aterros;
- Pode ser realizado na fonte geradora do resíduo (sem transporte).

Desvantagens:

- Pode liberar odores (necessita ventilação);
- Qualidade do composto depende das características do resíduo;
- Afetada por diversos fatores (pH, umidade, tamanho das partículas, nutrientes);
- Sensível a produtos tóxicos (metais pesados) ou não biodegradáveis;
- Geração de odor e chorume se não for bem controlado.

50