

# PHA 3203

# ENGENHARIA CIVIL E

# MEIO AMBIENTE

## Aula

## SOLO E RESÍDUOS SÓLIDOS

Profa. Amarilis Lucia Casteli Figueiredo Gallardo

Prof. Joaquin *Ignacio Bonnacarrère Garcia*



# Tópicos

- Solo e água subterrânea
- Erosão
- Poluição do solo rural
- Poluição do solo urbano
- Resíduos sólidos urbanos
- Tratamento e disposição de RSU
- Resíduos da construção civil
- Resíduos perigosos
- Bibliografia



# SOLO

Conceitos, Composição, Formação e  
classificação



# Conceito de solo

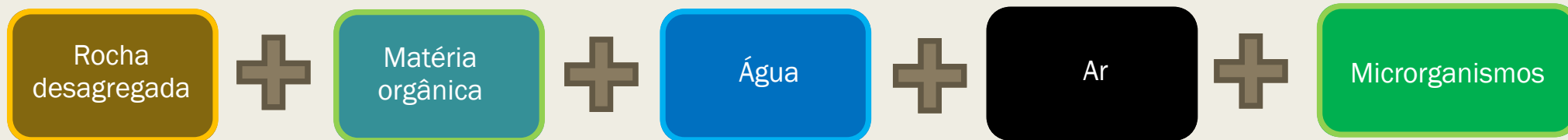
- Manto superficial formado por:





# Conceito de solo

- Manto superficial formado por:



- ▶ Apresenta diferentes significados para cada profissional atuante:

Agrônomo

A photograph showing a small green seedling with two leaves growing out of a mound of reddish-brown soil.

Engenheiro Civil

A stylized illustration of a house with a brown roof and a yellow door, and a taller grey building with several windows, set against a blue sky and green ground.

Engenheiro de Minas

A photograph of a conveyor belt system in a mining or industrial setting, carrying large piles of grey gravel or crushed rock.

Economista

A photograph of a lush green field of grass.

Fator de produção

Ecologista

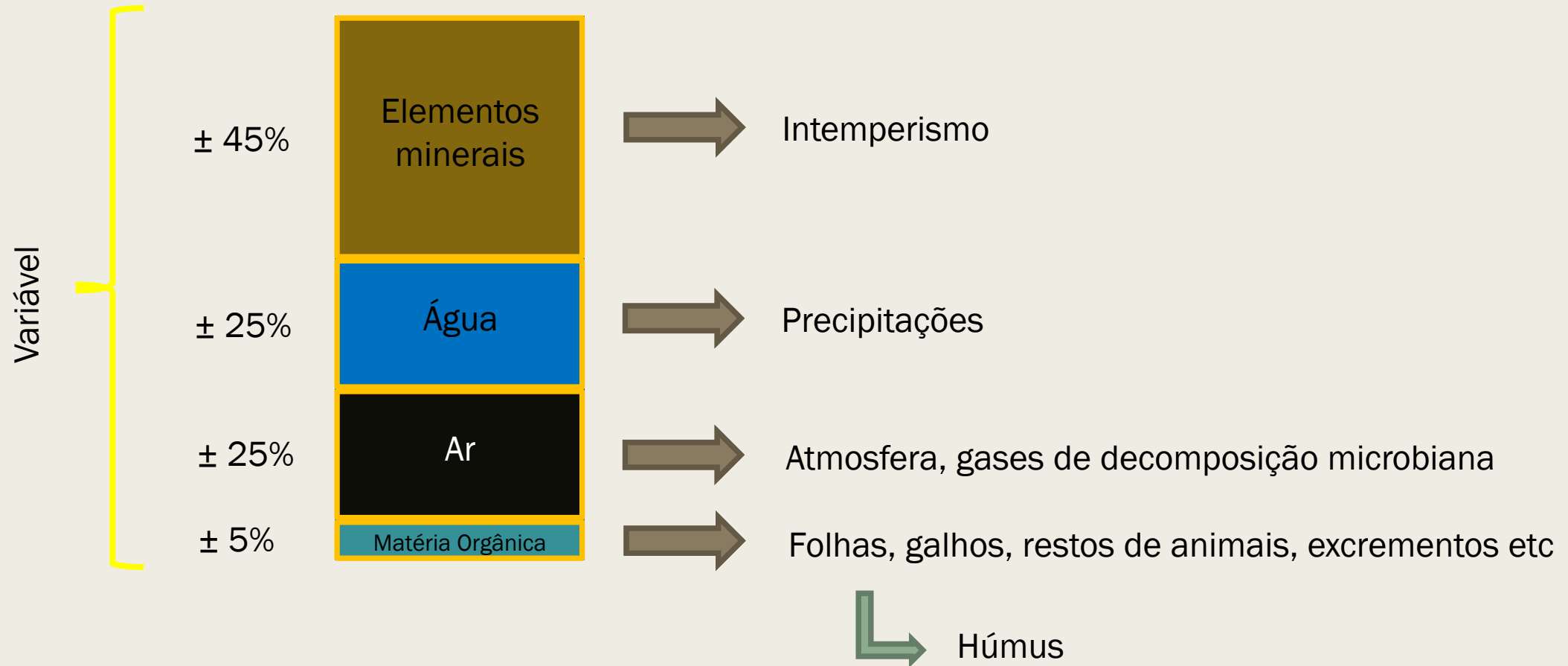
A Venn diagram with three overlapping circles labeled 'ATMOSFERA' (top), 'BIOSFERA' (middle), and 'HIDROSFERA' (bottom). The central intersection of all three circles shows a landscape with a waterfall and trees.

# Conceito de solo

- ▶ Independente da abordagem, o mau uso do solo implica em problemas de grandes magnitudes!



# Composição do solo

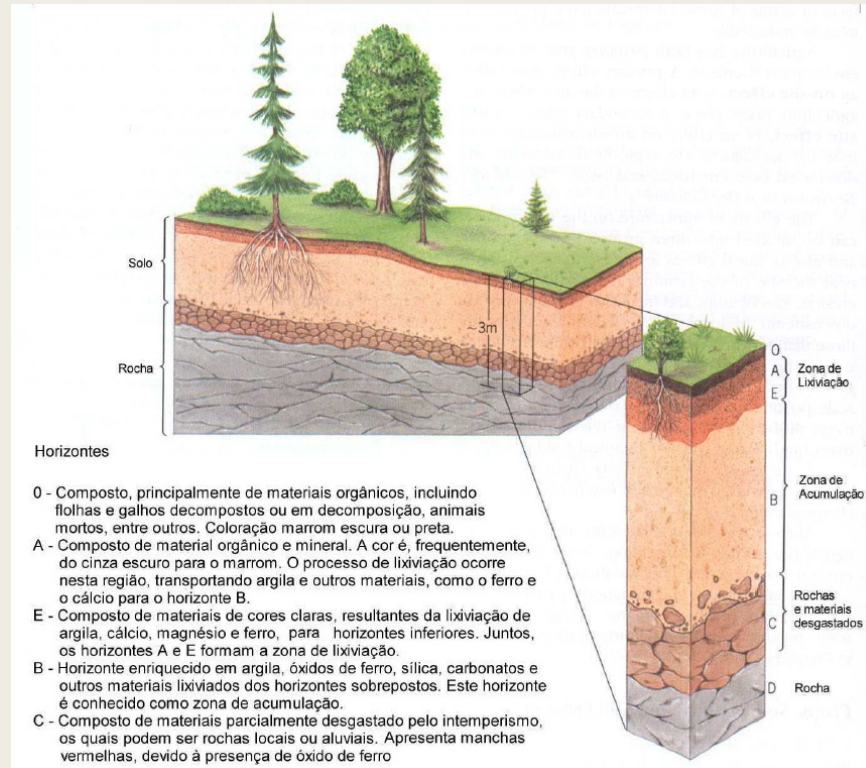




# Constituição dos solos

Os componentes inorgânicos compreendem:

- óxidos e óxidos-hidróxidos de ferro, alumínio e sílica, minerais primários e secundários, carbonatos, sulfatos, fosfatos e sulfetos
- Distribuição percentual média: 43% de materiais inorgânicos, 5% de matéria orgânica e 50% de vazios.



Elemento	Símbolo	Abundância (% em peso)	Elemento	Símbolo	Abundância (% em peso)
Alumínio	Al	8,00	Cobre	Cu	0,0058
Ferro	Fe	5,80	Cobalto	Co	0,0028
Magnésio	Mg	2,77	Chumbo	Pb	0,00010
Potássio	K	1,68	Boro	B	0,00070
Titânio	Ti	0,86	Berílio	Be	0,00020
Hidrogênio	H	0,14	Arsênio	As	0,00020
Fósforo	P	0,101	Estanho	Sn	0,00015
Manganês	Mn	0,100	Molibdênio	Mo	0,00012
Flúor	F	0,0460	Urânio	U	0,00016
Enxofre	S	0,0300	Tungstênio	W	0,00010
Cloro	Cl	0,0190	Prata	Ag	0,000008
Vanádio	V	0,0170	Mercúrio	Hg	0,000002
Cromo	Cr	0,0096	Platina	Pt	0,0000005
Zinco	Zn	0,0082	Ouro	Au	0,0000002
Níquel	Ni	0,0072			



# Formação

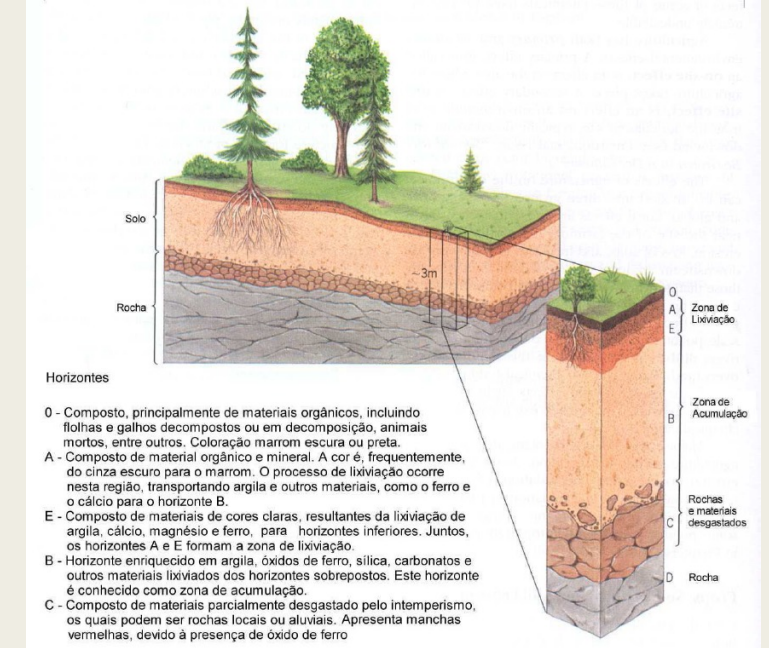
## ■ Resultado da ação de cinco fatores:

