

Compostagem como forma de tratamento dos resíduos

MSc. Bruno Santos de Paula



26/04/2016



Vamos falar de lixo?

- Afinal, o que é lixo?
 - **Dicionário Aurélio:**
 - aquilo que se varre e se joga fora; aquilo que não presta e se joga fora; sujeira, sujeira, imundice; coisas velhas e sem valor; (fig.) ralé.
 - **ABNT, 2004 (NBR 10004):**
 - restos das atividades humanas, considerados pelos geradores como inúteis, indesejáveis ou descartáveis, podendo se apresentar no estado sólido e líquido, desde que não seja passível de tratamento.

Lixo?

Rejeito x Resíduo



X



PNRS – Lei 12.305 / 2010

- Diferencia:

- Destinação final ambientalmente adequada:

- reutilização, reciclagem, compostagem, recuperação, aproveitamento energético.

→ RESÍDUOS

- Disposição final ambientalmente adequada:

- disposição ordenada de rejeitos em aterros sanitários.

→ REJEITOS

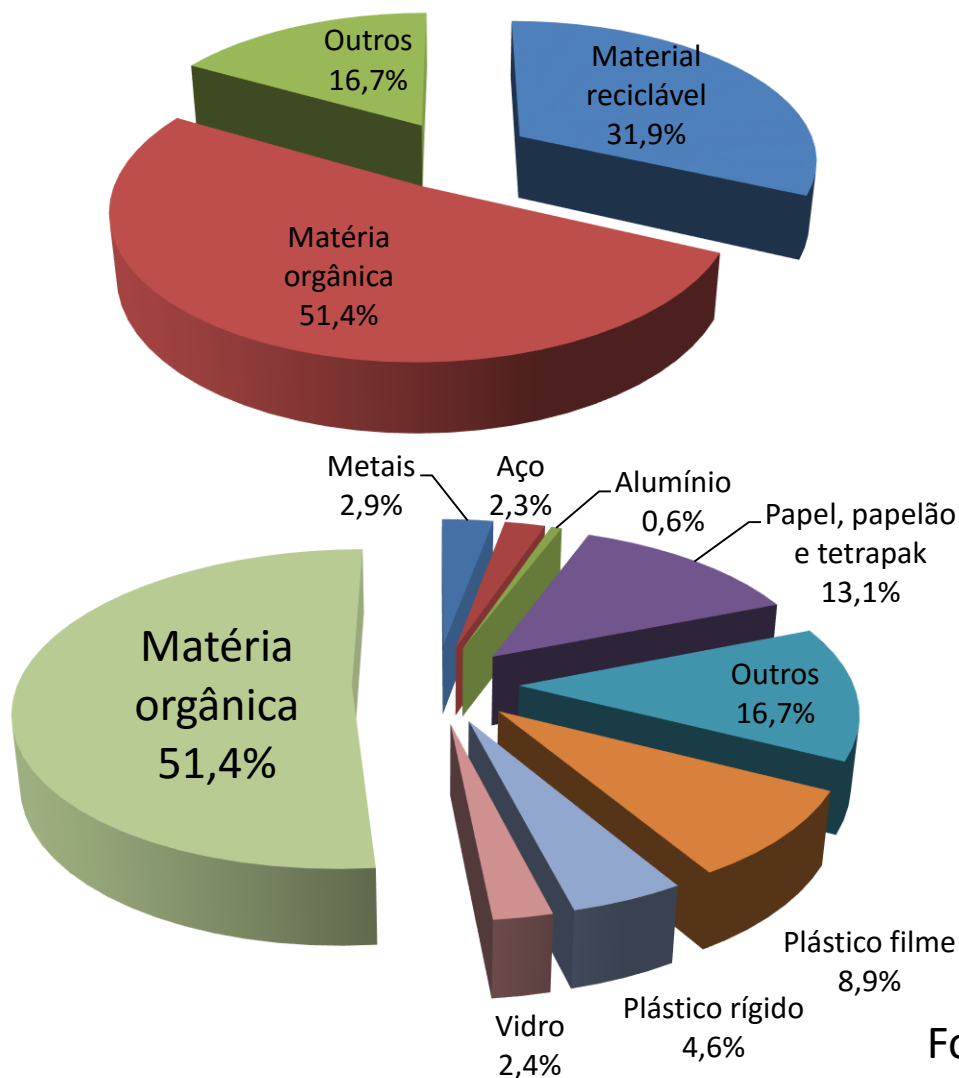
Resíduos: sólidos

- Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/2010), define:
 - material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível;
 - Ou seja: resíduos que não são efluentes.

Rejeito

- PNRS, 2010:
 - resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada;

Geração dos resíduos no Brasil



Resíduos	Participação (%)	Quantidade (t/dia)
Material reciclável	31,90	58.527,40
Metais	2,90	5.293,50
Aço	2,30	4.213,70
Alumínio	0,60	1.079,90
Papel, papelão e tetrapak	13,10	23.997,40
Plástico total	13,50	24.847,90
Plástico filme	8,90	16.399,60
Plástico rígido	4,60	8.448,30
Vidro	2,40	4.388,60
Matéria orgânica	51,40	94.335,10
Outros	16,70	30.618,90
Total	100	183.481,50

Fonte: Plano Nacional de Resíduos Sólidos (2011)

Cenário

- Em 2000 eram **3,2%** (IPEA, 2012).
- No entanto, em 2008 apenas **1,6 %** (1.509 t/d) do total de resíduos orgânicos coletados (94.335,1 t/d) são tratados via compostagem;
 - em termos absolutos tem-se 211 municípios brasileiros com unidades de compostagem, onde 78 são em Minas Gerais e 66 no Rio Grande do Sul (PNRS, 2011).
- O PNRS em seu Artigo 3º , inciso VII, considera a compostagem como uma forma de destinação final ambientalmente adequada de resíduos.

Compostagem agora é lei!

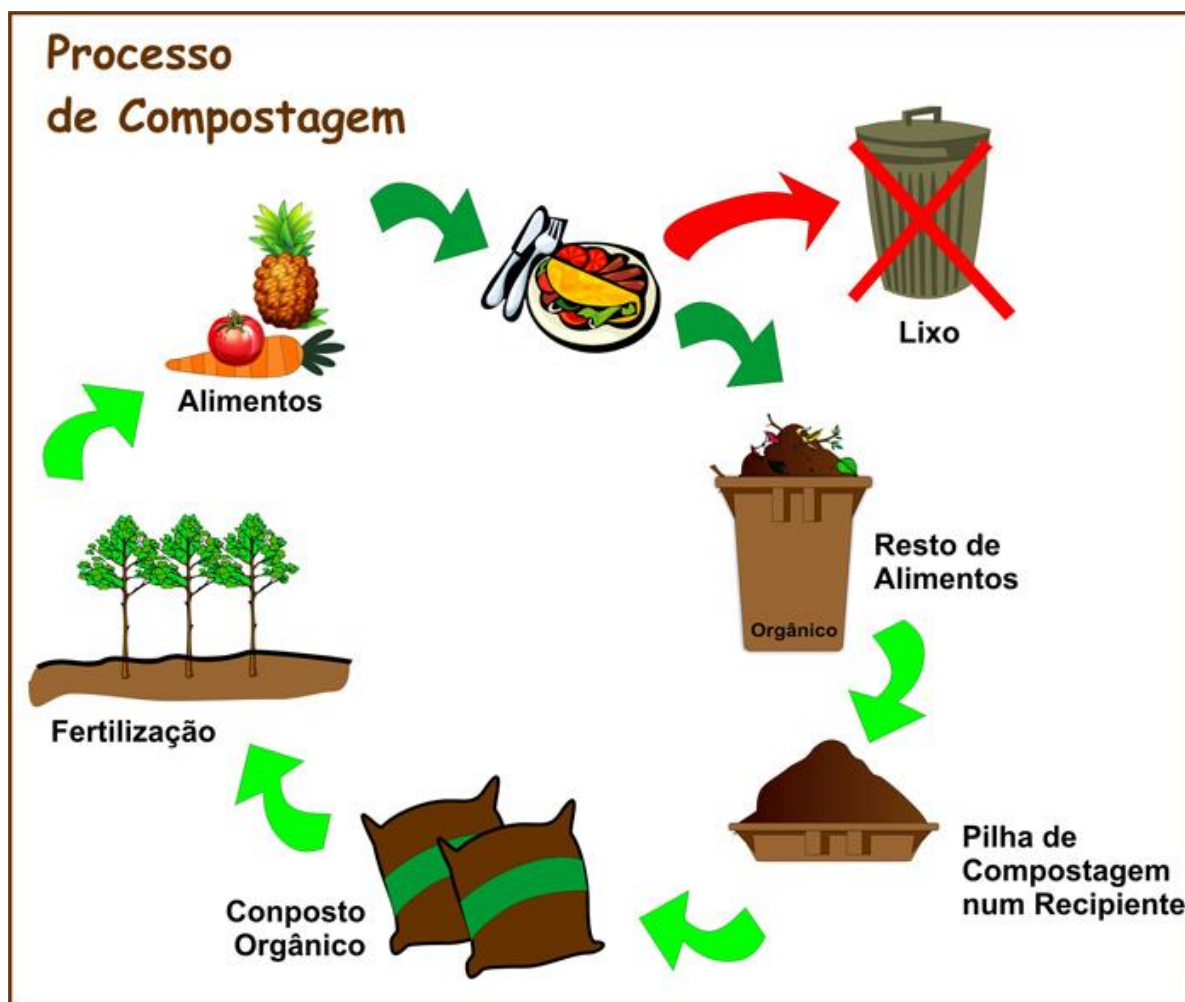
- "Art. 36. No âmbito da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, **cabe ao titular dos serviços públicos de limpeza urbana** e de manejo de resíduos sólidos, observado, se houver, o plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos:
 - V - **implantar sistema de compostagem para resíduos sólidos orgânicos** e articular com os agentes econômicos e sociais formas de utilização do composto produzido;"

