

PHA 3203

Engenharia Civil e Meio Ambiente

AULA 6

SOLO E RESÍDUOS SÓLIDOS



Tópicos

- ▶ Solo e água subterrânea
- ▶ Erosão
- ▶ Poluição do solo rural
- ▶ Poluição do solo urbano
- ▶ Resíduos sólidos urbanos
- ▶ Tratamento e disposição de RSU
- ▶ Classificação de Resíduos
- ▶ 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:

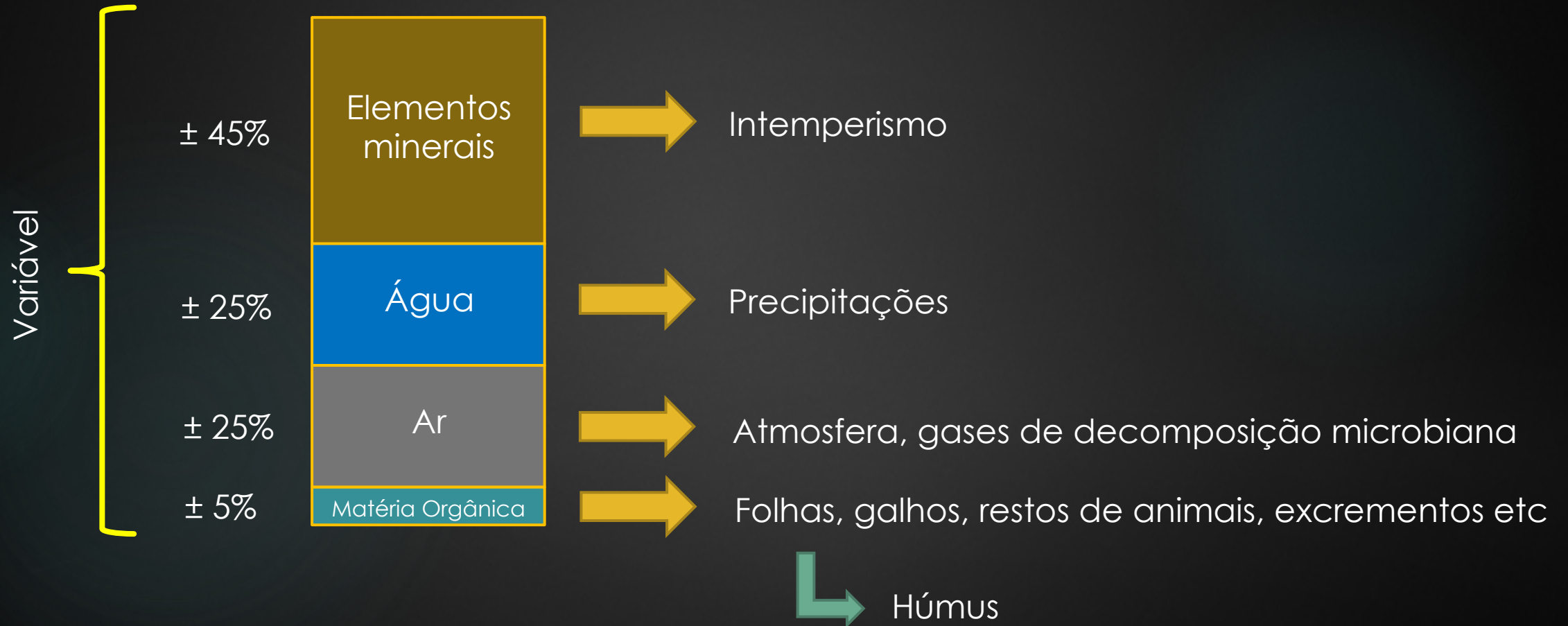


Conceito de solo

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



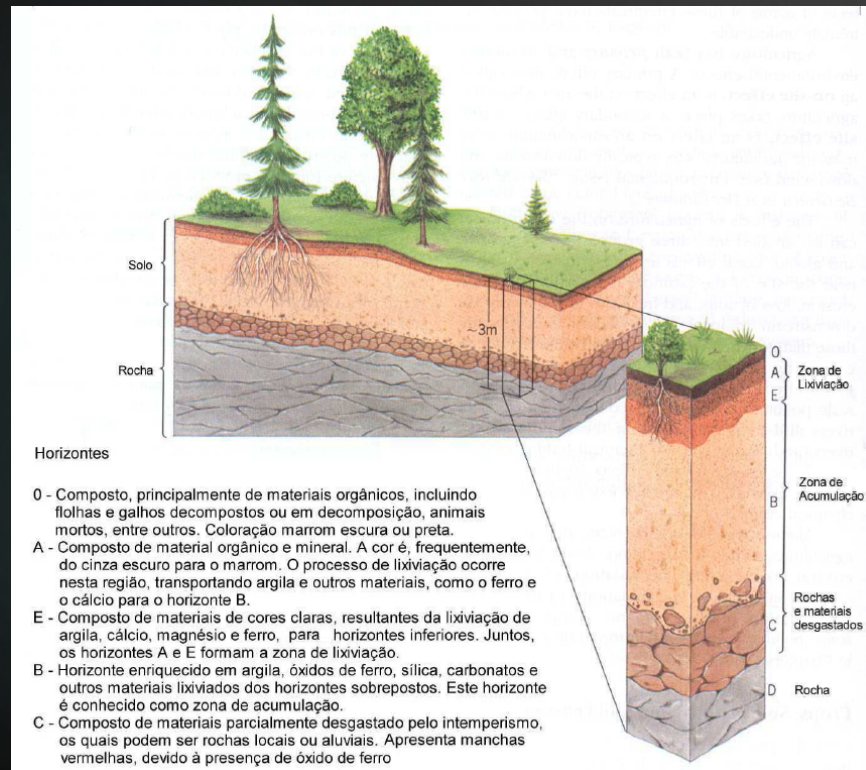
Composição do solo



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.