- *Clima*
- *Natureza dos organismos*
- *Material de origem*
- *Relevo*
- *Idade*

Estágios de  
sucessão



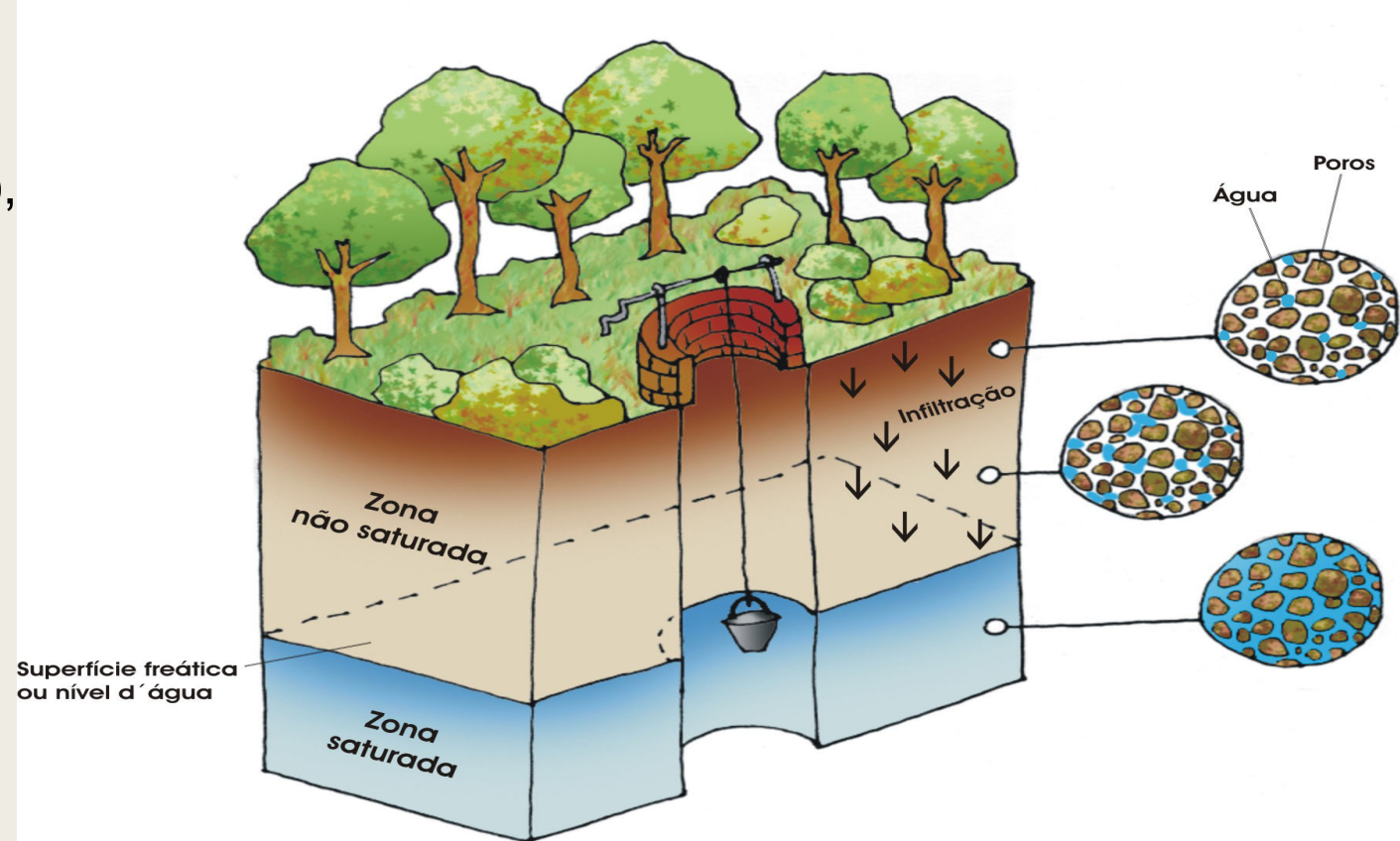
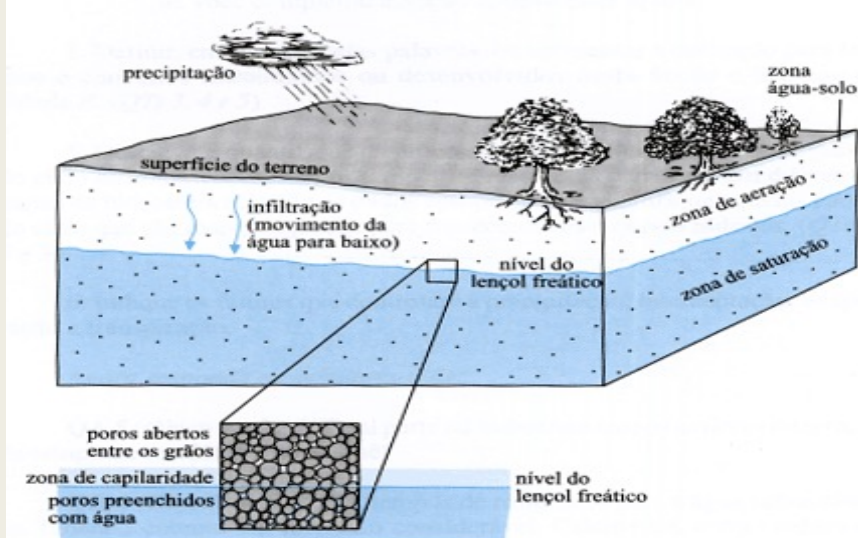
Horizontes do  
solo



# Constituição da água subterrânea

De acordo com Custodio e Llamas (1976), um dos livros clássicos de hidrologia subterrânea, na água subterrânea natural, a maioria das substâncias dissolvidas encontra-se em estado iônico.

- Os íons mais frequentes são: os ânions – clorato ( $\text{Cl}^-$ ), sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), carbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) e bicarbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) e os cátions de sódio ( $\text{Na}^+$ ), cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) e potássio ( $\text{K}^+$ ).
- A partir da composição química da água podem-se destacar dados importantes para o estudo de contaminação desse recurso



Por que é necessário conhecer como se forma o solo e águas subterrâneas e suas principais características?

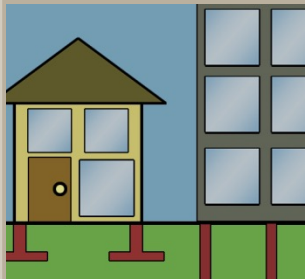
## Funções do solo e água subterrânea: serviços ecossistêmicos

- Filtragem e depuração;
- Produção florestal e agrícola (cadeia alimentar);
- Herança cultural;
- Preservação genética e produção (biodiversidade);
- Infraestrutura (suporte e material para obras de engenharia);
- Fonte de matérias primas (bens minerais para indústria).

Agrônomo



Engenheiro Civil



Engenheiro de Minas

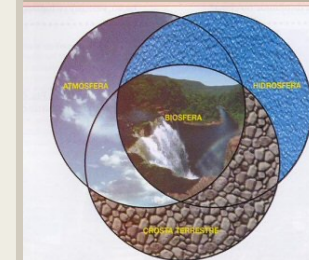


Economista



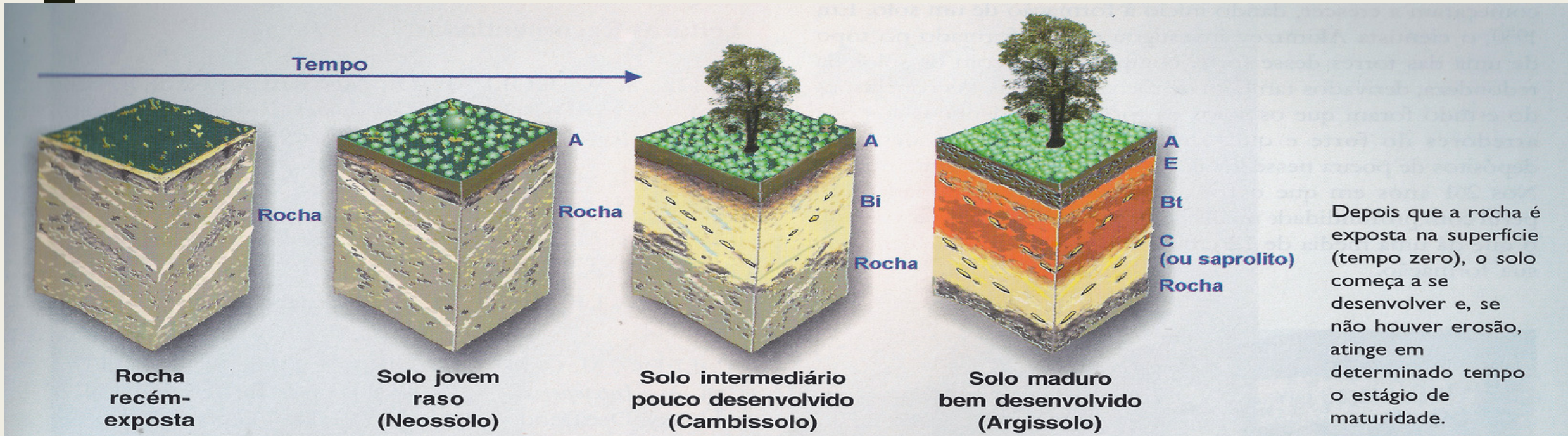
Fator de produção

Ecologista





# Solo: recurso finito!



Fonte: Lepsch, 2002

Ordem de grandeza representativa: 20 a 50 m/milhão de anos

# EROSÃO E POLUIÇÃO DO SOLO





# Erosão

- ▶ Carreamento de partículas do solo por ação do intemperismo ou antrópica
- ▶ Erosão lenta ou geológica: processo natural e milenar