Porque Compostagem?

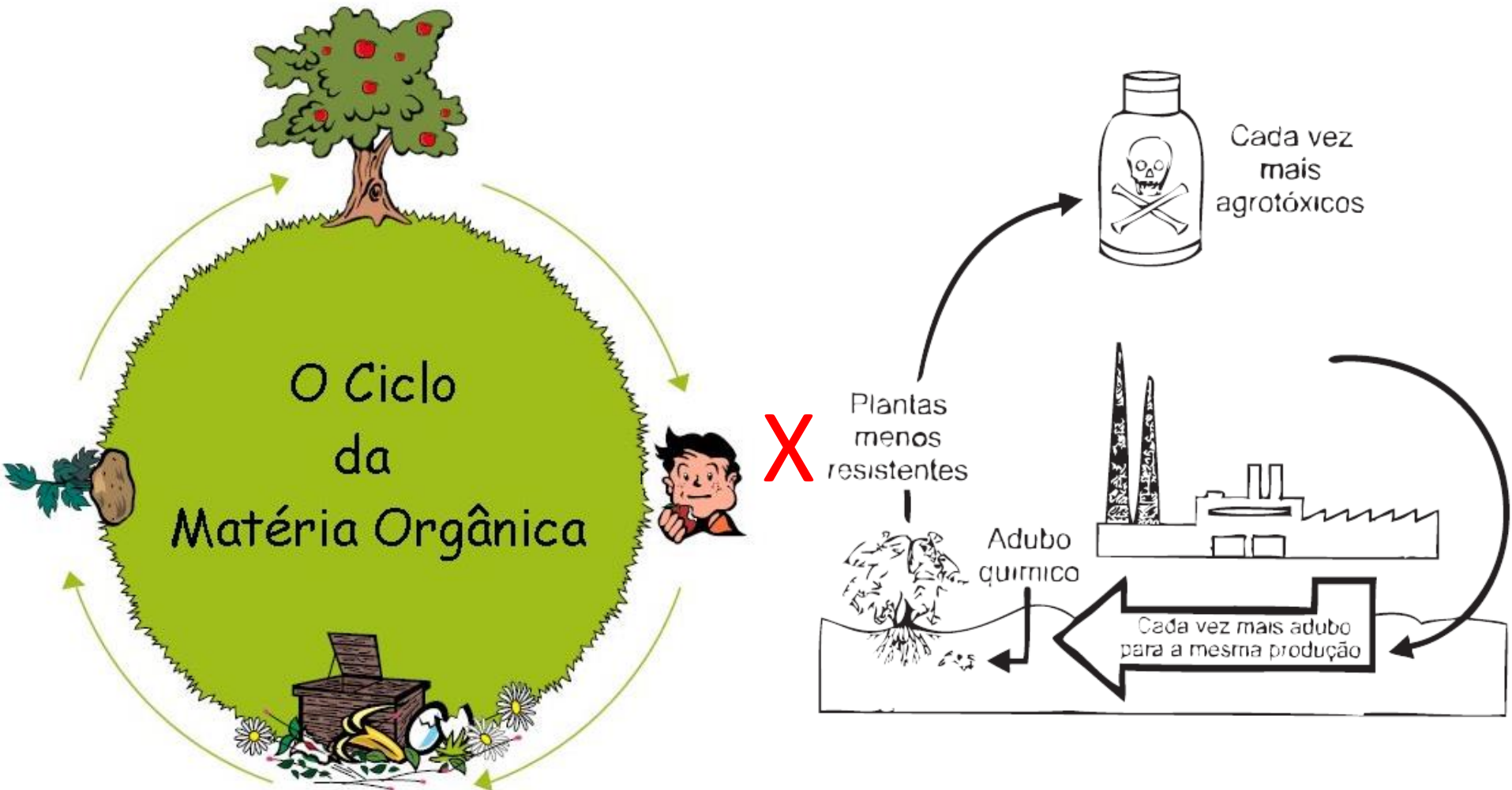
- reciclagem e disposição de nutrientes para o solo: Gera ADUBO Fértil (**substrato base para uma agricultura natural, livre de contaminantes**)
- evita desperdício dos nutrientes jogados fora nos aterros: fechamento do ciclo
- aproveitamento agrícola da matéria orgânica, essencial à saúde do solo
- Fomenta a vida microbiana no solo, essencial para a vitalidade dos alimentos
- melhoria das propriedades físicas do solo
- economia na aquisição de fertilizantes minerais (**70% do fertilizante utilizado no Brasil é importado - alta dependência do dólar que aumenta o preço dos alimentos**)
- redução do que é destinado ao aterro, aumentando sua vida útil
- economia na coleta e transporte dos resíduos sólidos
- redução dos impactos ambientais associados a degradação dos resíduos orgânicos em locais inadequados
- eliminação de patógenos
- economia de tratamento de efluentes
- resignificação e valorização da vida através da educação ambiental
- processo ambientalmente seguro e recomendado

Ciclo da Matéria Orgânica

- O ciclo não está sendo fechado → ATERRO



Ciclo natural da matéria orgânica **X** Ciclo vicioso da agricultura química



- Alquimia da vida: vida gerando vida!

Como contribuir ?

Podemos fazer a nossa parte?

Resíduo orgânico ou Rejeito orgânico?



Separação na geração do resíduo!

- 1ª e mais importante passo do processo de compostagem!



- Assim, obtemos nosso valioso Resíduo orgânico

Resíduo Orgânico



- Ótimo para compostagem (contém os nutrientes):
- Resíduos do PREPARO das refeições
 - Cascas de frutas e legumes
 - Borras de café e chás