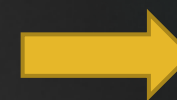
| Elemento | Símbolo | Abundância (% em peso) | Elemento | Símbolo | Abundância (% em peso) |
|------------|---------|------------------------|------------|---------|------------------------|
| Alumínio | Al | 8,00 | Cobre | Cu | 0,0058 |
| Ferro | Fe | 5,80 | Cobalto | Co | 0,0028 |
| Magnésio | Mg | 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

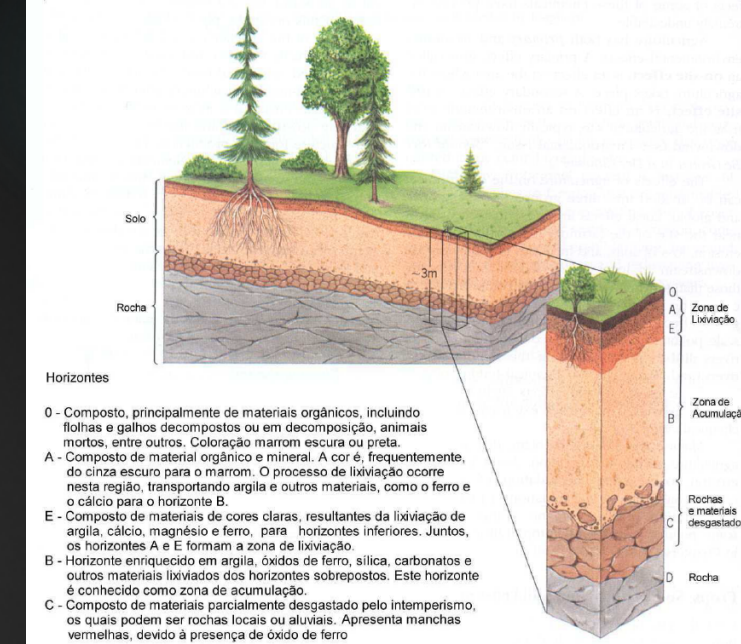
▶ Resultado da ação de cinco fatores:

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

Estágios de
sucessão



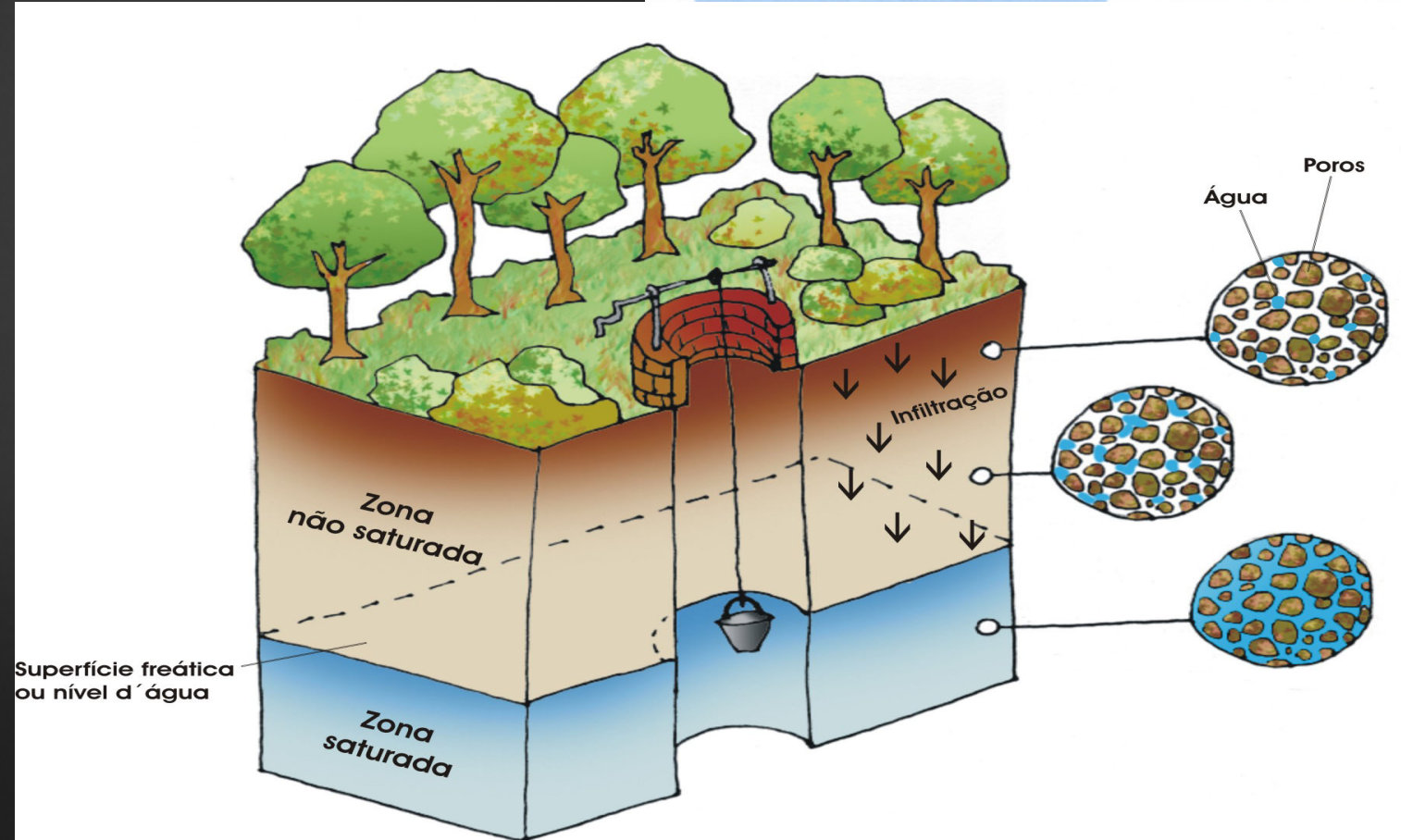
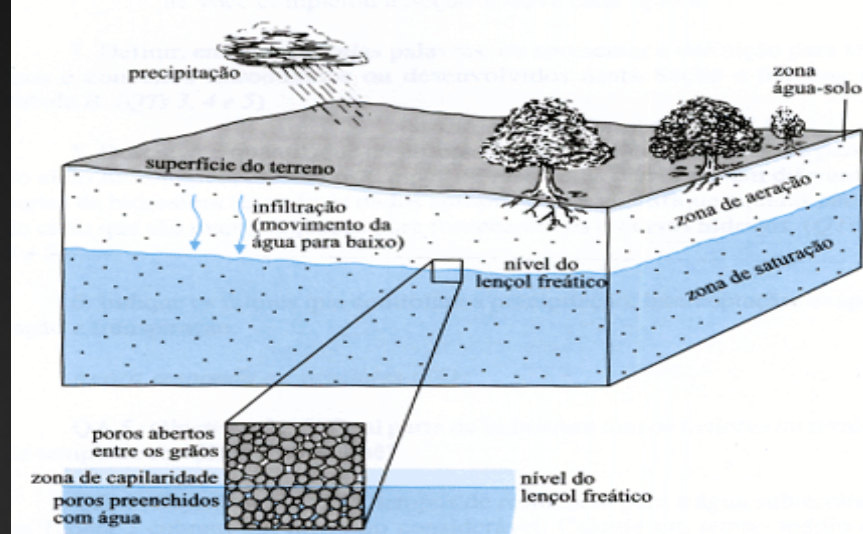
Horizontes
do solo