Grand Canyon  
*Erosão hídrica*



Deserto de Neguev  
*Erosão eólica*



- ▶ Erosão acelerada ou antrópica:
  - ▶ Monocultura
  - ▶ Desmatamento
  - ▶ Queimadas
  - ▶ Drenagem inadequada
  - ▶ Falta de infra-estrutura em obras





# Erosão – prevenção e correção

- ▶ Prevenção da erosão acelerada
  - ▶ Plantio em curvas de nível
  - ▶ Rotação de culturas
  - ▶ Preservação da vegetação em encostas
  - ▶ Estruturas de dissipação de energia
  - ▶ Drenagem adequada



- ▶ Medidas corretivas: podem ser economicamente custosas em muitos casos

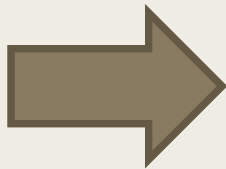




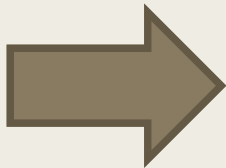
# Poluição do solo rural

▶ Decorrente da necessidade de se aumentar a produção primária para o atendimento da população sempre crescente, através de:

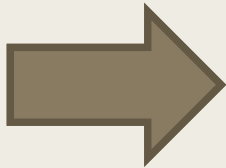
- ▶ **Fertilizantes**
- ▶ Defensivos agrícolas
- ▶ Irrigação: salinização



Nem todos os nutrientes aplicados são assimilados pelos vegetais



Excesso acumula no solo e atinge mananciais



Alguns compostos podem se acumular em tecidos vegetais

## ▶ Fertilizantes

- ▶ Fertilizantes naturais usados historicamente (estrupe) sem danos maiores
- ▶ Fertilizantes artificiais: **acumulação ambiental**



# Poluição do solo rural

## ▶ Defensivos agrícolas

- ▶ Inseticidas, fungicidas, herbicidas etc



- ▶ Não são seletivos
- ▶ Acumulam em organismos
- ▶ Contaminam o solo e a água



Alternativas:

Controle biológico de pragas

Manipulação genética:  
Transgênicos

- ▶ Decorrente da necessidade de se aumentar a produção primária para o atendimento da população sempre crescente, através de:

- ▶ Fertilizantes
- ▶ Defensivos agrícolas
- ▶ Irrigação: salinização



# Poluição do solo rural

## ▶ Salinização

- ▶ Natural: dependente do material e relevo
- ▶ Antrópica: irrigação inadequada

Água com alta salinidade

Irrigação em excesso



Elevação do lençol freático e da franja de capilaridade

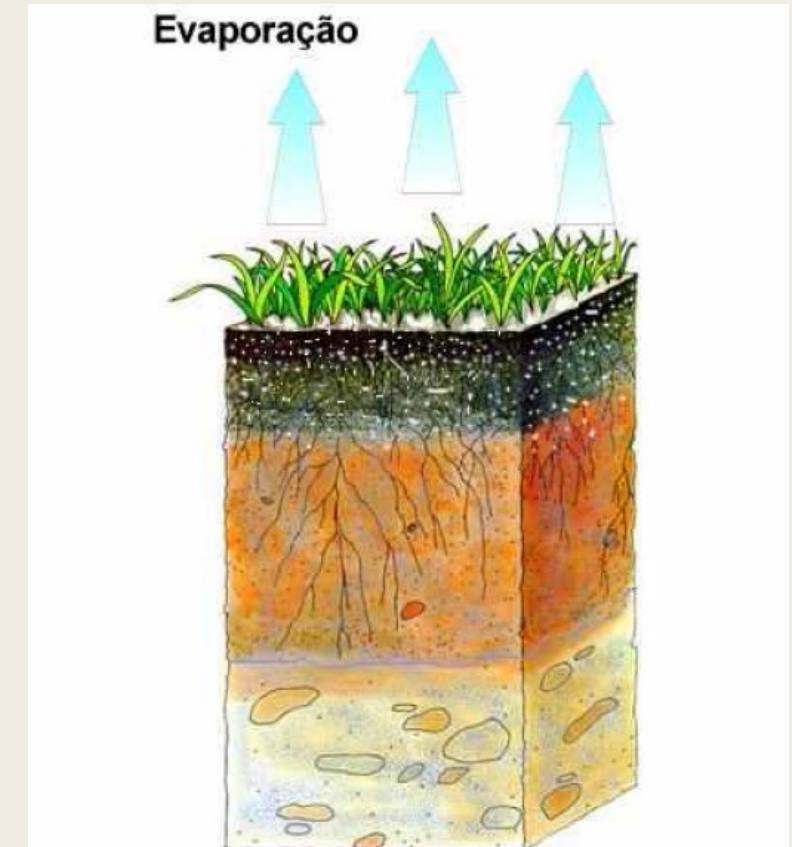
Baixa drenabilidade

## ▶ Prevenção:

- ▶ métodos alternativos de irrigação
- ▶ Sobre-irrigação para lixiviação dos sais

- ▶ Decorrente da necessidade de se aumentar a produção primária para o atendimento da população sempre crescente, através de:

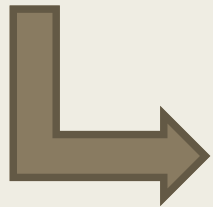
- ▶ Fertilizantes
- ▶ Defensivos agrícolas
- ▶ Irrigação: salinização





# Poluição do solo urbano

- ▶ Residências, comércio, serviços, indústrias
- ▶ Comparação com poluição rural: resíduos em áreas urbanas são confinados em áreas menores com alta densidade populacional



Problemas sociais

- ▶ Poluição do solo urbano: fase sólida, líquida e gasosa



Greve dos garis – Rio de Janeiro – 06/03/2014 - g1.globo.com

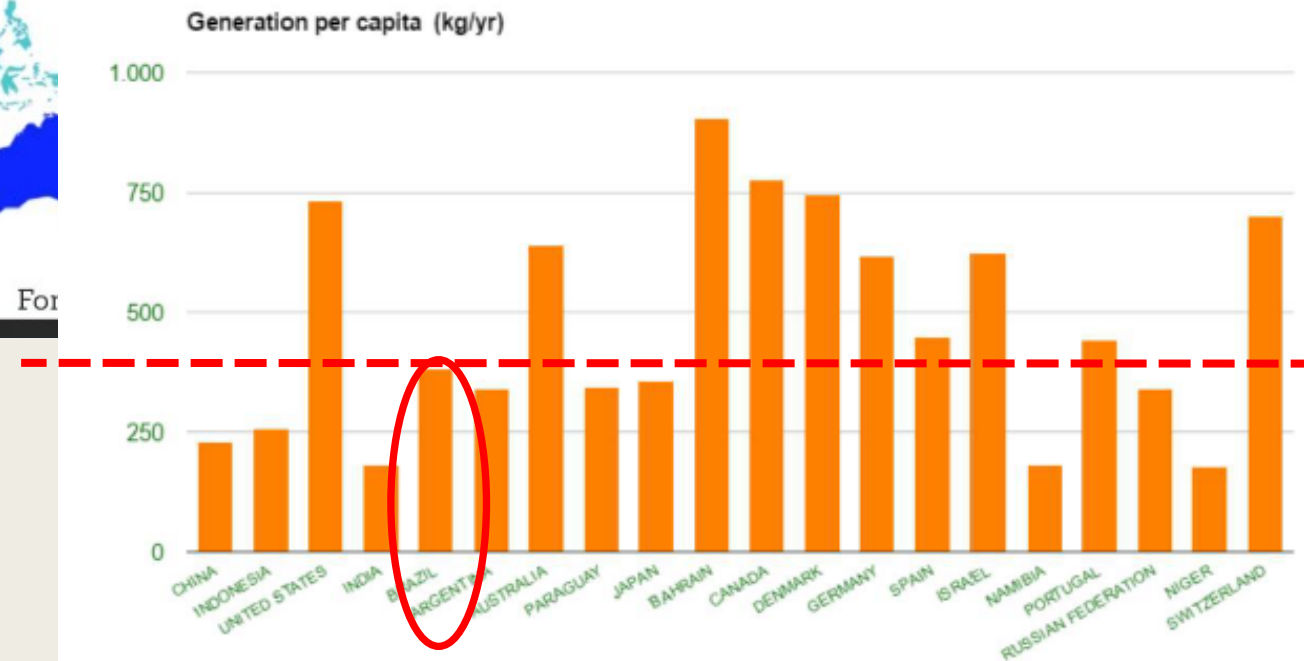
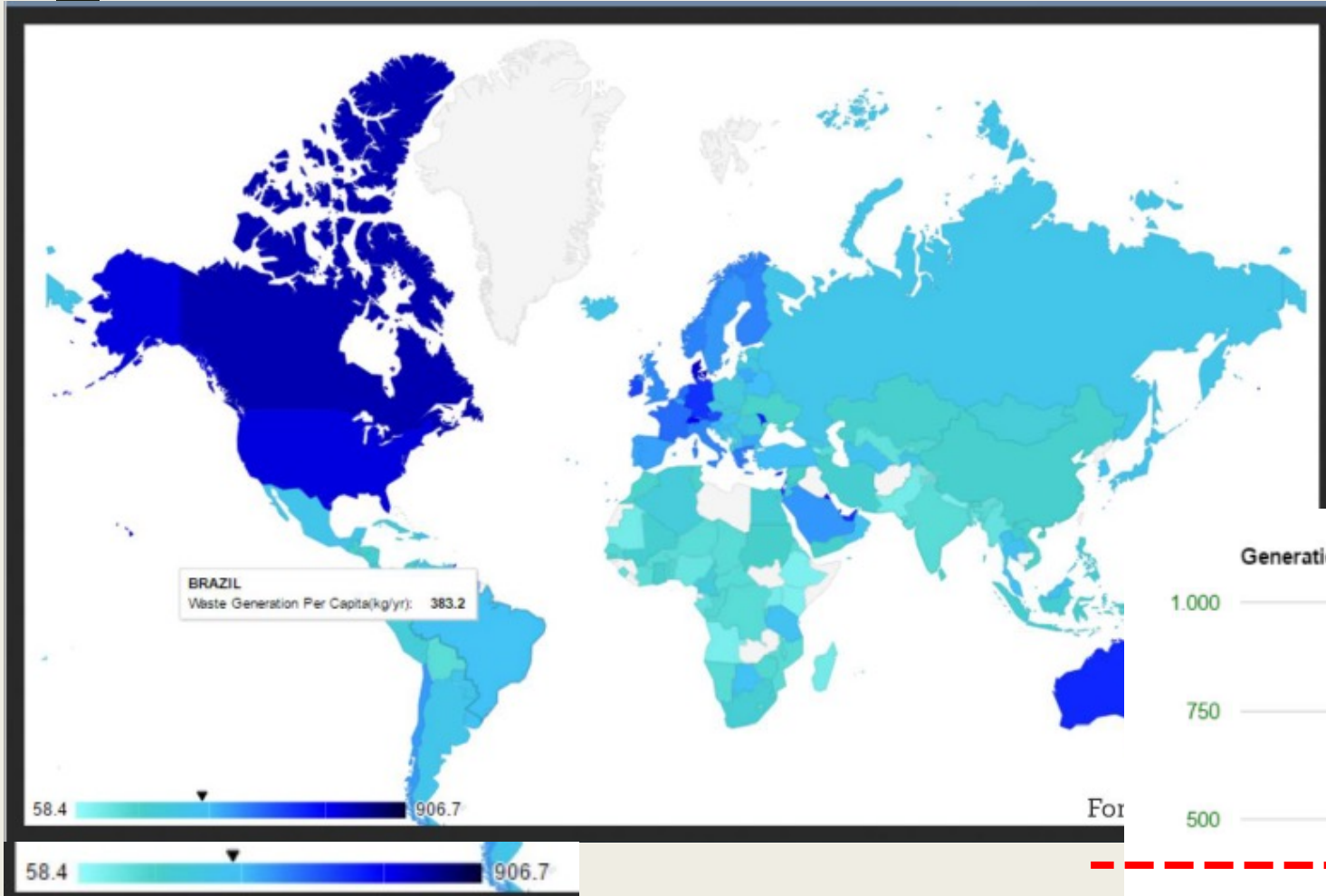




# RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU)



# Geração de Resíduos Sólidos per capita



<https://www.youtube.com/watch?v=YeQT9TzpeV8>



# No Brasil

<https://www.youtube.com/watch?v=JAvRK1d08AE>

# Resíduos Sólidos

Definição – Lei 12.305/2010 – Política Nacional de Resíduos Sólidos

Resíduos sólidos: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, no estado sólido ou semissólido.

O que fazer com os resíduos?



# PNRS

**Lei 12.305 aprovada em 02 de agosto de 2010;  
Regulamentada em 23 de dezembro de 2010 (Decreto 7.404);**

**A responsabilidade com –  
partilhada pelo ciclo de  
vida do produto é um dos  
princípios da PNRS;**

**A PNRS define como gerador de resí-  
duo todo e qualquer gerador (seja ele  
pessoa física ou jurídica). Portanto,  
agora somos todos responsáveis pelo  
lixo que geramos;**

**A coleta seletiva é um dos  
Instrumentos da PNRS p/  
garantir a implementação  
da responsabilidade  
compartilhada;**

**A partir de agosto de 2014:**

- **Não poderão mais existir lixões no Brasil, apenas Aterros Sanitários;**
- **Só poderão ser dispostos nos Aterros Sanitários os rejeitos (que é aquilo que não pode mais ser reciclado);**



# O que fazer? Depende...

## Classificação de Resíduos – ABNT NBR 10.004

1º) É necessário saber se esse resíduos é perigoso

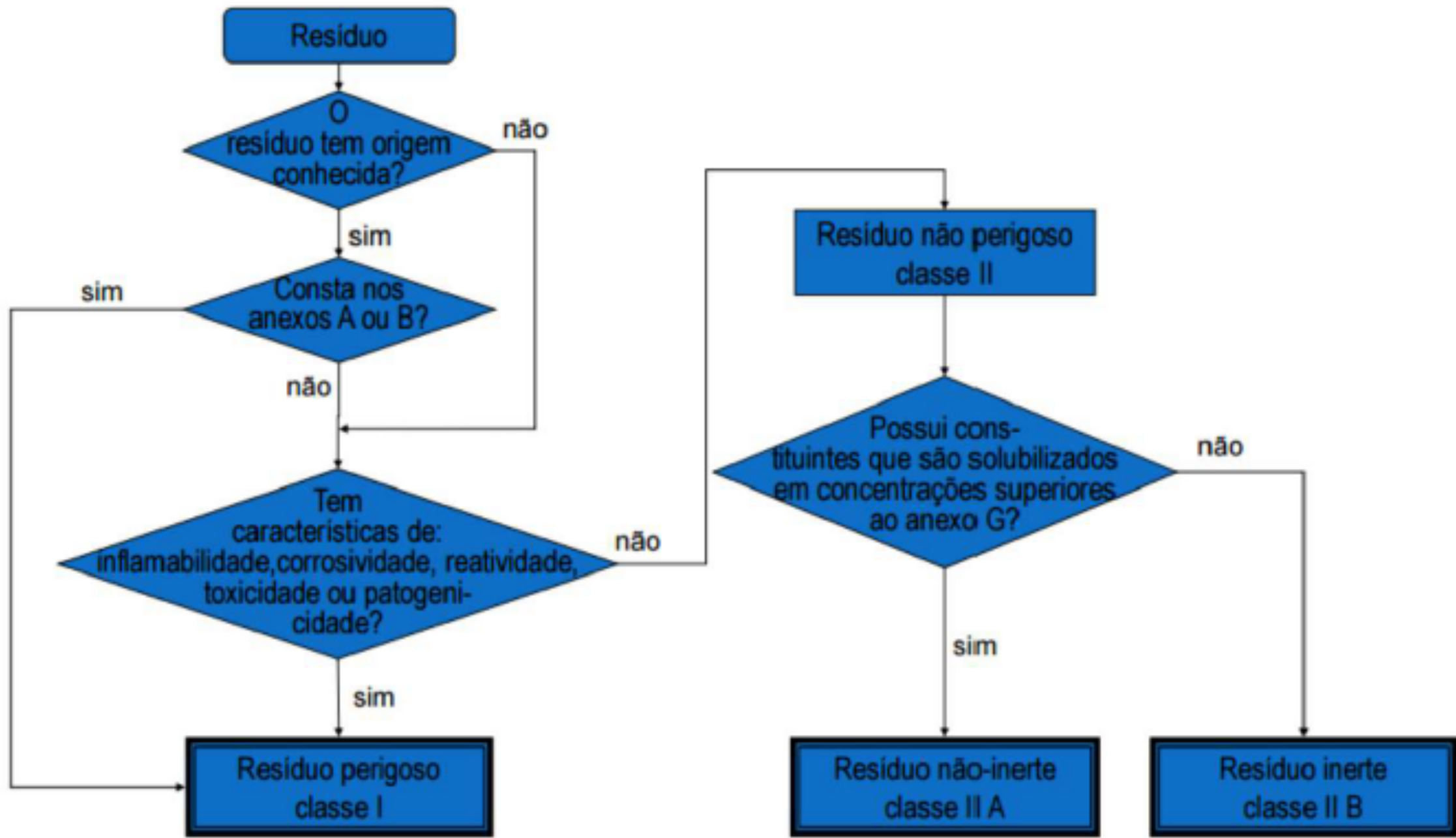
2º) – Se for perigoso, é classificado como “Classe I” e deve ser mandado a um aterro de resíduos perigosos

– Se não for perigoso, é classificado como “Classe II”

Resíduos não perigosos podem, durante sua decomposição, liberar compostos com o tempo e causar contaminação. Dessa forma, é necessário avaliar o comportamento desse resíduo Classe II, antes de destiná-lo

3º) – Se o Resíduo Classe II apresentar perigo de lixiviar metais e outros compostos, ele é **Não Perigoso e Não Inerte (Resíduos II-A)** e deve ser destinado a aterro específico.

4º) – Se o Resíduo Classe II não apresentar perigo após longo prazo de exposição, ele é **Não Perigoso e Inerte** e pode ser destinado a um aterro sanitário.



**Inflamabilidade:** Ponto de fulgor < 60°C, Compostos Oxidantes, Combustíveis.

**Corrosividade:** pH < 2 ou pH > 12,5 . Ácidos, bases, mesmo diluídos em água.

**Reatividade:** Instáveis, liberam vapores tóxicos, reagem violentamente com H<sub>2</sub>O, formam misturas explosivas.

**Toxicidade:** Persistentes, bioacumulativos, Dose Letal 50 oral < 50 mg/kg de massa corpórea; ex metais pesados.

**Patogenicidade:** Transmissão de doenças; ex: resíduos hospitalares

**Mutagenicidade:** Danos ao DNA na sua replicação – transmissível aos descendentes

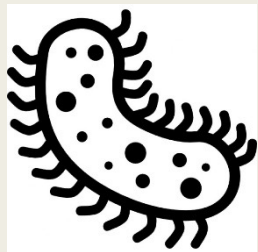
**Teratogenicidade:** Riscos de deformidade ao feto

**Carcinogenicidade:** altera a replicação celular e expressão dos genes.

# Resíduos Perigosos



Inflamabilidade



Patogenicidade



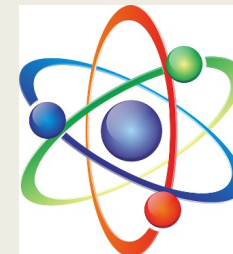
Mutagenicidade



Teratogenicidade



Carcinogenicidade



Reatividade



Corrosividade



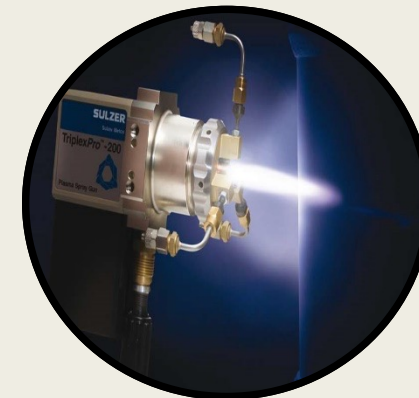
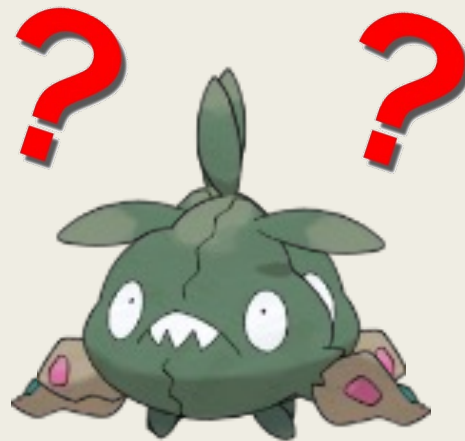
Toxicidade



# Destinação de Resíduos



Aterro



Outras?