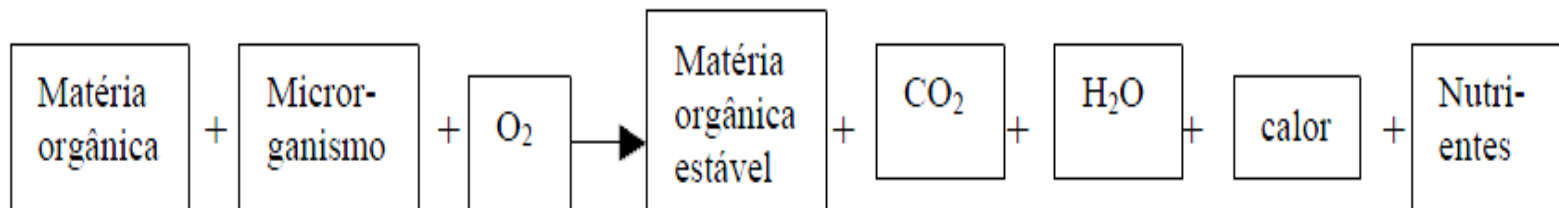
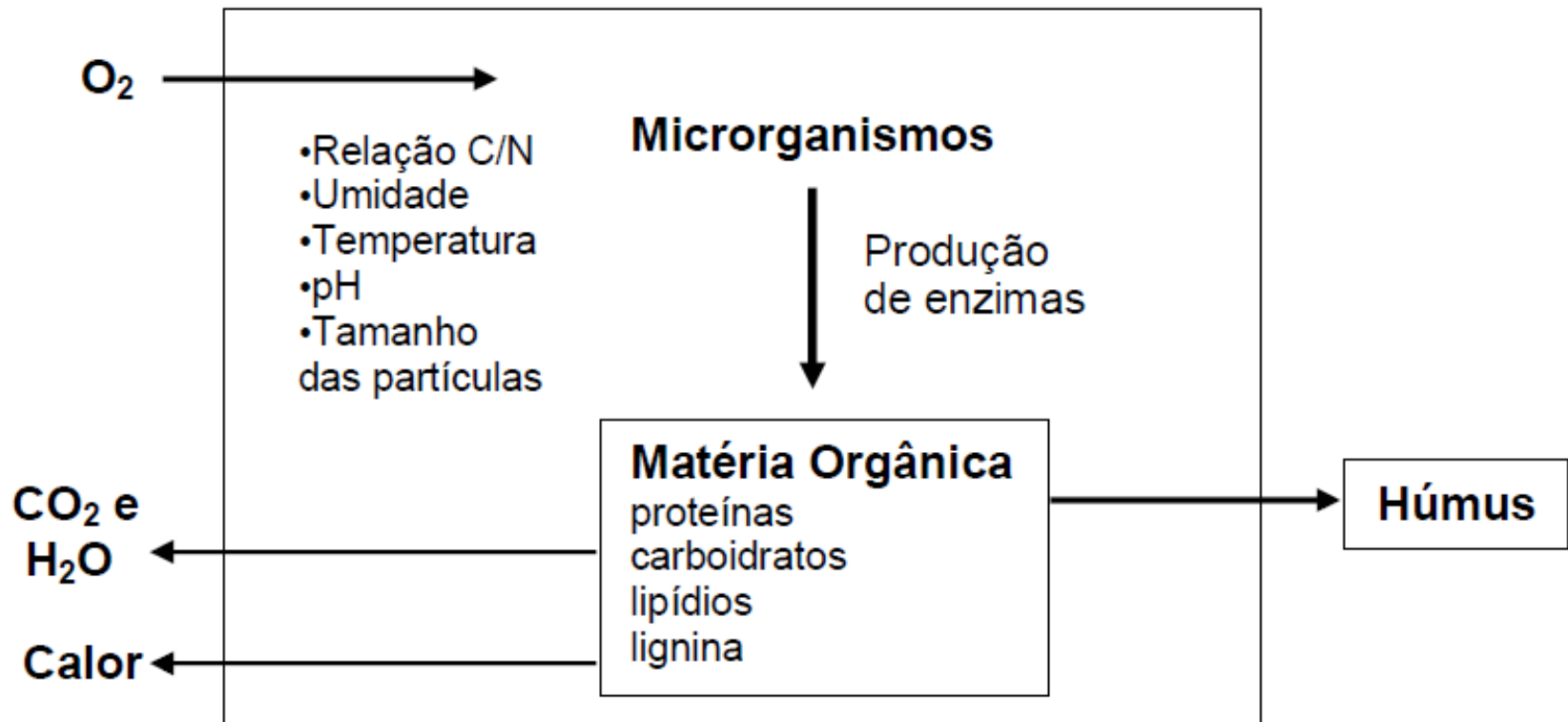
Resíduos orgânicos



Compostagem – Fatores técnicos

- **Definição:** A compostagem é um processo de bio-oxidação aeróbia, exotérmica, de material orgânico heterogêneo no estado sólido, realizada por uma população complexa de microorganismos, caracterizada por ter como produto final, água e dióxido de carbono, com simultânea liberação de matéria orgânica que se estabiliza após maturação (húmus).
- Minha definição: **Alquimia da vida!**
 - Disponibilidade de Oxigênio (aeração)
 - Umidade
 - Relação C/N
 - Temperatura
 - pH
 - Tamanho das partículas
 - Dimensões e forma das pilhas [método]

Como ocorre a alquimia da compostagem:



Degradação Aeróbica

Matéria Orgânica + O₂ + Bactérias Aeróbicas =>
CO₂ + NH₃ + Produtos + ENERGIA

Degradação Anaeróbica

Matéria Orgânica + Bactérias Anaeróbicas =>
CO₂ + NH₃ + Produtos + ENERGIA + H₂S + CH₄

- Nos sistemas vivos, as enzimas aumentam a taxa de reação sem elevar a temperatura.