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 (Cl^-), sulfato (SO_4^{2-}), carbonato (HCO_3^-) e bicarbonato (CO_3^{2-}) e os cátions de sódio (Na^+), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}) e potássio (K^+).
- A partir da composição química da água podem-se destacar dados importantes para o estudo de contaminação desse recurso

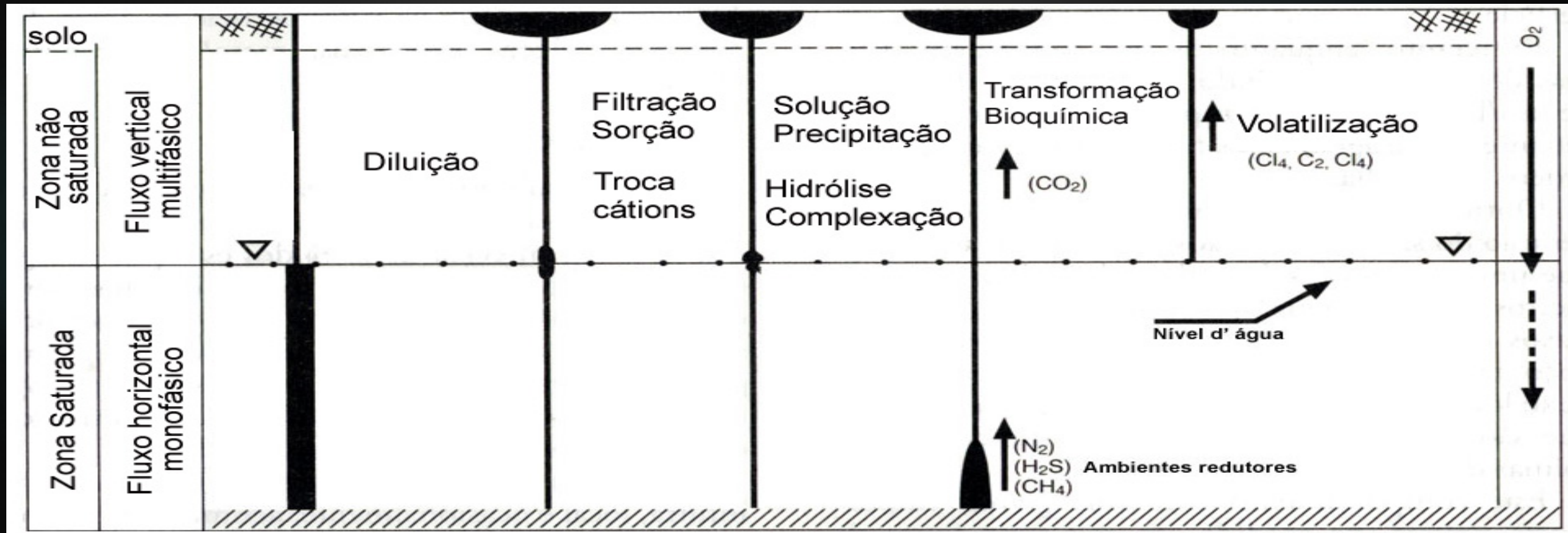



Atenuação natural:

redução da massa ou concentração de contaminantes na água subterrânea em função do tempo e distância da fonte de contaminação devido a processos naturais como biodegradação, dispersão, diluição, adsorção e volatilização.

11

Atenuação natural: processos físico, químicos e biológicos que ocorrem no subsolo





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

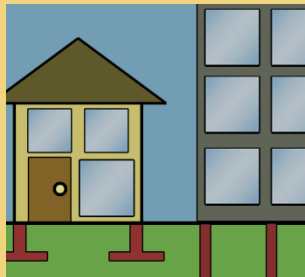
Funções do solo e água subterrânea: serviços ecossistêmicos