Reciclagem

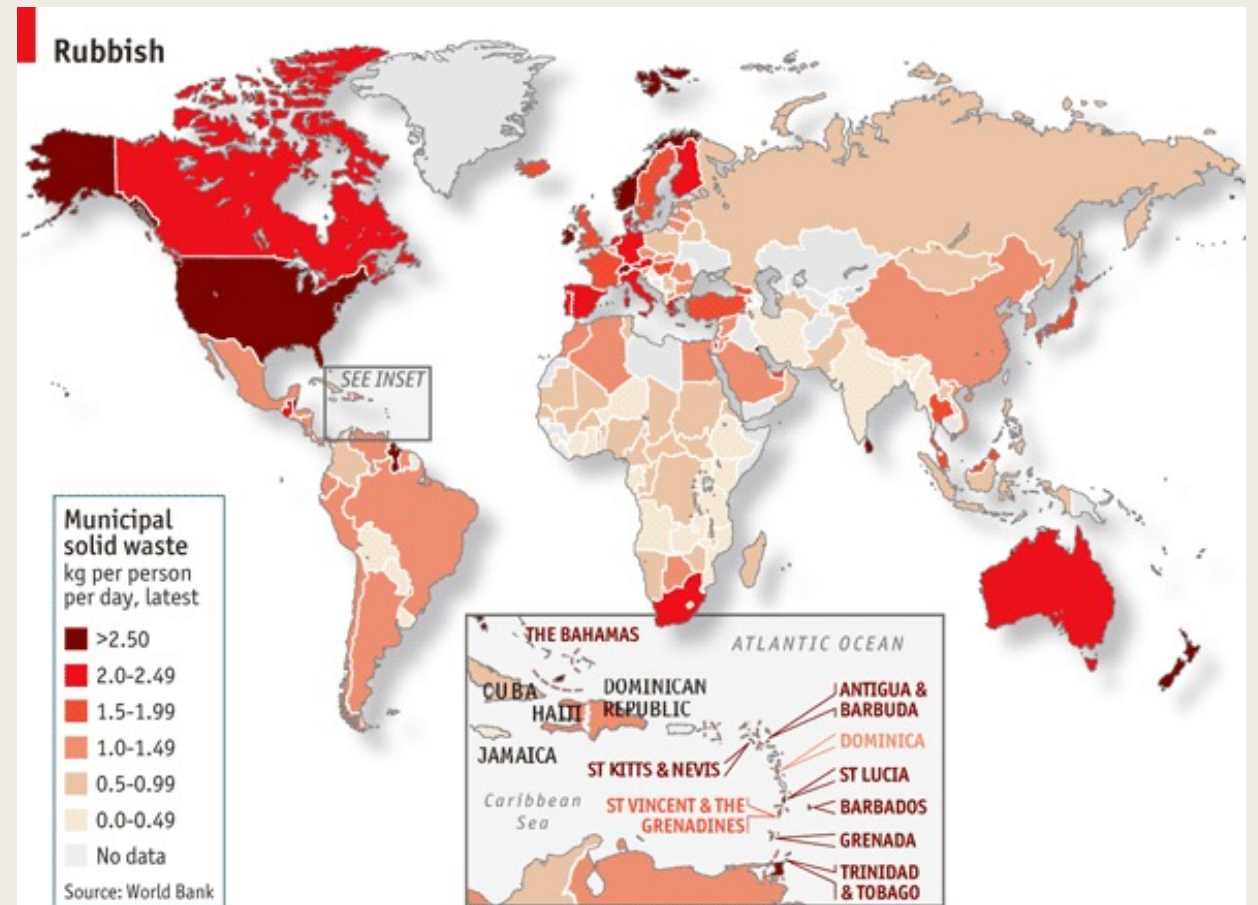
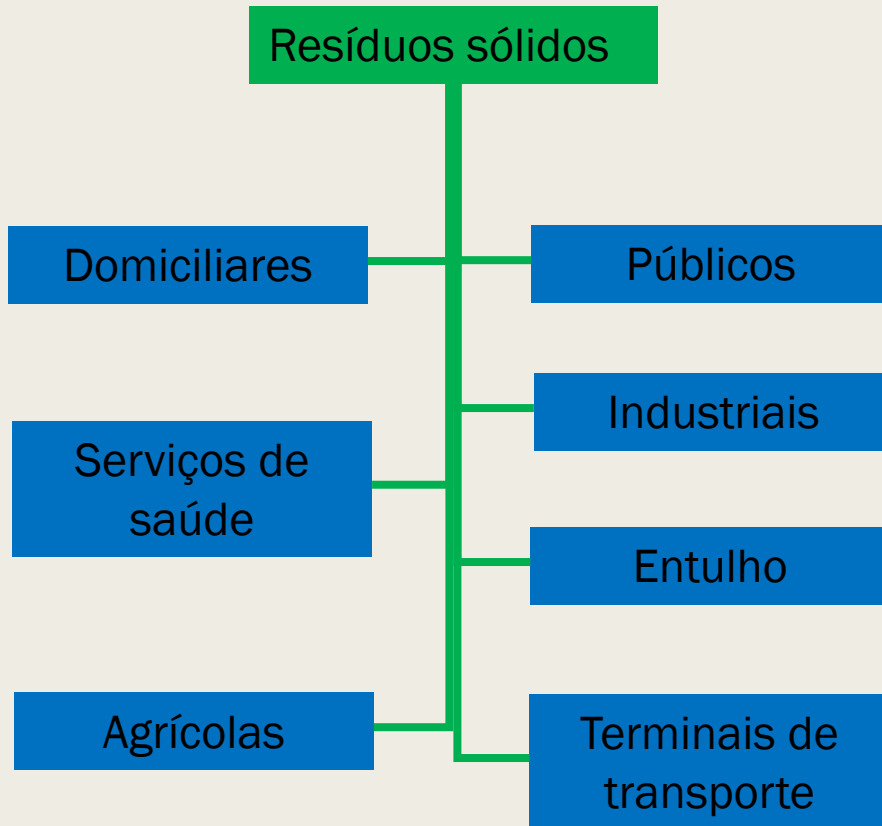


Compostagem



Incineração

# Caracterização de RSU



Fonte: The Economist (2012)

# Caracterização de RSU

TABELA 32

## Estimativa da composição gravimétrica dos resíduos sólidos coletados no Brasil

Materiais	Participação	Quantidade	
		2000	2008
	%	t/dia	t/dia
Material reciclável	31,9	47.558,5	58.527,4
Metais	2,9	4.301,5	5.293,5
Papel, papelão e tetrapak	13,1	19.499,9	23.997,4
Plástico	13,5	20.191,1	24.847,9
Vidro	2,4	3.566,1	4.388,6
<b>Matéria orgânica</b>	<b>51,4</b>	76.634,5	94.309,5
Outros	16,7	24.880,5	30.618,9
<b>Total coletado</b>	<b>100,0</b>	<b>149.094,3</b>	<b>183.481,5</b>

Fonte: IPEA (2012)

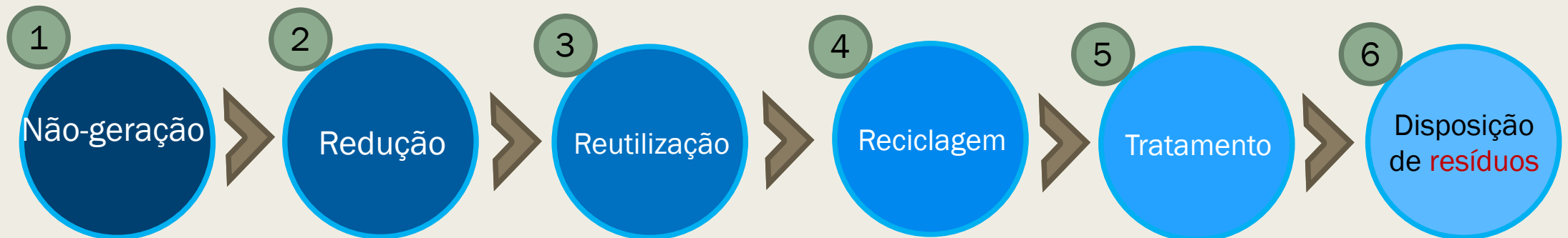
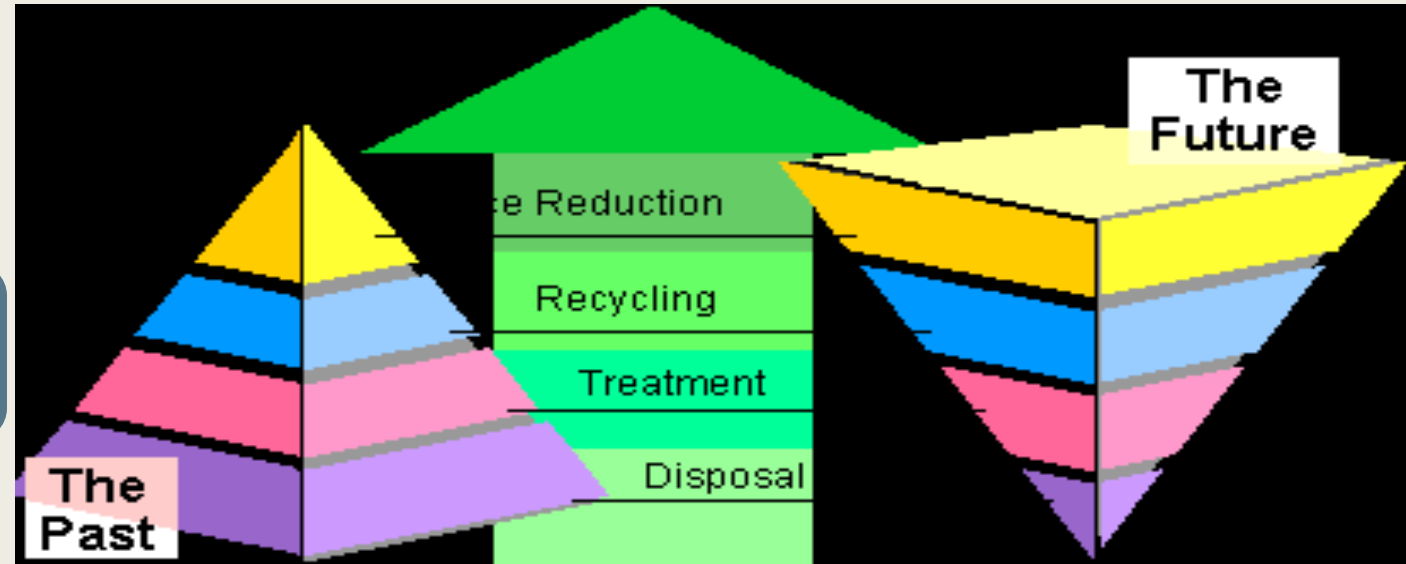
O que podemos fazer com para reduzir essa quantidade de resíduos provenientes de matéria orgânica?