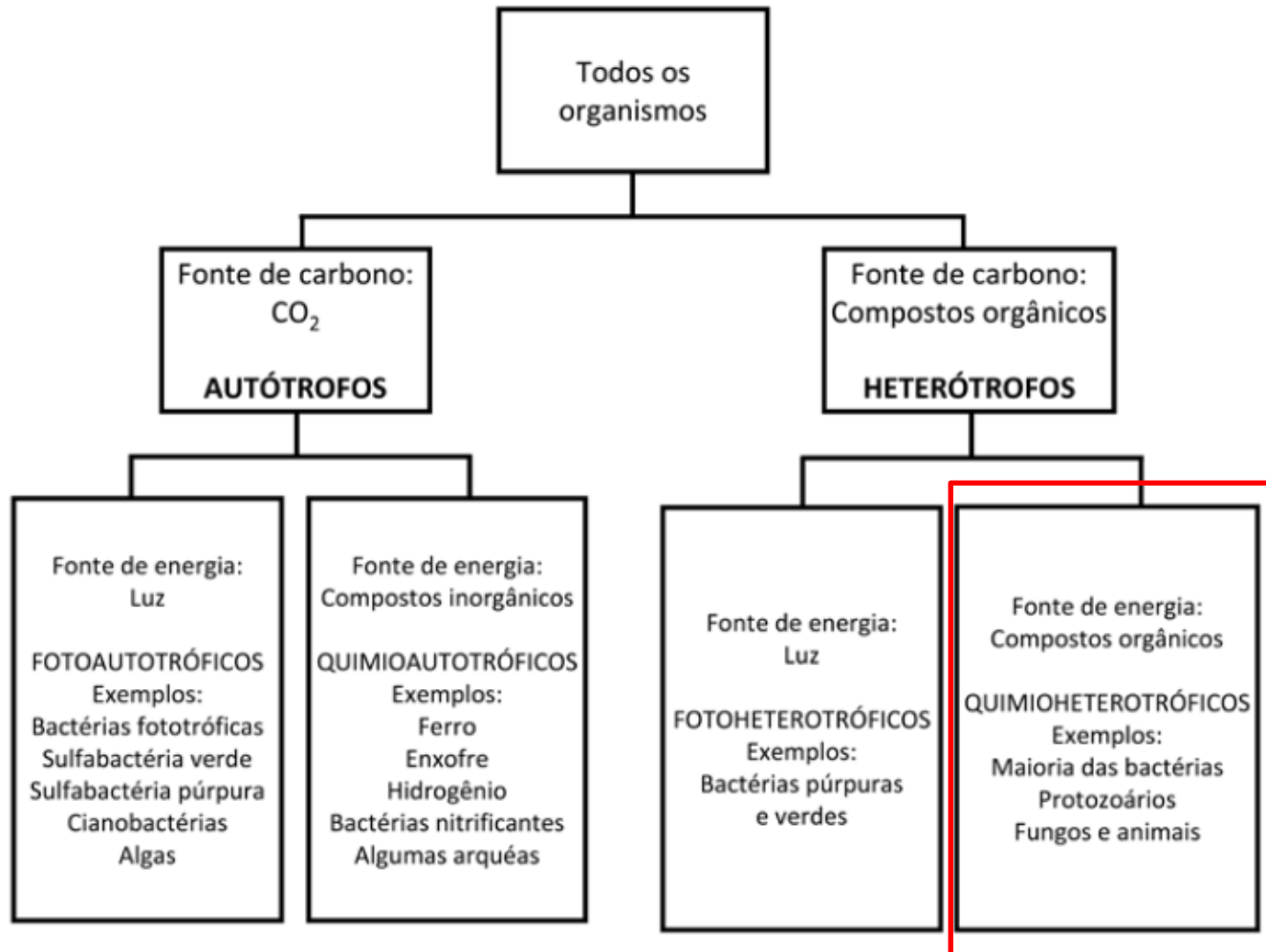
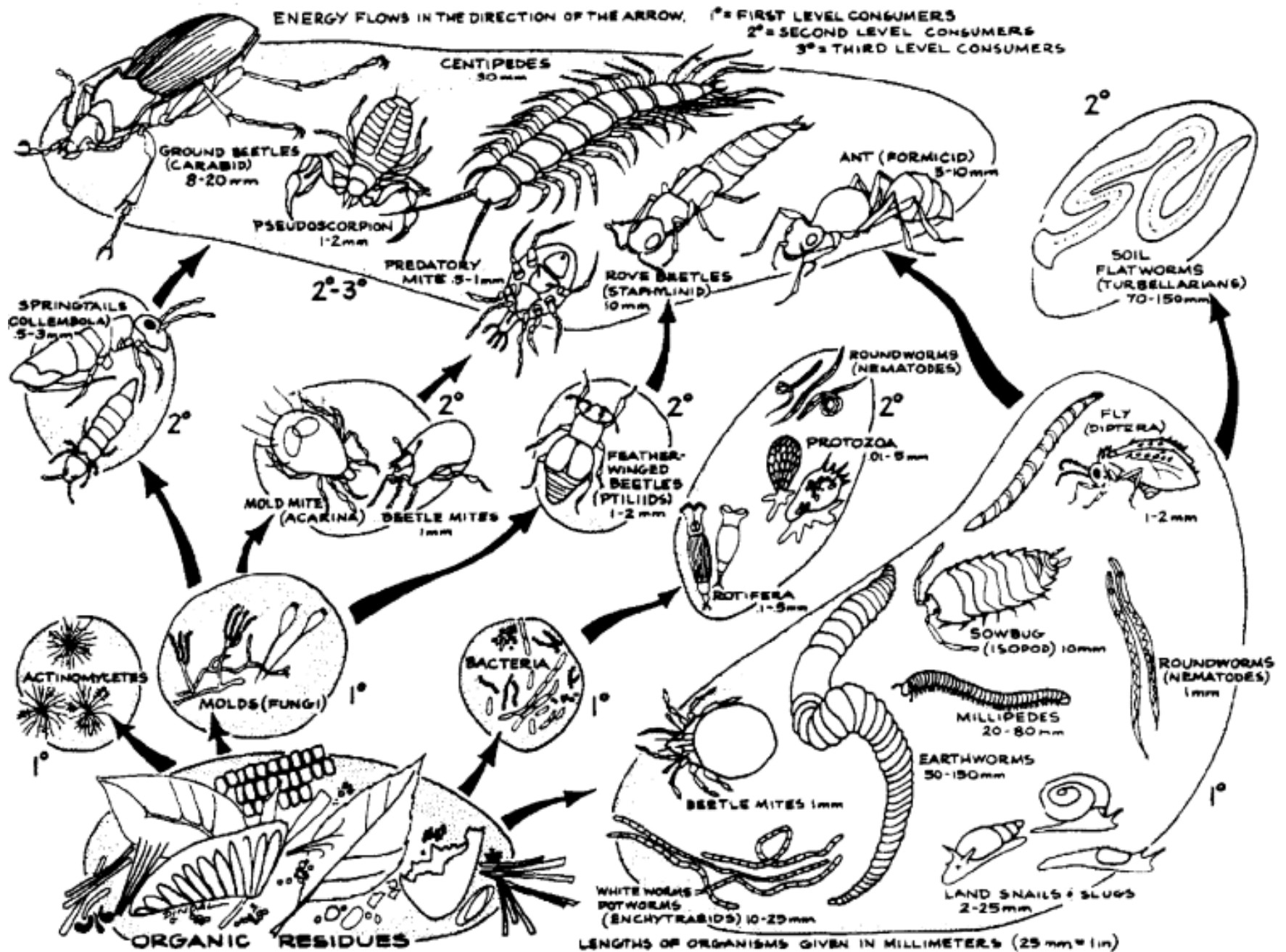
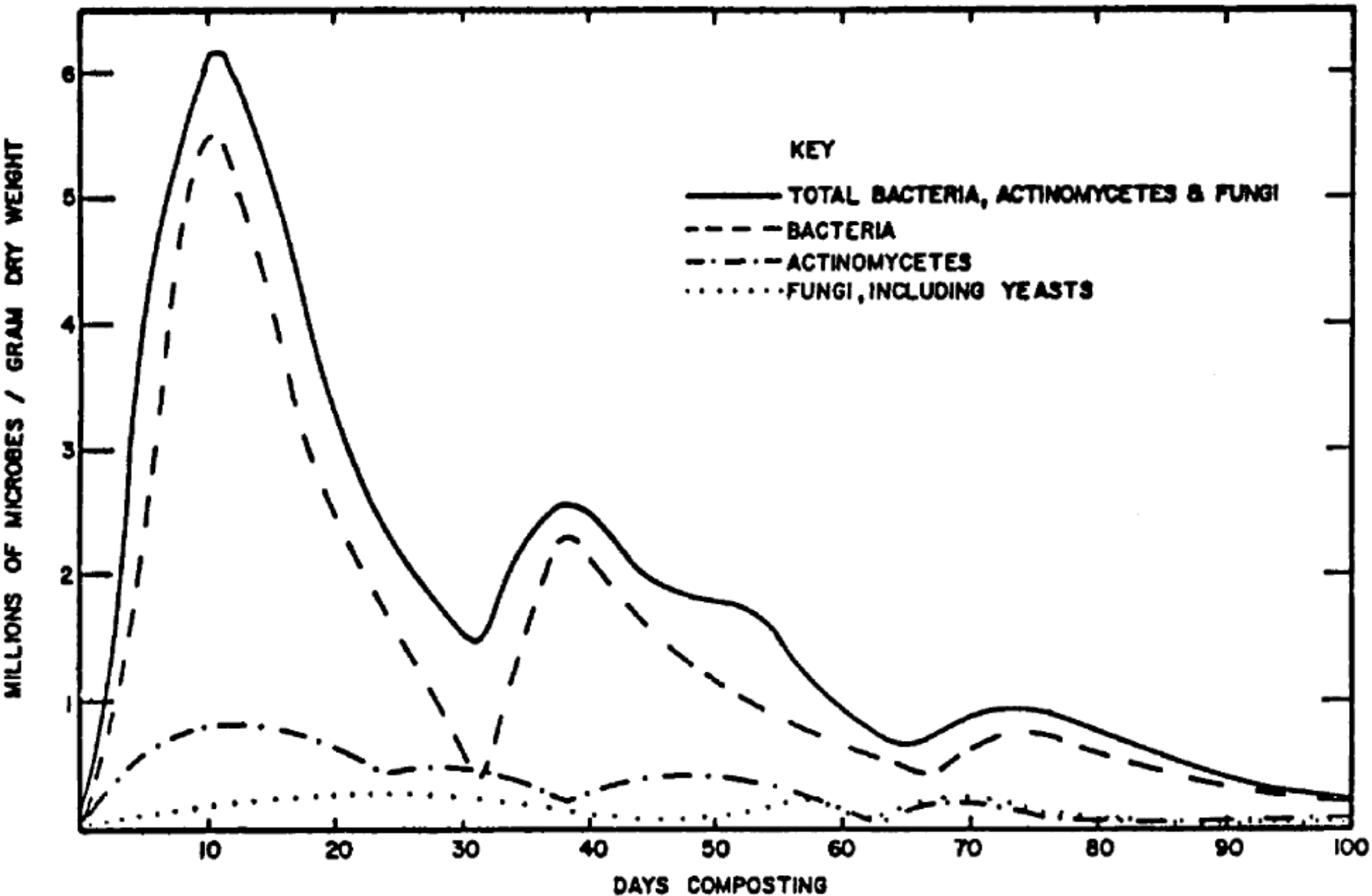


Tabela 03.1 Principais componentes da fração orgânica do solo, enzimas responsáveis pela degradação e produtos (adaptado de Camargo & Gianello, 1999).

Componentes	Conteúdo (%)	Enzimas	Produtos
Celulose	20-50	celulases, glicosidases	ácidos orgânicos, CO ₂
Hemicelulose	10-30	hemicelulases	açúcares e ác. urônicos, CO ₂
Amido	01-05	amilases, glicosidases	glicose, maltose, CO ₂
Pectina	01-10	pectilametil esterase, galactironase	ác. pécico, etanol, ác. galacturônico, glicose, arabinose
Quitina	05-15	quitinase, quitobiase	glicosamina, ác. acético, glicose, NH ₃
Lignina	10-30	fenoxidase, lacase, peroxidase	ác. aromáticos, compostos fenólicos
Ácidos Nucleicos	01-03	nucleases, nucleosidase, nucleotidases, aminohidrolase	bases nitrogenadas, PO ₄ ³⁻
Proteínas e peptídeos	10-20	proteínase, peptidase, desidrogenase e oxidase	aminoácidos, ácidos orgânicos, NH ₃
Esteres sulfatados	01-02	arilsulfatase	álcool e SO ₄ ⁻
Esteres fosfatos	01-02	fosfatase, fitases	álcool, inositol e HPO ₄ ⁻





Walke, R. 1975. The preparation, characterization and agricultural use of bark-sewage compost, p.47. PhD Thesis, The University of New Hampshire, Durham, NH.