- 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

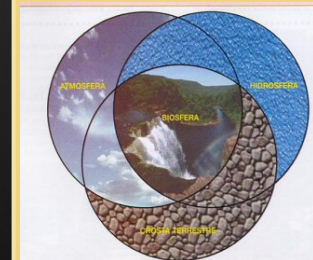


Economista

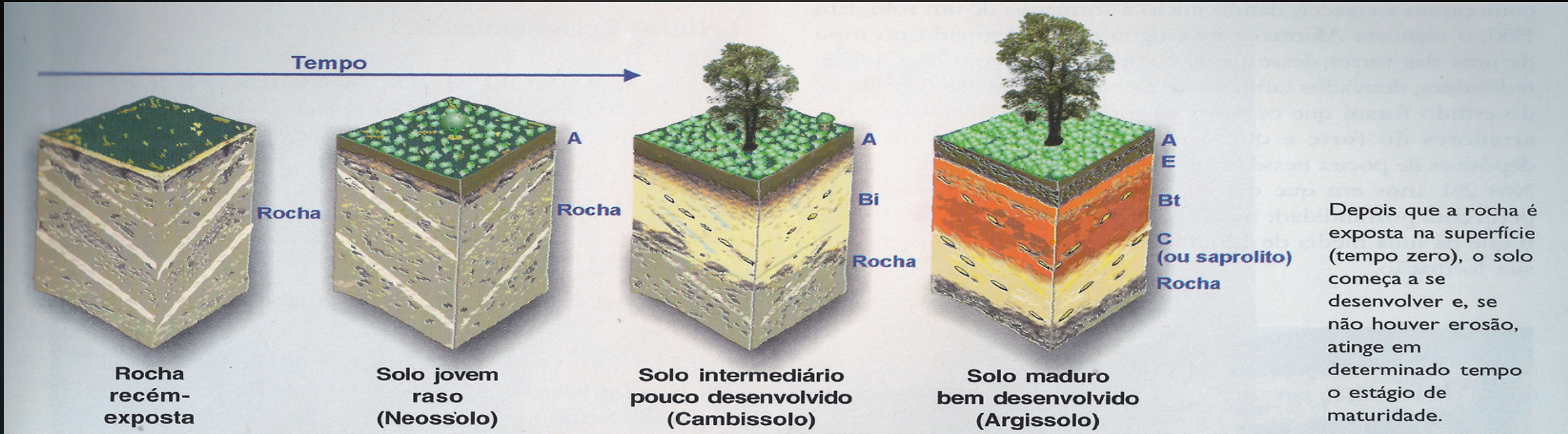


Fator de produção

Ecologista



Solo: recurso finito!



Depois que a rocha é exposta na superfície (tempo zero), o solo começa a se desenvolver e, se não houver erosão, atinge em determinado tempo o estágio de maturidade.

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

Baixa drenabilidade



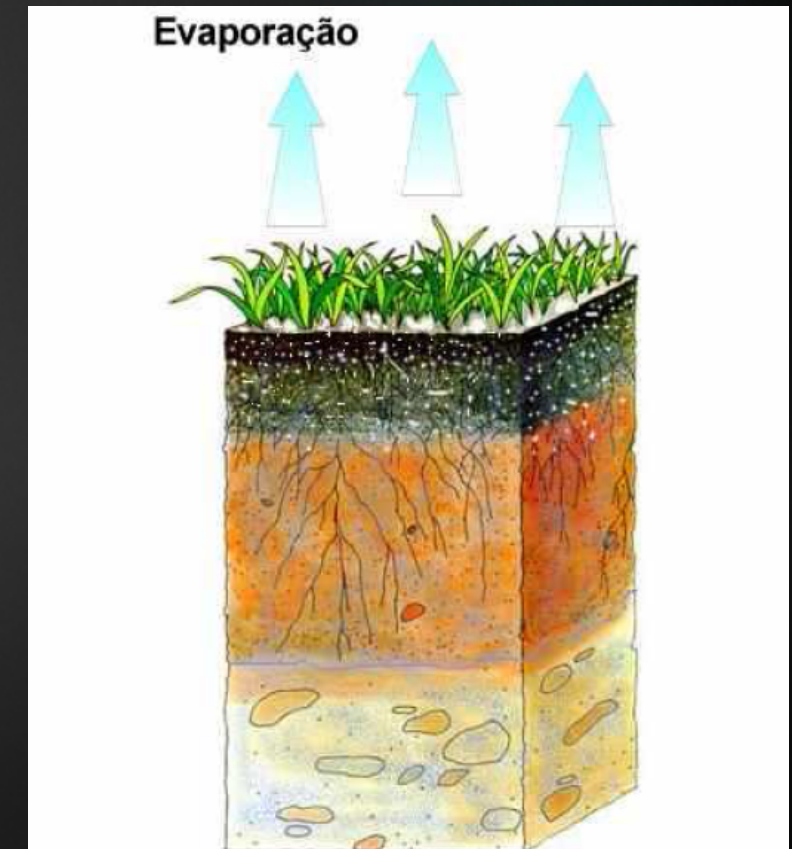
Elevação do lençol freático e da franja de capilaridade