# Política Nacional de Resíduos Sólidos

▶ Lei Nº 12305/2010

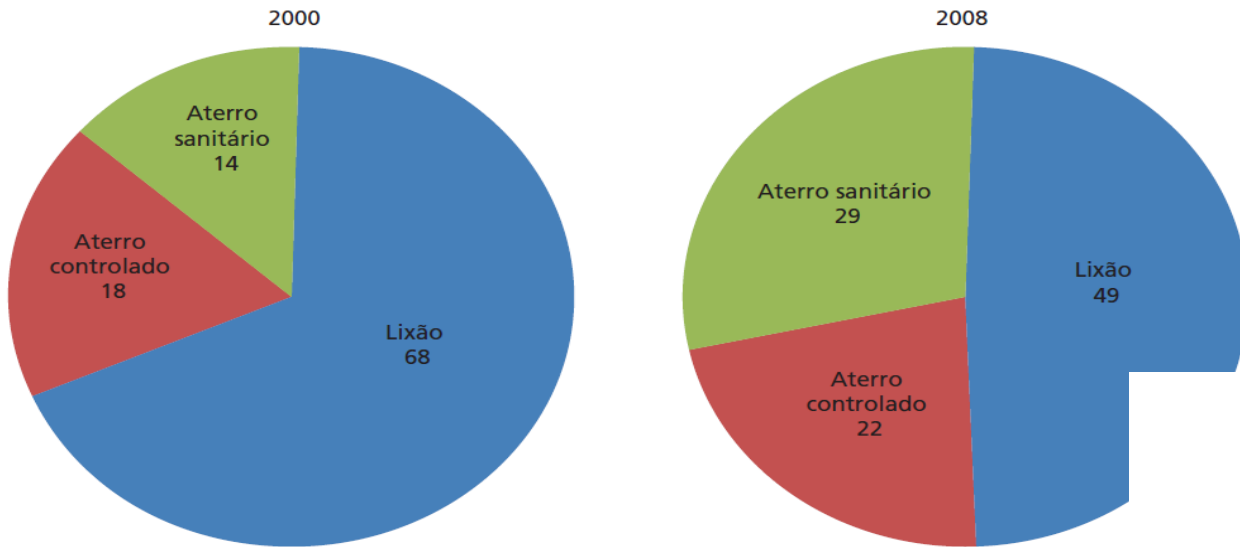
Hierarquia na gestão de resíduos



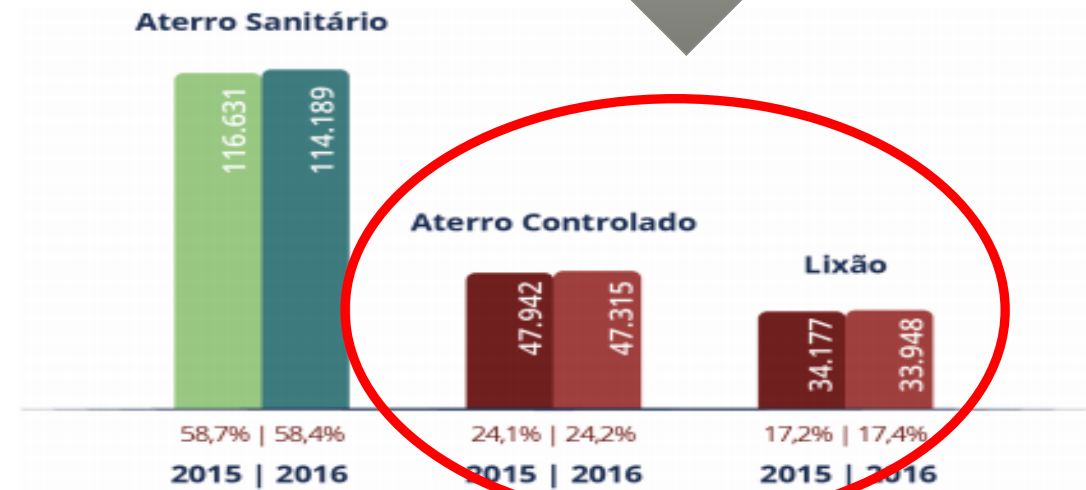
# Política Nacional de Resíduos Sólidos

▶ Lei Nº 12305/2010

→ Fim de lixões e aterros controlados até 2014

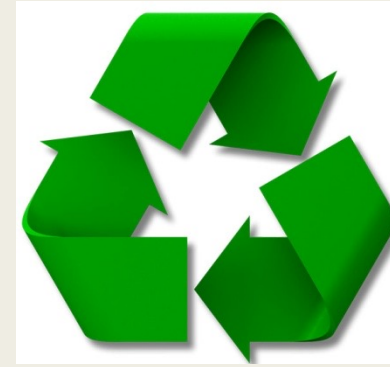


→ Metas para reciclagem



# Reciclagem

- ▶ Separação de materiais que podem ser reaproveitados, recuperados ou reprocessados
- ▶ Separação pode ser feita no ponto de geração ou em estações de triagem
- ▶ Reduz a quantidade de material a ser disposto
- ▶ Requer mercado para absorver o material
- ▶ Requer participação popular e separação adequada do material





# Resíduos da construção civil

- ▶ Resíduos de construção e demolição (RCD)
  - ▶ Geração depende do gerenciamento e eficiência das obras civis
  - ▶ 41 a 70% da massa dos RSU em cidades de médio e grande porte (John e Agopyan, 2001)
  - ▶ 510 kg/hab.ano no Brasil (John e Agopyan, 2001)
  - ▶ Podem ser reciclados, com uso atualmente preponderante na produção de pavimentação



## Leitura complementar:

“Reciclagem de resíduos da construção”  
(John e Agopyan, 2001)

Disponível em:

[http://www.globalconstroi.com/images/stories/Manuais\\_tecnicos/2010/reciclagem\\_residuos/CETESB.pdf](http://www.globalconstroi.com/images/stories/Manuais_tecnicos/2010/reciclagem_residuos/CETESB.pdf)

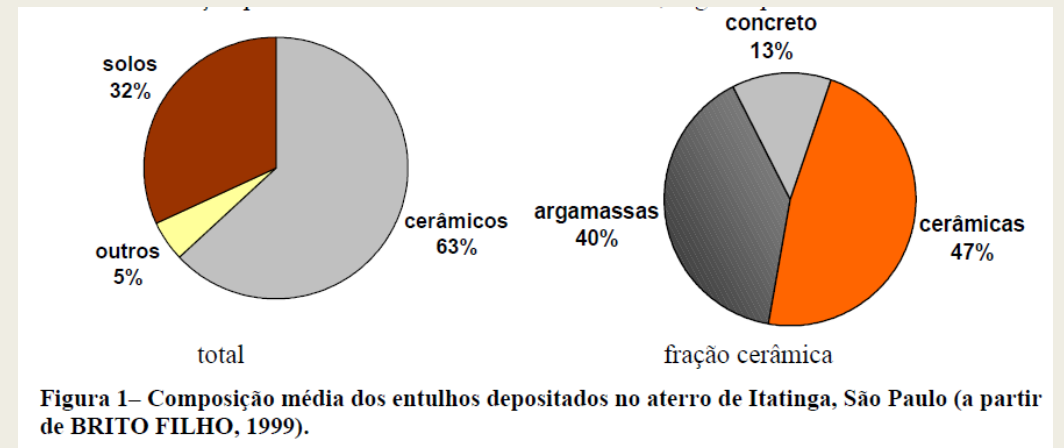


Figura 1– Composição média dos entulhos depositados no aterro de Itatinga, São Paulo (a partir de BRITO FILHO, 1999).