Aeração

- Fator mais importante para ocorrer a degradação aeróbia da MO: Presença de O_2 .
- Taxa de consumo de $O_2 \sim$ consumo de C.
- Métodos de Compostagem

- Leira Estática
- Windrow
- Tambor giratório
- Alambrado
- Pallet
- Caixa
- Mecânico











REVIRAMENTO MECÂNICO DAS LEIRAS WINDROW



Umidade

- Umidade é essencial. Sem água, não há vida.
- Abaixo de 40%: bactérias pouco ativas; favorece os fungos
- Acima de 60%: ocorre saturação dos poros, favorecendo anaerobiose



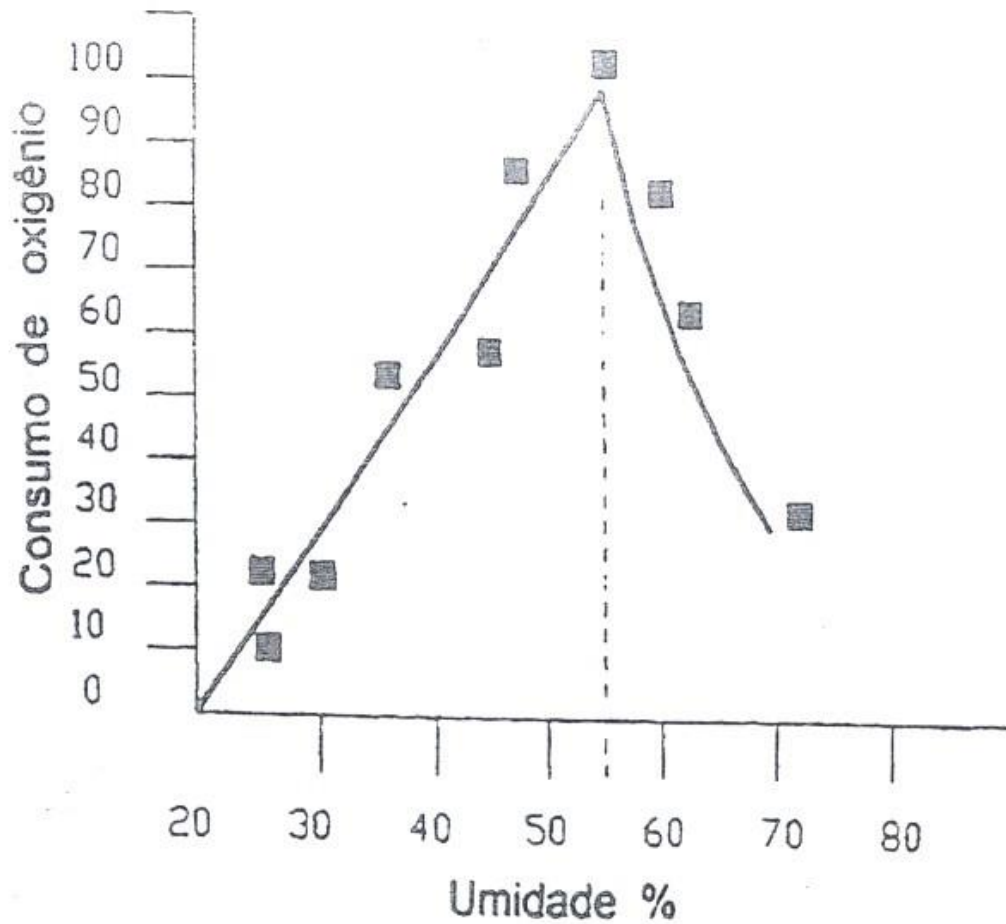


Figura 6 - Efeito da umidade no consumo de oxigênio na compostagem do lixo domiciliar (SNELL, 1957).

- Umidade ideal = 55%

Relação C/N

- Relação C/N deve ser 30-35/1 para melhor eficiência
 - Dois terços do carbono são liberados como dióxido de carbono (20/30) que é utilizado para obtenção de energia e um terço é utilizado para constituir as células microbianas.
 - O protoplasma microbiano tem C/N próx a 10/1. Para efetuar a síntese de 10 carbonos, utiliza-se 1 N.
 - Alta C/N: O Nitrogênio limita o desenv. microb.
 - Baixa C/N: O (valeroso) Nitrogênio é perdido por volatilização da NH_3
 - C/N final \sim 8:1 a 12:1



Relação C/N

Material	Relação C:N*	Fonte	Material	Relação C:N*	Fonte
Lodo de esgoto	5,4:1	SÁNCHEZ-MONDERO et al. (2001)	Esterco Equino	18:1	KIEHL (1985)
Resíduo Domiciliar	14,95:1	SÁNCHEZ-MONDERO et al. (2001)	Esterco Ovino	32:1	KIEHL (1985)
Casca de Pinheiro	191:1	SÁNCHEZ-MONDERO et al. (2001)	Laranja (bagaço)	18:1	Embrapa (site)
Capim Napier	29,9:1	MATOS et al. (1998)	Gramma batatais	36:1	Embrapa (site)
Palha de Café	36:1	MATOS et al. (1998)	Gramma seda	31:1	Embrapa (site)
Esterco Bovino	32:1	KIEHL (1985)	Resíduos de restaurantes	17:1	GUERMANDI (2015)
Esterco Suíno	16:1	KIEHL (1985)	Serragem	200:1	GUERMANDI (2015)

Granulometria

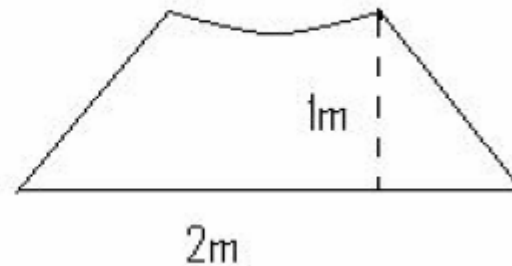
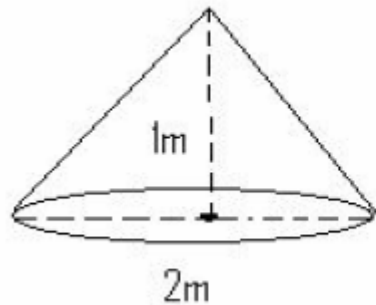
- Governa o movimento de líquidos na leira
- Influi na atividade microbiológica
- Influi na compactação e aeração
- Ideal: Partículas de 25 a 75mm

Fonte: Reis, 2005



Dimensões da Leira

- **Altura** é recomendado que as leiras tenham de 1 a 1,5 metros de altura para que haja nucleação (temp) e as perdas de calor não provoquem a inibição dos m.o. termófilos.
- Mais do que isso, pode haver compactação.
- Para inibir compactação: material estruturante.