▶ 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

LIXO



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



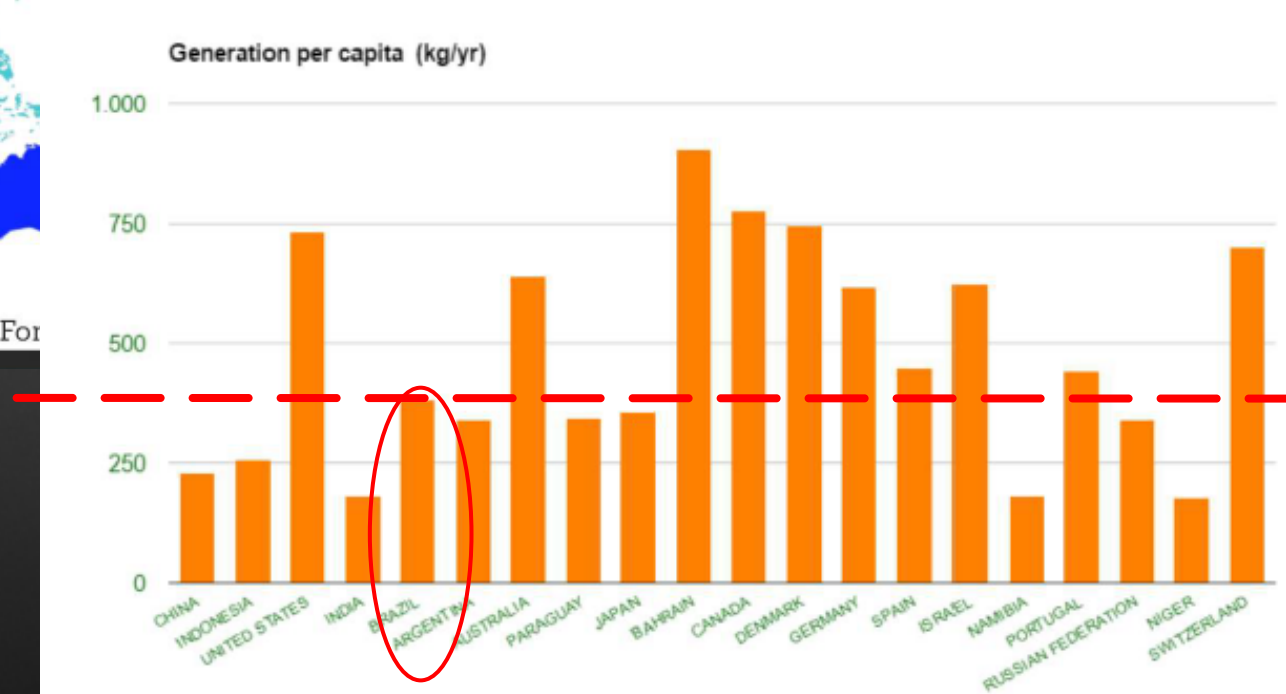
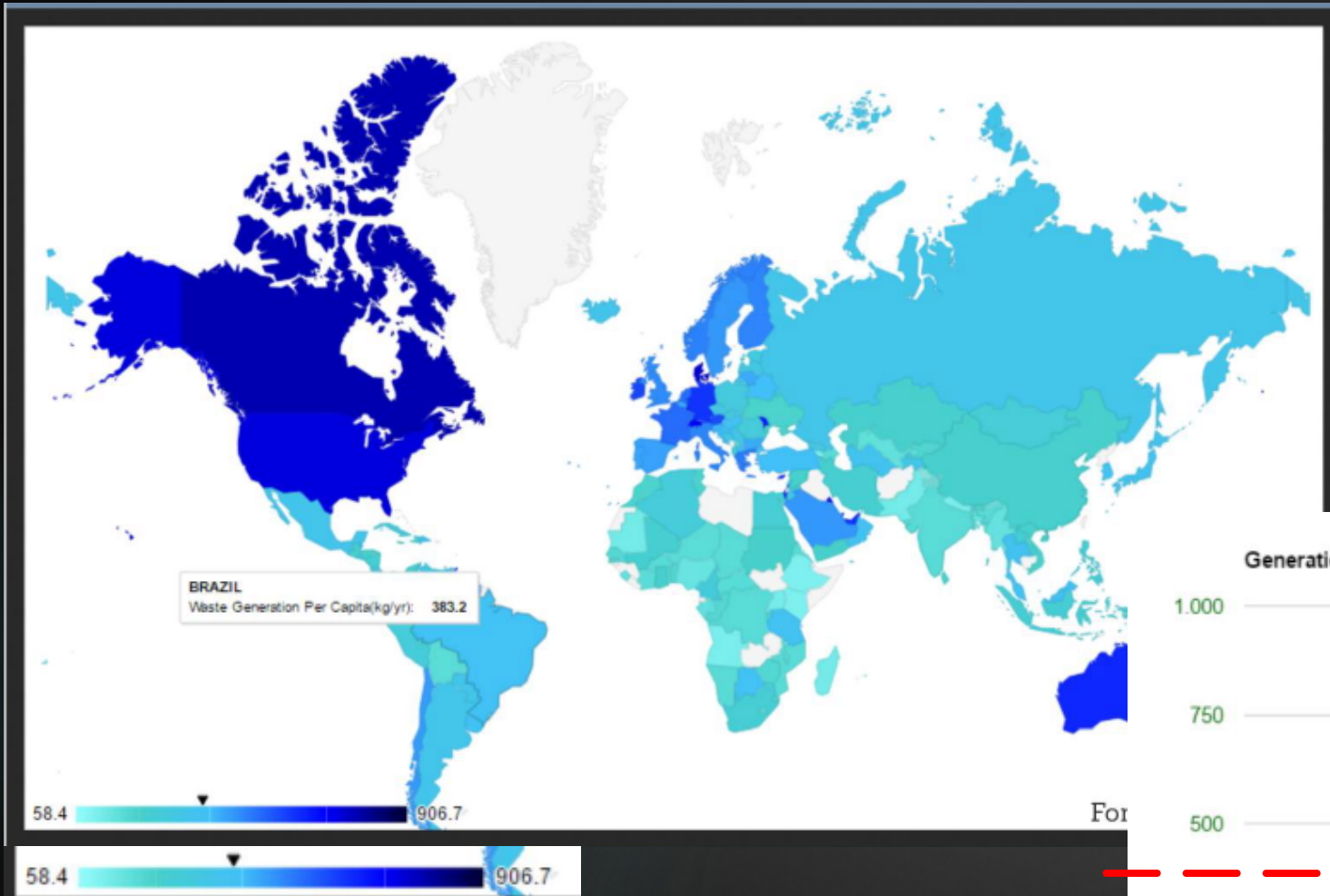
Da aula passada: poluição das águas por cargas difusas – relações diretas com poluição do solo....



Resíduos sólidos urbanos (RSU)



Geração de Resíduos Sólidos per capita



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?



O que fazer? Depende...