# Tratamento de RSU

## ▶ Compostagem

- ▶ Decomposição aeróbia de resíduos orgânicos
- ▶ Aeração: revolvimento ou mecanizada
- ▶ Duas fases:
  - ▶ Termófila: Reações exotérmicas de decomposição aquecem a mistura até 70 °C – 2 a 4 semanas
  - ▶ Mesófila: Temperatura volta à faixa dos 30 °C – 2 a 4 meses
- ▶ Resíduo final: **composto**

➔ Agricultura

## ▶ Adição de minhocas: vermicompostagem

➔ Melhor qualidade do composto



Disponível em:  
[redegestaosustentavel.blogspot.com](http://redegestaosustentavel.blogspot.com)



Disponível em: [abicomweb.org.br](http://abicomweb.org.br)

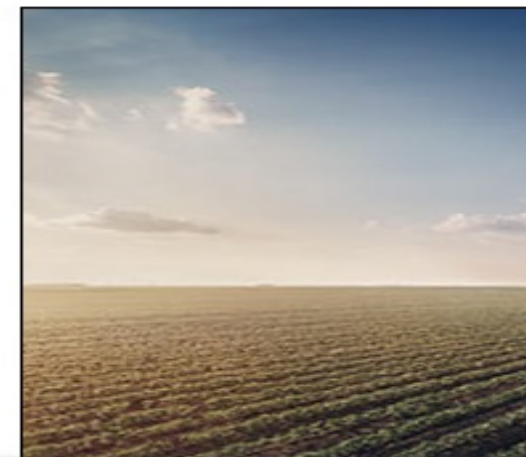


# Teto de shopping em São Paulo vira horta orgânica de 5 mil m<sup>2</sup>

Ao lado da Marginal Pinheiros, espaço utiliza adubo gerado a partir de resíduos orgânicos da praça de alimentação

POR KARINA CAMPOS, CASSIANO RIBEIRO E FELIPE ABREU

[f Compartilhar](#) [p](#) [in](#) [G+](#) [Twitter](#) [Assine já!](#)

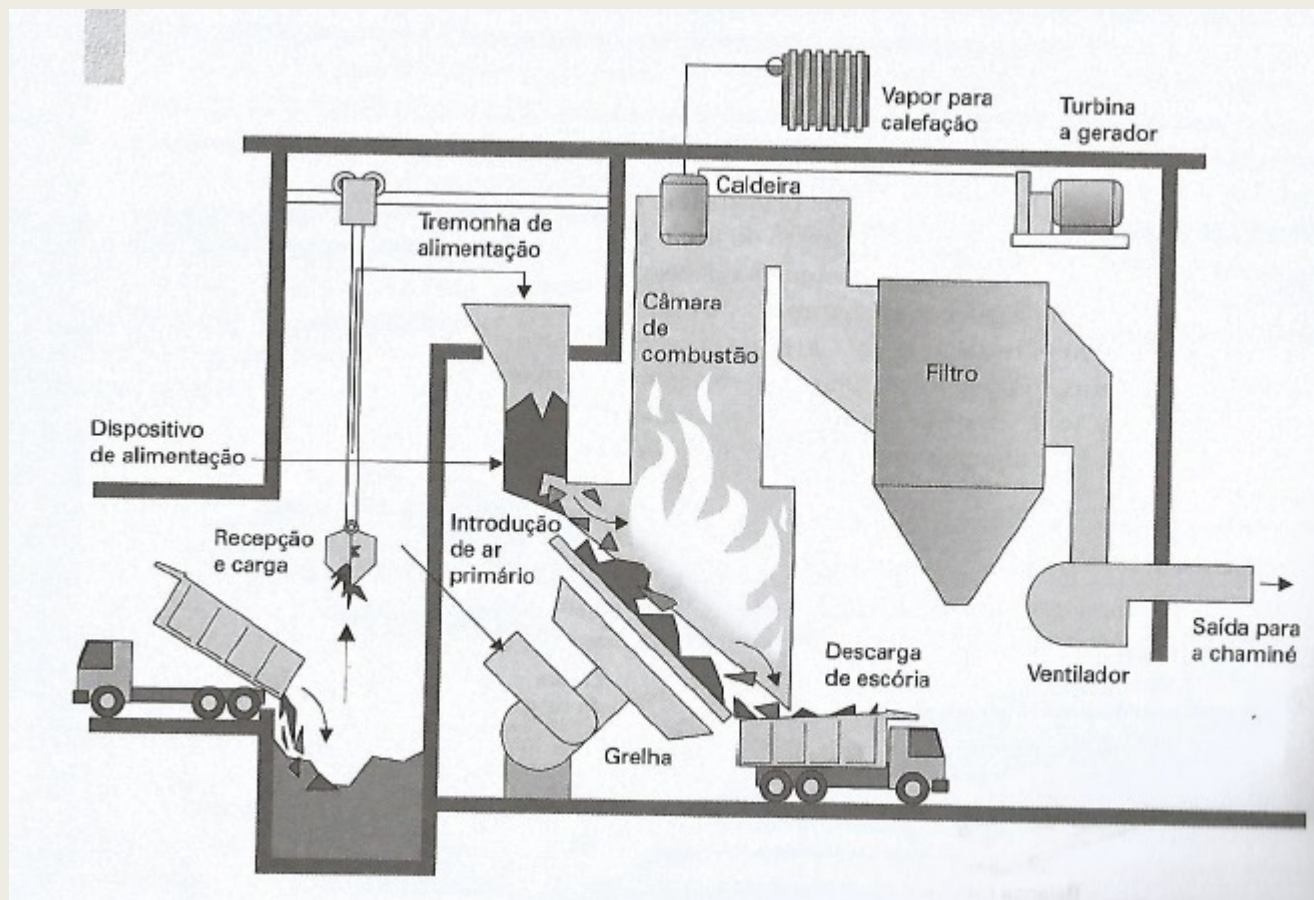




# Tratamento de RSU

## ▶ Incineração

- ▶ Redução do volume de resíduos através da combustão em incineradores
- ▶ Cinzas produzidas são apenas uma fração do volume inicial
- ▶ Necessitam controle dos gases produzidos
- ▶ Furanos e dioxinas, altamente tóxicos, podem ser produzidos por plásticos contendo cloro, como o PVC
- ▶ Dependem do poder calorífico do resíduo



Fonte: Cetesb (1990)

# Disposição final

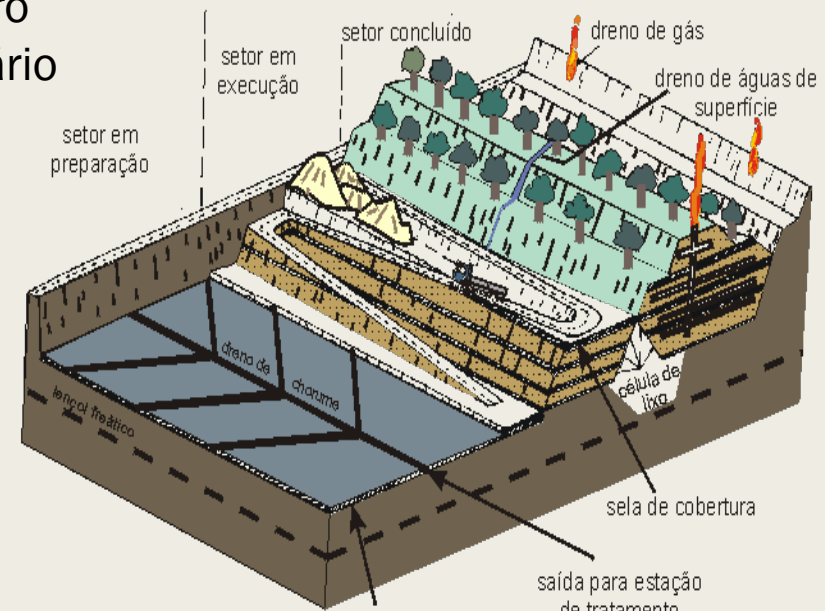


Comum

Controlado



Aterro sanitário

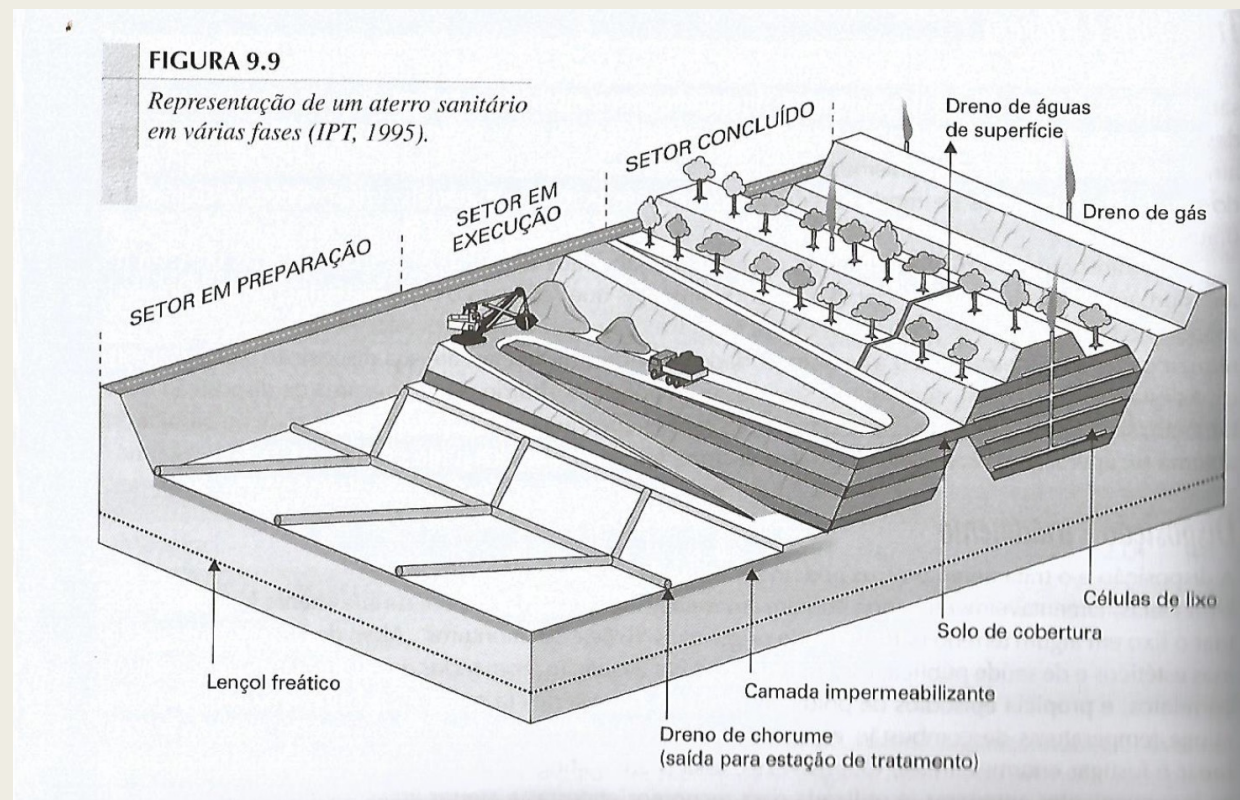




# Tratamento e disposição de RSU

## ▶ Aterros sanitários

- ▶ Disposição adequada seguindo critérios de engenharia e normas específicas
- ▶ Resíduos sólidos dispostos em camadas progressivamente compactadas
- ▶ As camadas de solo impedem a proliferação de vetores
- ▶ Impermeabilização da base para contenção do lixiviado (chorume)
- ▶ Drenos de gás
- ▶ Após fim da vida útil, podem ser transformados em áreas verdes



→ Aterro não é uma solução definitiva para a problemática dos resíduos sólidos!