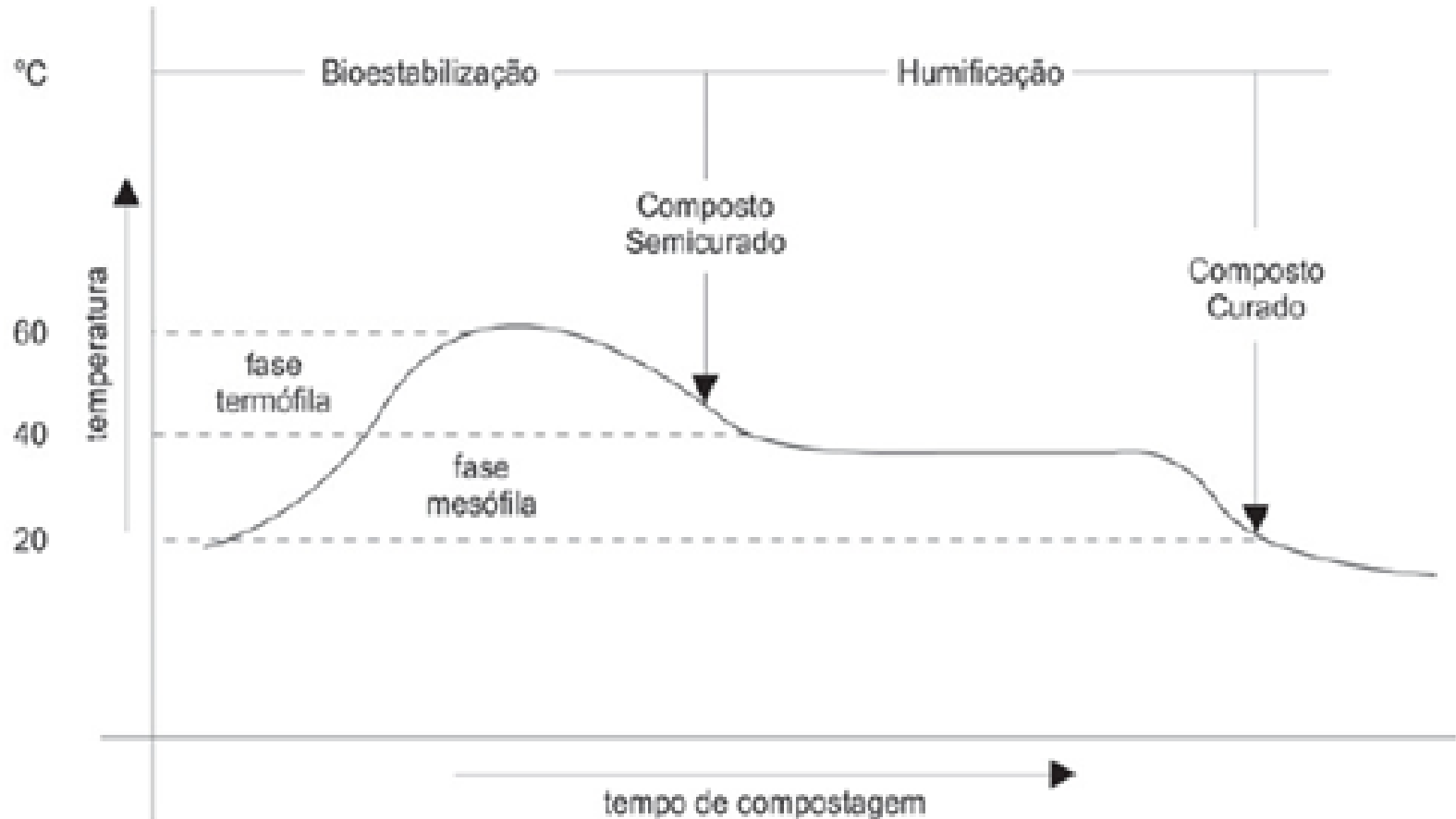
Temperatura

- Importante indicador de eficiência
- O calor é gerado pelo metabolismo exotérmico dos microorganismos
- Estágio de eliminação de patógenos

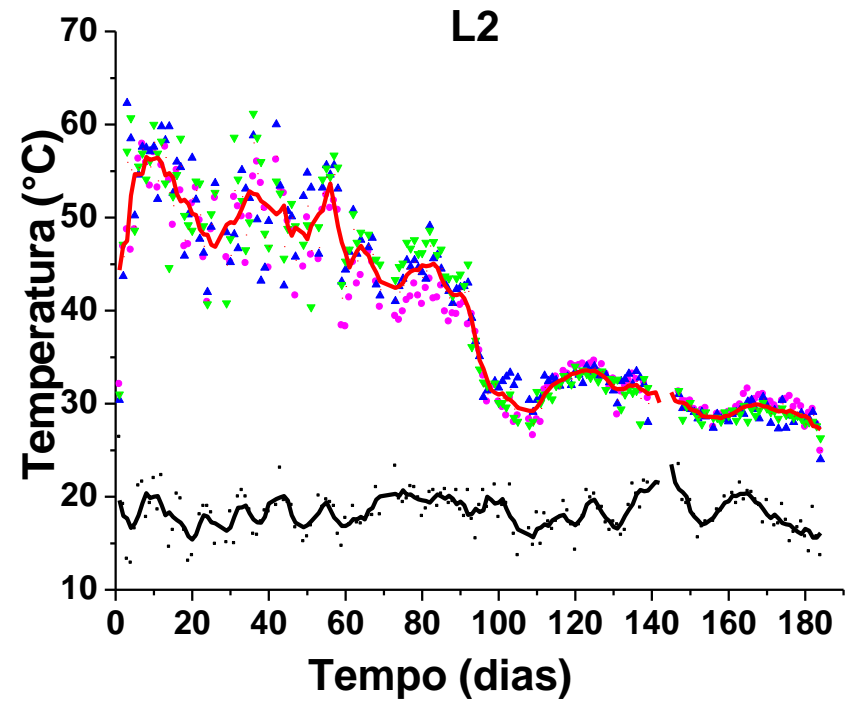
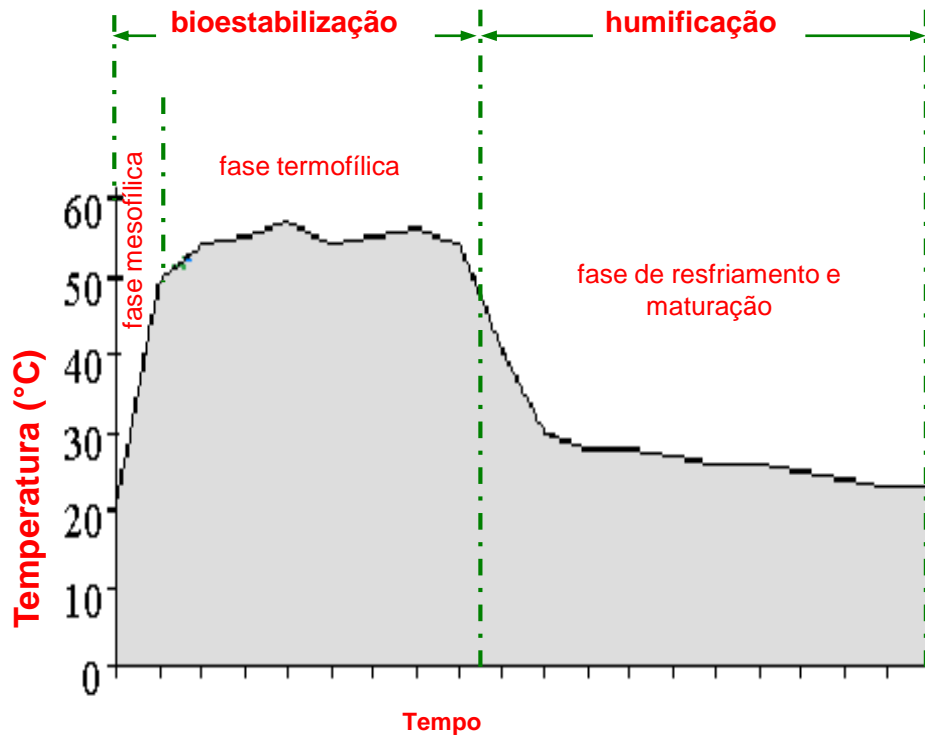


Temperatura

- Curva padrão de temperatura x tempo de compostagem



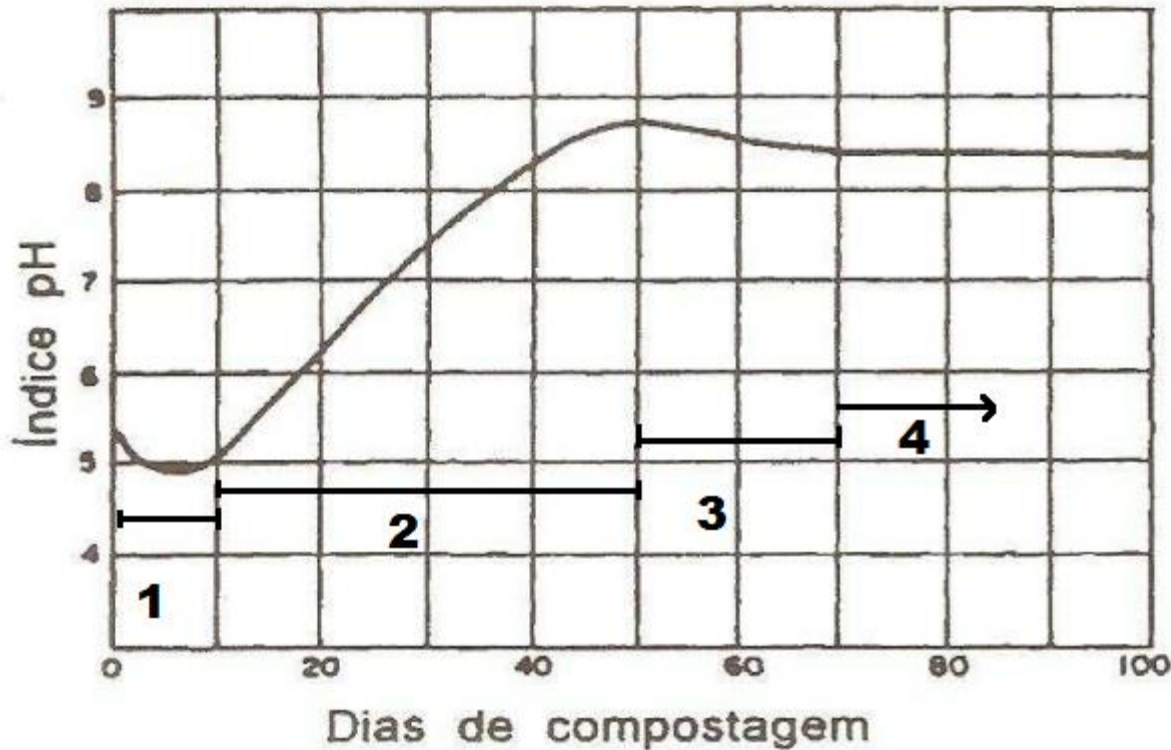
- Curva Real de Temperatura



- Processo tem 4 Fases

Fonte: Resultados tese Lucimar Fialho

pH



- 1 - Fase fitotóxica
- 2 - Humificação e formação de N-NH₃
- 3 - Formação de nitratos
- 4 - Composto maturado