Classificação de Resíduos – ABNT NBR 10.004

1º) É necessário saber se esse resíduo é perigoso

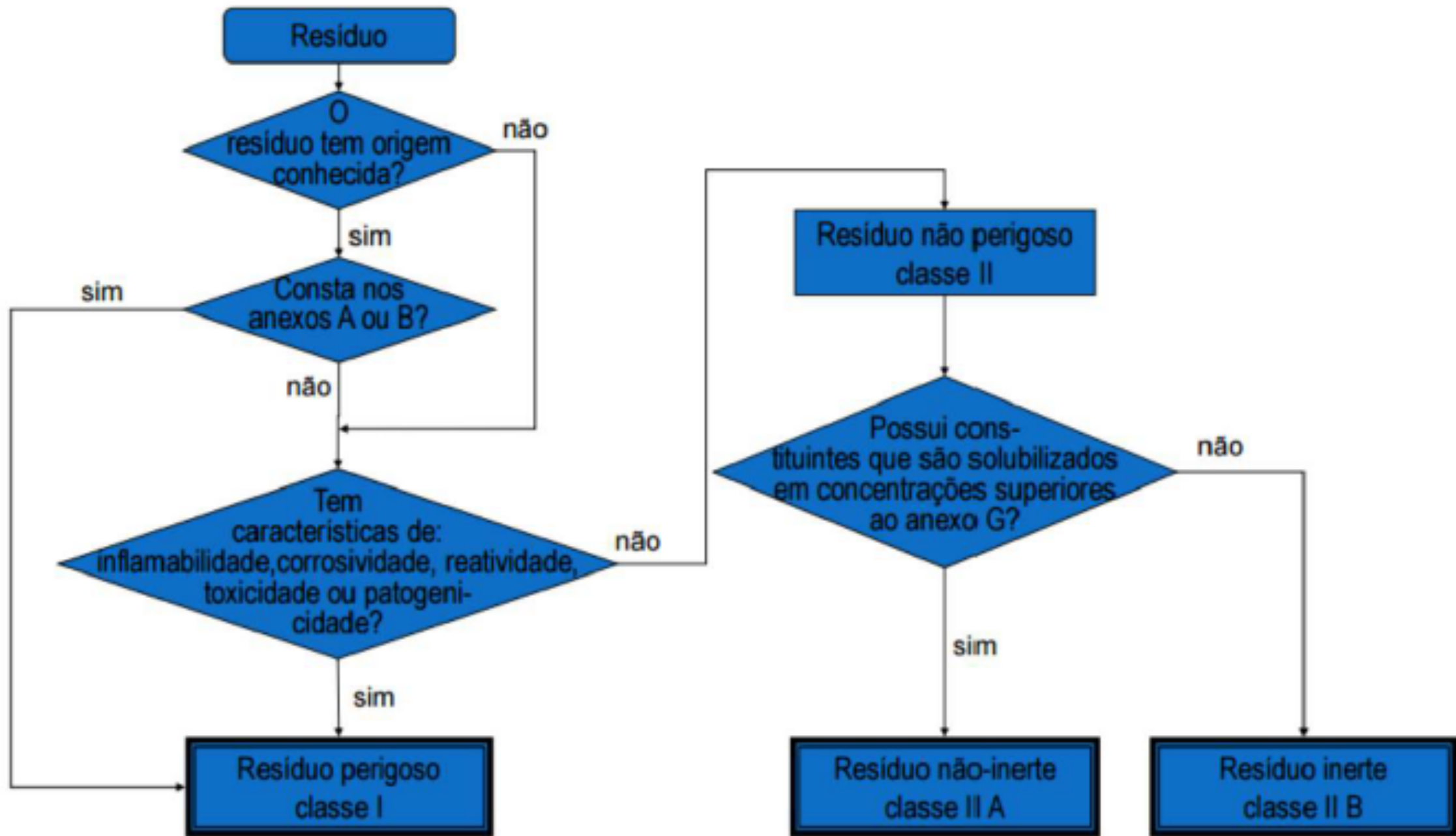
2º) – Se for perigoso, é classificado como “Classe I” e deve ser mandado a um aterro de resíduos perigosos

– 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 H₂O, 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

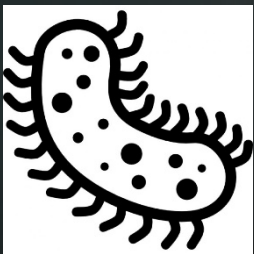
Teratogenicidade: Riscos de deformidade ao feto

Carcinogenicidade: altera a replicação celular e expressão dos genes.

Resíduos Perigosos



Inflamabilidade



Patogenicidade



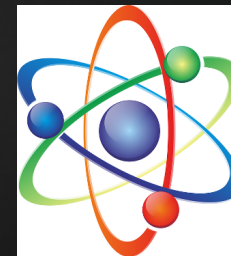
Mutagenicidade



Teratogenicidade



Carcinogenicidade



Reatividade

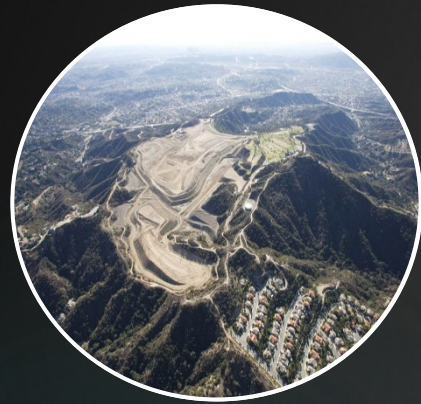


Corrosividade

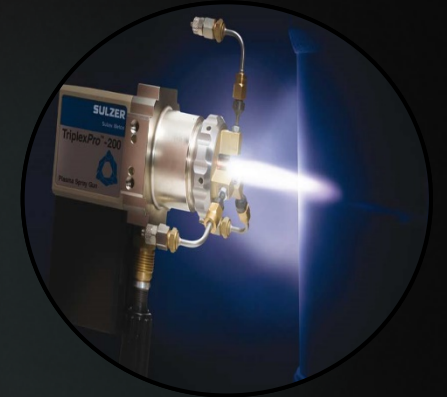


Toxicidade

Destinação de Resíduos



Aterro



Outras?