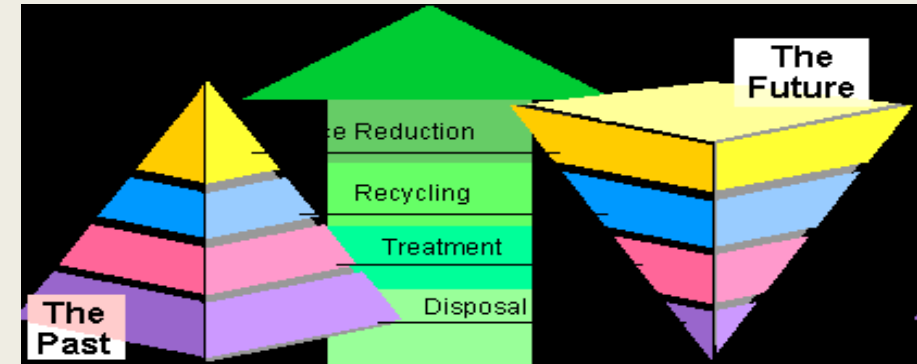
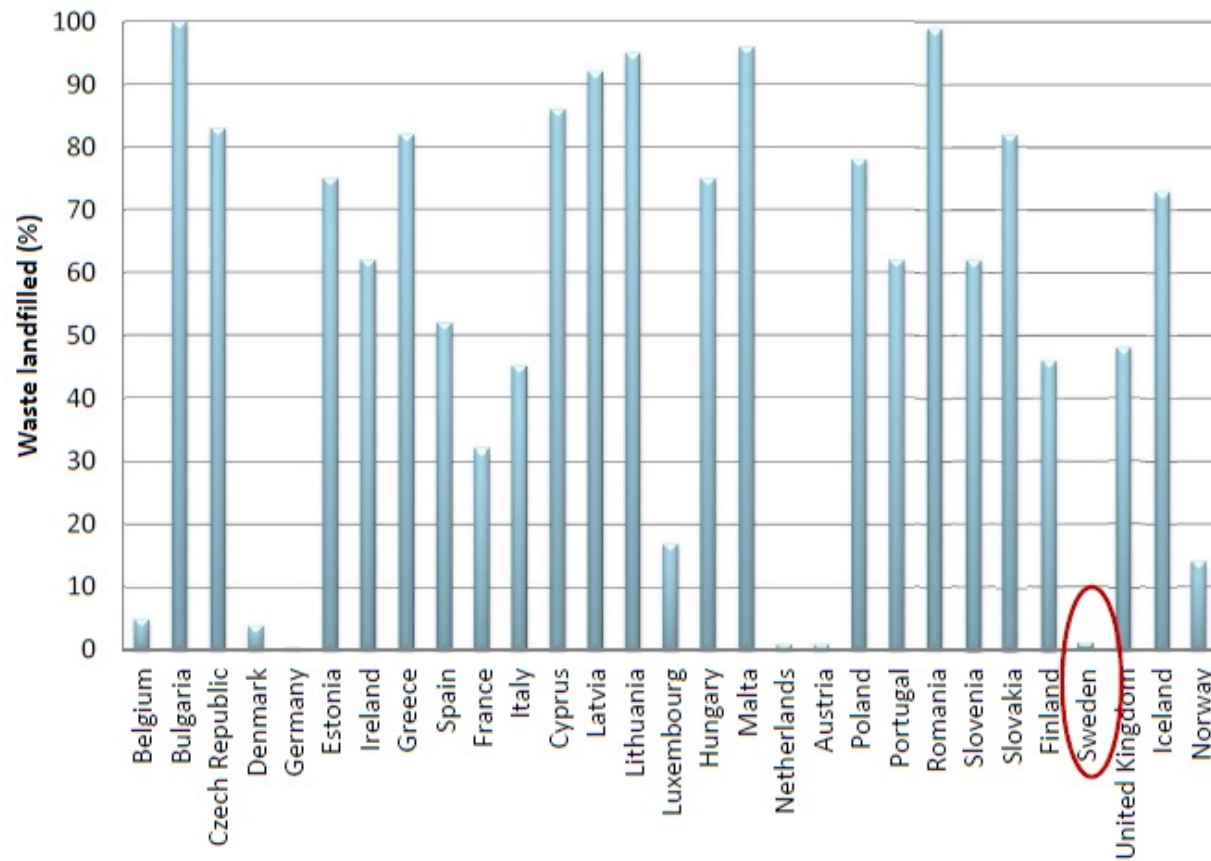
→ É necessário reduzir, reutilizar, reciclar e tratar sempre que possível

→ Maior vida útil do aterro

# Tratamento e disposição de RSU

## ▶ Aterros sanitários

### Municipal waste treatment in EU (2009)





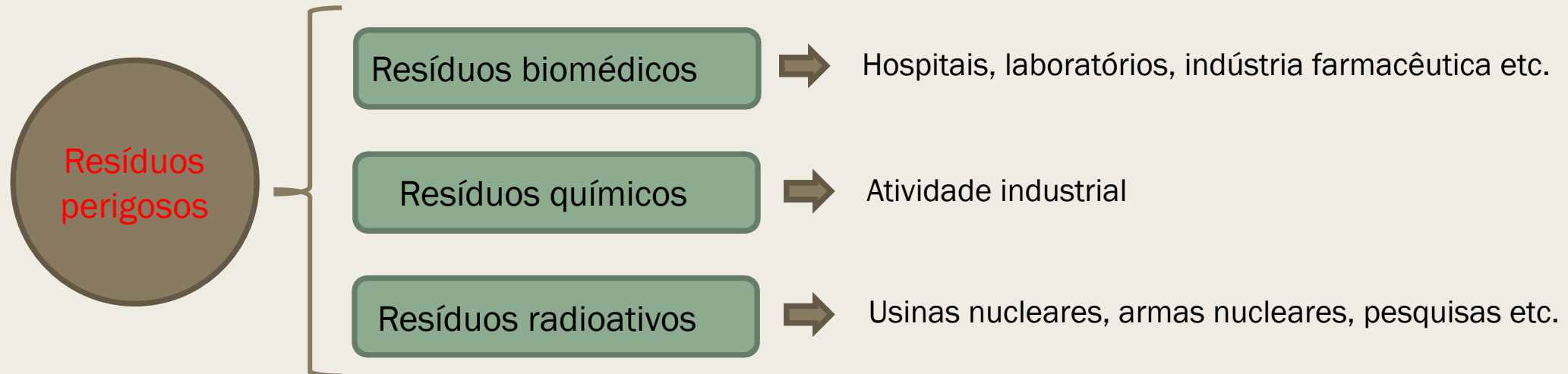
# Resíduos perigosos

▶ NBR 10.004:

- ▶ Resíduos Classe I: Perigosos
- ▶ Resíduos Classe II: Não perigosos

II A: Não inertes

II B: Inertes



# Resíduos perigosos

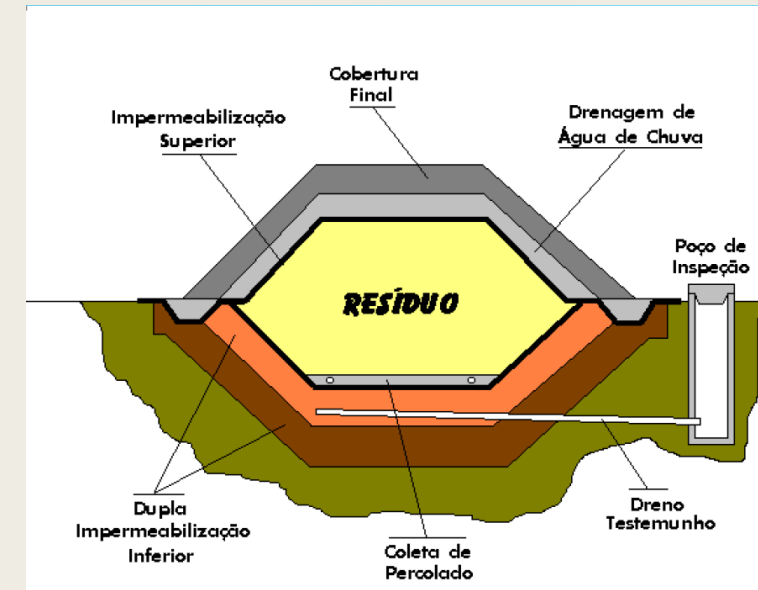
## ▶ Gestão de resíduos perigosos:

### ▶ Minimizar a geração:

- ▶ Substituição de materiais tóxicos na linha de produção
- ▶ Uso de substâncias com maior grau de pureza para minimizar a formação de subprodutos
- ▶ Reutilização e reciclagem de resíduos

### ▶ Formas de disposição:

- ▶ Aterros de armazenamento
- ▶ Armazenamento em formações geológicas subterrâneas



# Bibliografia

- ▶ Livro-texto da disciplina: Introdução à Engenharia Ambiental
  - ▶ Capítulo 9: O meio terrestre, p. 125 a 167
- ▶ Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) – Lei Nº 12305/2010
  - ▶ [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)
- ▶ Texto complementar:
  - ▶ John, V.; Agopyan, V. (2001). Reciclagem de resíduos da construção. Anais do Seminário de Reciclagem de Resíduos Sólidos Domiciliares, CETESB  
[http://www.globalconstroi.com/images/stories/Manuais\\_tecnicos/2010/reciclagem\\_residuos/CETESB.pdf](http://www.globalconstroi.com/images/stories/Manuais_tecnicos/2010/reciclagem_residuos/CETESB.pdf)

- <https://www.youtube.com/watch?v=TPaRa8eruvc>
- <https://www.youtube.com/watch?v=2mYSbk0XI5g>



# Da aula passada: poluição das águas por cargas difusas – relações diretas com poluição do solo....