Fonte: Kiehl, 2004

- 2- N orgânico -> N amídico -> N amoniacal (\uparrow pH)
- 3- nitrossomas e nitrobacters transformam em NO₃⁻ (\downarrow pH)

pH

- Resíduos naturalmente ácidos
 - Pode-se adicionar calcário para ajudar os microorganismos.
 - Ou cinzas de ossos, casca banana, limão, pepino e cacau, que possuem alto teor de fósforo e potássio e assim regulam o pH, elevando-o.
- Porém em boas condições de compostagem, os m.o. exercem autoregulação.

Como manter adequadamente a pilha de compostagem?



Problema

Processo lento



Cheiro de podre e/ou presença de larvas



Baixa temperatura (não chega a aquecer)



Causa provável

Muita matéria seca



Materiais muito grandes



Umidade excessiva e/ou compactação



Pilha muito pequena



Falta de Umidade



Solução

Adicionar material verde, adicionar água e revirar a pilha



Cortar os materiais em pedaços pequenos e revirar a pilha



Adicionar materiais secos (folhas, palhada ou pó de serra) e revirar a pilha



Aumentar o tamanho adicionando mais verdes e matéria seca



Pragas e animais



Cheiro de amônia



Restos de carnes, peixes, laticínios ou gorduras descobertos



Muito material verde



Falta de material verde



Arejamento insuficiente



Retirar os restos ou cobri-los bem com terra, folhas e material seco.



Adicionar matéria seca e revirar a pilha



Adicionar verdes (restos de comida)



Revirar a pilha



Adicionar água



Composto no solo

- Fonte de Macro e micronutrientes
- Exerce efeito tampão no solo, ajustando a acidez
- Reduz oscilações de temperatura no solo
- Favorece aglutinação e estabilidade de agregados
- Aumenta a estabilidade estrutural do solo e resistência a erosão

Composto no Solo

- ✓ Melhoramento das propriedades do solo:
 - *Físicas*: i) capacidade de retenção de água
ii) micelas coloidais (estruturação) e grumos
iii) produção de poros pela mesofauna

 - *Químicas*: i) formação de complexo argilo-húmico
ii) Transformação do N em N-orgânico e assimilável
iii) capacidade de troca catiônica iv) quelatos
v) aumento da superfície específica

 - *Biológicas*: manutenção da vida no solo essencial para o ciclo de vida biológico; diversidade associada e supressão de doenças



Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Waste Management

journal homepage: www.elsevier.com/locate/wasman



Review

Compost: Its role, mechanism and impact on reducing soil-borne plant diseases



C.M. Mehta^{a,b}, Uma Palni^b, I.H. Franke-Whittle^c, A.K. Sharma^{a,*}

^a Department of Biological Sciences, College of Basic Science and Humanities, G. B. P. U. A. & T. Pantnagar, U.S. Nagar, Uttarakhand, India

^b Department of Botany, D.S.B. Campus, Kumaun University Nainital, Uttarakhand, India

^c Leopold-Franzens University, Institute of Microbiology, Technikerstraße 25, 6020 Innsbruck, Austria

ARTICLE INFO

Article history:

Received 29 July 2013

Accepted 28 November 2013

Available online 25 December 2013

Keywords:

Compost microbes

Plant diseases

DGGE

Disease suppression

ABSTRACT

Soil-borne plant pathogens are responsible for causing many crop plant diseases, resulting in significant economic losses. Compost application to agricultural fields is an excellent natural approach, which can be taken to fight against plant pathogens. The application of organic waste products is also an environmentally friendly alternative to chemical use, which unfortunately is the most common approach in agriculture today. This review analyses pioneering and recent compost research, and also the mechanisms and mode of action of compost microbial communities for reducing the activity of plant pathogens in agricultural crops. In addition, an approach for improving the quality of composts through the microbial communities already present in the compost is presented. Future agricultural practices will almost definitely require integrated research strategies to help combat plant diseases.

© 2013 Elsevier Ltd. All rights reserved.

Parâmetro	LEIRAS PÁTIO										PÁTIO média	HORTA	URC	IN 23/2005
	1	2	3	11	12	27	28	29	30					
CTC (mmol/kg)	NA	NA	NA	387	373	250	317	318	215	310	194	284	---	
Matéria orgânica (%)	39.33	36.06	30.1	40.79	38.11	35.64	34.76	35.53	42.24	37.0	21.8	27.73	mín 40%	
Carbono orgânico (%)	21.85	20.03	16.72	22.66	21.17	19.8	19.31	19.74	23.47	20.5	12.11	15.41	mín 15%	
Nitrogênio (%)	1.91	1.67	1.4	2.32	2.21	2.38	2.14	2.21	2.23	2.1	0.95	1.38	mín 1	
Relação C/N	11.41	11.99	11.97	9.76	9.57	8.3	9.03	8.91	10.51	10.2	12.75	11.17	max 18/1	
Relação CTC/C	NA	NA	NA	17.08	17.62	12.63	16.42	16.11	9.16	15.10	16.02	18.43	mín 20%	
Ca (g/kg)	25.78	30.32	22.57	23.07	23.71	25.54	32.88	29.04	25.77	26.5	30.23	37.58	---	
Mg (g/kg)	2.32	2.33	2.02	1.99	2.2	2.13	2.44	2.23	2.23	2.2	3.91	3.96	---	
P (g/kg)	3.92	4.31	4.37	5.85	4.54	3.91	4.68	4.58	4.72	4.5	2.72	5.11	---	
K (g/kg)	8.42	11.72	10.63	10.05	11.72	11.38	9.96	12.3	12.88	11.0	6.31	6.4	---	
S (g/kg)	2.89	2.83	2.44	3.04	3.15	2.49	2.72	2.89	2.72	2.8	2.14	1.24	---	
Cu (mg/kg)	29.77	29.93	22.46	21.11	23.64	16.2	19.47	22.58	19.22	22.7	57.76	813	---	
Fe (g/kg)	33.88	29.44	28.86	25.90	25.24	26.14	26.93	30.77	26.77	28.21	33.27	25.46	---	
Mn (mg/kg)	215.28	181.4	158.11	202.36	231.17	135.08	148.11	181.92	124.77	175.4	965.5	373	---	
Zn (mg/kg)	89.38	82.8	59.57	89.57	125.35	51.7	49.5	75.32	52.34	75.1	147.18	661	---	

NA: não analisado

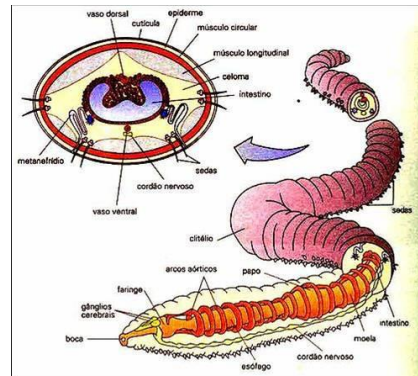
Fonte: Tese Luciana Massukado, 2008

Vermicompostagem

- Produto do processo de digestão das minhocas
- Alto grau de degradação e estabilização da matéria orgânica, em função da ação do peristaltismo e da flora intestinal
- Aumento da disponibilidade de N, P e K e aumento no pH
- As minhocas desempenham um papel importante na evolução dos solos, seja pelas galerias (aeração) ou pelos excrementos (nutrientes).