Reciclagem

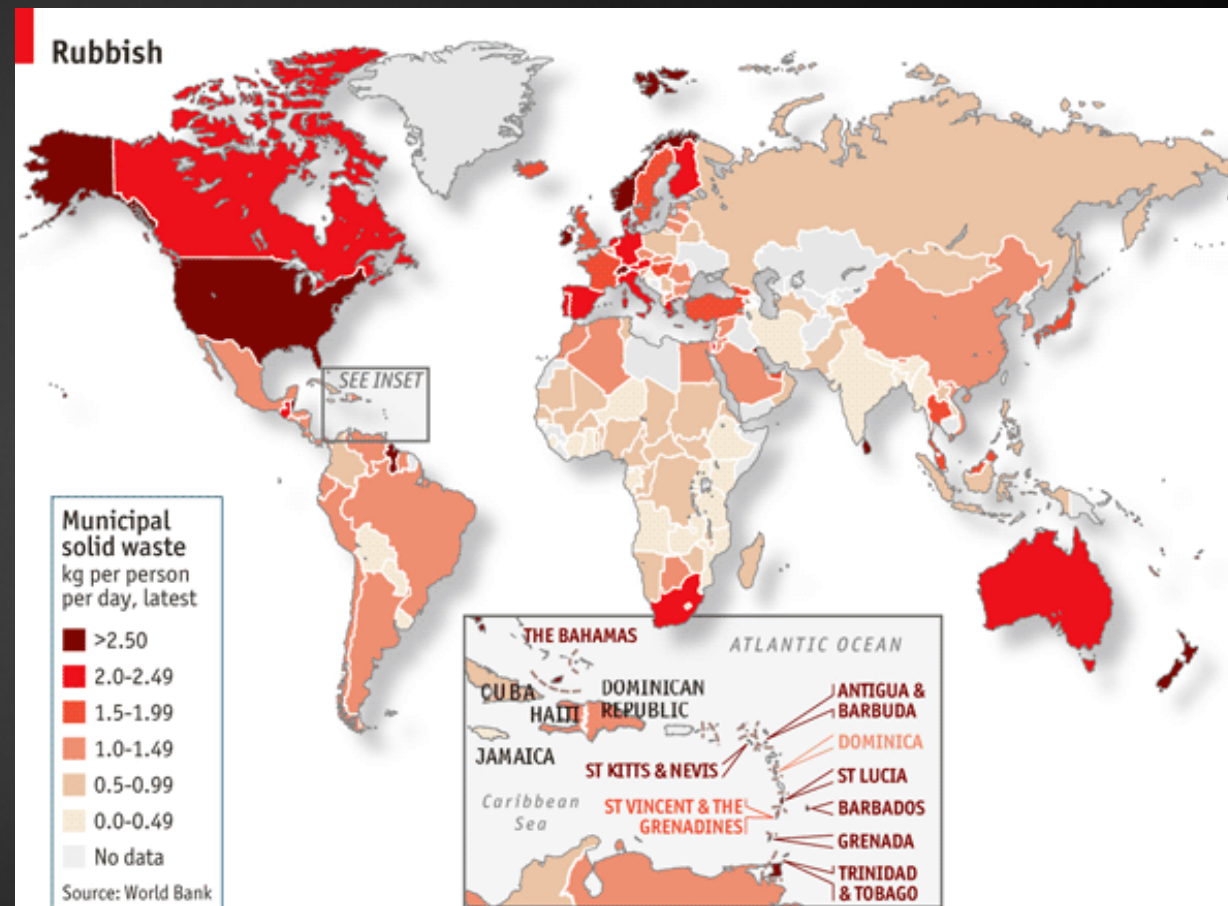


Compostagem



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 |
| Matéria orgânica | 51,4 | 76.634,5 | 94.309,5 |
| Outros | 16,7 | 24.880,5 | 30.618,9 |
| Total coletado | 100,0 | 149.094,3 | 183.481,5 |

Fonte: IPEA (2012)

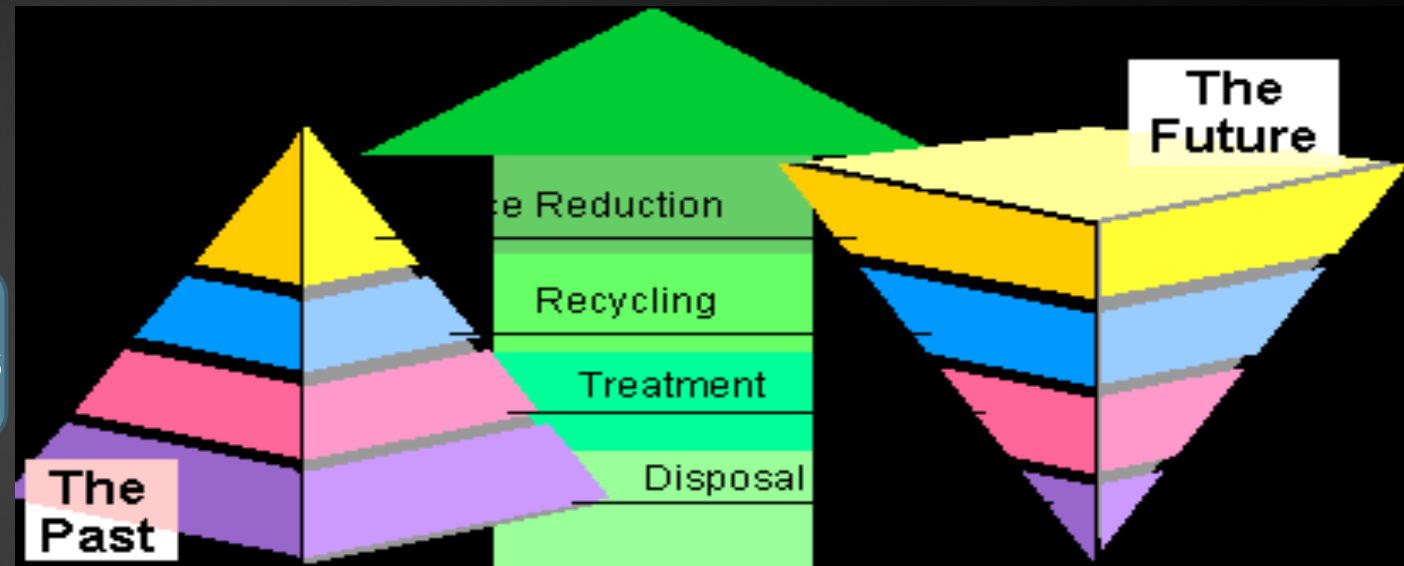
O que podemos fazer com para reduzir essa quantidade de resíduos provenientes de matéria orgânica?