Eisenia fetida



1 O minhocário é composto de três caixas plásticas, sendo que as duas de cima são cheias de terra. No recipiente superior, ficam as cerca de **200 minhocas** que vão tocar o trabalho. Em geral, são usadas minhocas californianas, "especialistas" em restos orgânicos

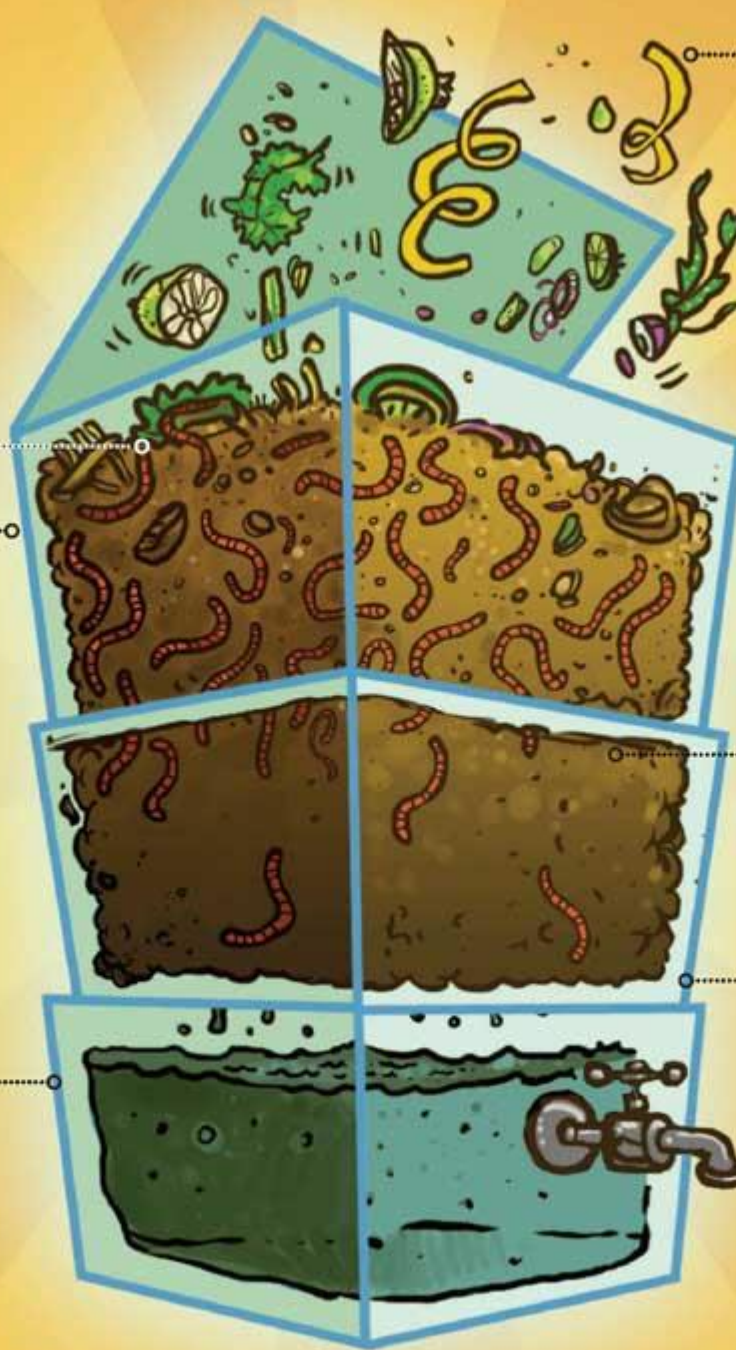
3 Após **cobrir tudo com serragem ou palha**, para manter a umidade, fecha-se a tampa e as minhocas partem para a ação. "O sucesso do minhocário depende da nossa alimentação. Quanto mais diversificado for o lixo, mais rico será o adubo gerado", diz Cláudio Spinola, da Morada da Floresta, em São Paulo, organização que produz minhocários

5 Enquanto rola o processo de decomposição do rango, um líquido rico em nutrientes e livre de bactérias escorre para a caixa da base, onde fica armazenado. Esse **chorume do bem** pode ser coletado e depois ser pulverizado nas plantas, servindo de adubo e pesticida

2 **Sobras de rango**, como cascas de legumes e pedaços de frutas, são então despejadas nesta caixa. Mas nem tudo pode ir para o "prato" das minhocas. Na lista dos alimentos vetados estão as carnes e os queijos – que podem apodrecer –, além de comidas salgadas ou muito ácidas

4 Assim que fica cheia, esta caixa **vai para o segundo andar**, onde, por cerca de dois meses, as minhocas vão trabalhar na digestão. O recipiente que estava no segundo andar vai para o topo, onde receberá os novos restos de comida

6 À medida que os alimentos são absorvidos, a maioria das minhocas ruma para a caixa do topo em busca de mais comida. No recipiente intermediário, temos o **adubo pronto**, fresquinho para ser utilizado nos jardins e vasos



Façamos nós mesmos!



INFORMAÇÃO NUTRICIONAL
Porção 10 g (1 colher de sopa)

Quantidade por porção	90 kcal = 378 kJ	%VDV*
Valor energético	0 g	0%
Carboidratos	0 g	0%
Proteínas	10 g	18%
Gorduras totais	17 g	34%
Gorduras saturadas	7,4 g	15%
Gorduras trans	0 g	0%
Fibra alimentar	0,05 g	0%
Sódio	0 mg	0%

*Valores Diários com base em uma dieta de 2000 kcal.
*Os valores diários podem variar dependendo da quantidade de base utilizada.



Créditos: Leonardo Dal Picolo



- Com tantos motivos para produzir e utilizar o composto, fica então a pergunta:
- Porque não existe uma macropolítica para produção de composto em larga escala?

Sugestão FILME: “O mundo segundo a
Monsanto”

Reflexão...

“Isto nós sabemos – a Terra não pertence ao homem – o homem pertence à Terra. Isto nós sabemos. Todas as coisas estão ligadas como o sangue que une uma família. Todas as coisas estão ligadas. Tudo o que acontece à Terra – acontece aos filhos da Terra. O homem não teceu a teia da vida – ele é meramente um fio dela. O que quer que ele faça à teia, ele faz a si mesmo.”

Declaração Chefe Seattle

Obrigado! brunodepaula@usp.br

Algumas iniciativas

- MODELO DESCENTRALIZADO
 - Projeto GIRO São Carlos
 - Consulta pública em São Carlos
 - Projeto Compostagem Bandeirão – USP São Carlos
 - Revolução dos Baldinhos – Florianópolis
 - Composta São Paulo

Parâmetros	Amostra C1	Amostra C2	IN* 27/2006	IN 25/2009
pH	9,11	9,04		Mín. 6,0
Umidade % m/m (equivale a g 100g ⁻¹)	35,24	40,05		Máx. 50
Carbono orgânico %	13,42	17,59		Mín. 15
Matéria orgânica %	22,49	24,19		
Nitrogênio Total %	0,241	0,325		Mín. 0,5
Sólidos totais (mg Kg ⁻¹)	904.398,05	866.020,84		n.e.***
Sólidos fixos (mg Kg ⁻¹ de sólidos totais)	940.604,36	936.722,18		n.e.
Sólidos voláteis (mg Kg ⁻¹ de sólidos totais)	59.395,64	63.277,82		n.e.
Fósforo (mg Kg ⁻¹)	3.267,63	2.623,84		
Relação C/N	55,65	54,11		Máx. 20
Cr (mg Kg ⁻¹)	330,56	305,95	Máx 200,00	
Pb (mg Kg ⁻¹)	170,63	178,57	Máx. 150,00	
Ni (mg Kg ⁻¹)	24,21	29,76	Máx. 70,00	
Cd (mg Kg ⁻¹)	1,59	0,4	Máx. 3,00	
Se (mg Kg ⁻¹)	269,84	150,79	Máx. 80,00	
Cu (mg Kg ⁻¹)	26,59	25,40		
Mn (mg Kg ⁻¹)	355,16	432,94		
Fe (mg Kg ⁻¹)	18.404,76	12.551,59		
Zn (mg Kg ⁻¹)	117,06	132,54		
Mg (mg Kg ⁻¹)	2.230,16	1.992,06		
Ca (mg Kg ⁻¹)	12.634,92	12.611,11		
K (mg Kg ⁻¹)	4.761,90	5.555,56		

Dados Compostagem
USP – São Carlos

Aqui na ESALQ

- Quanto é gerado de resíduo orgânico no restaurante?
- E no campus?
- Será que não poderíamos estar aproveitando esse valioso recurso?

Obrigado

- Contato: brunodepaula@usp.br