Política Nacional de Resíduos Sólidos

► Lei Nº 12305/2010



Hierarquia na gestão de resíduos

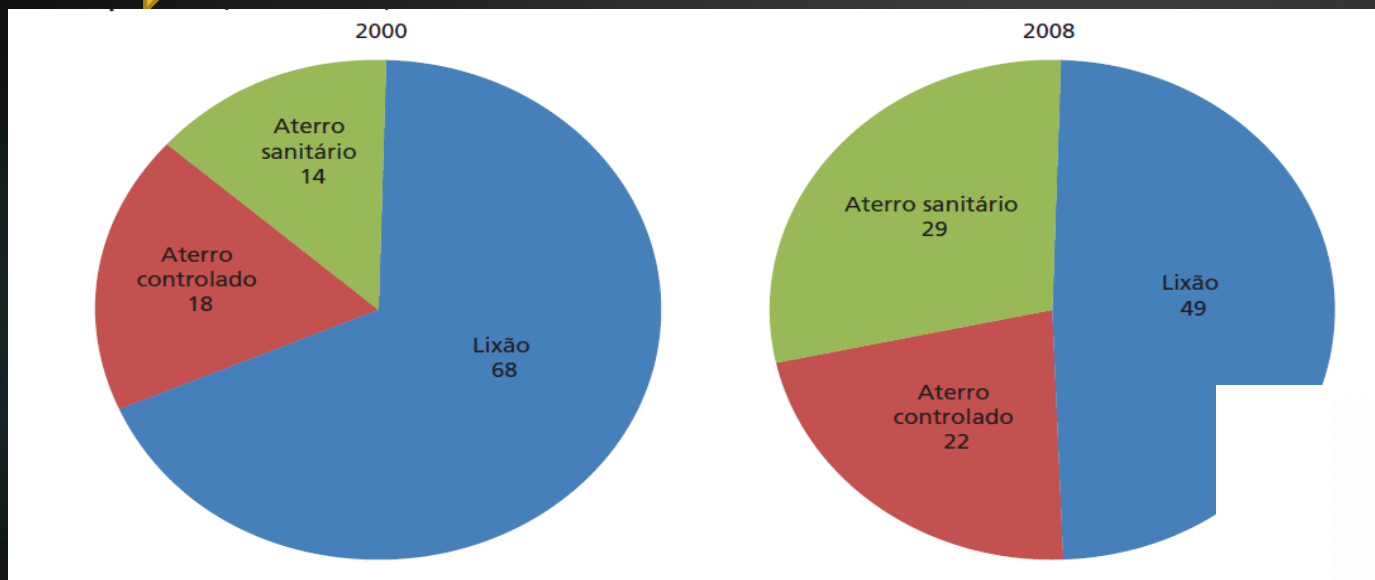


Política Nacional de Resíduos Sólidos

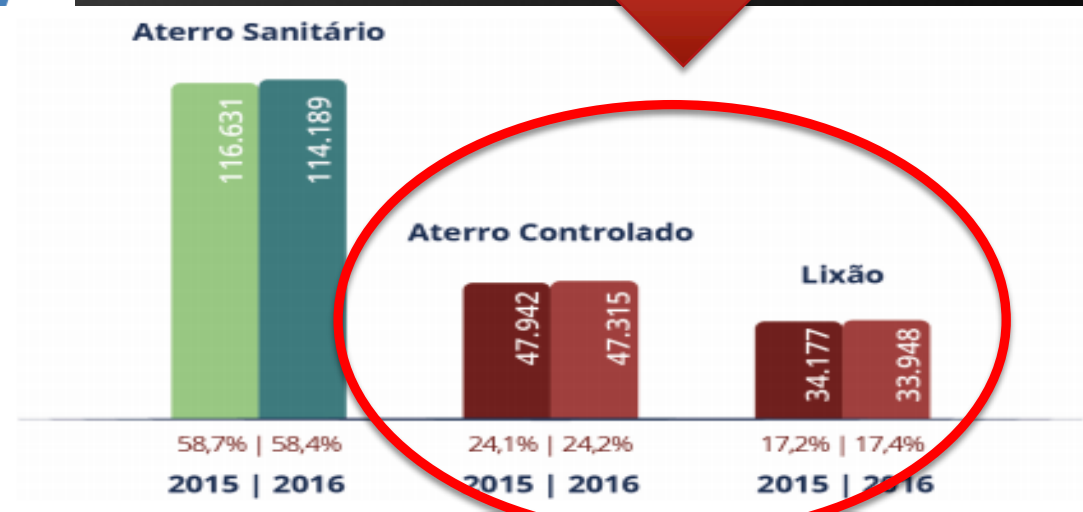
▶ Lei Nº 12305/2010



Fim de lixões e aterros controlados até 2014

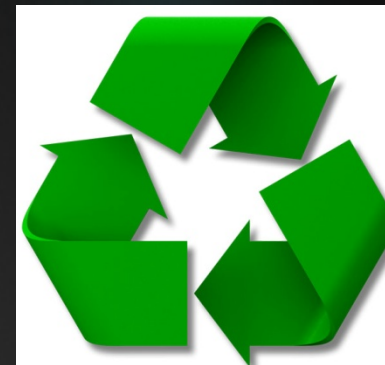


Metas para reciclagem



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

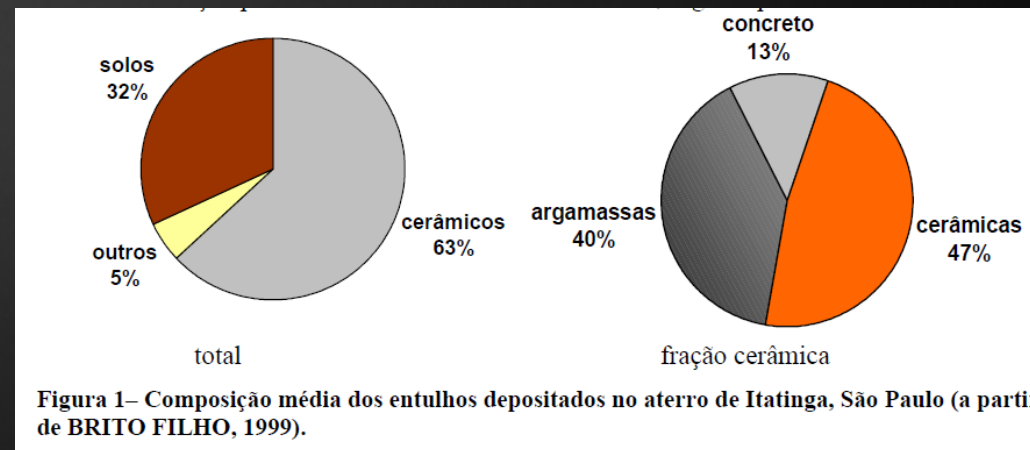


Leitura complementar:

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

Disponível em:

http://www.globalconstroi.com/images/stories/Manuais_tecnicos/2010/reciclagem_residuos/CETESB.pdf



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



Disponível em: abicomweb.org.br

Teto de shopping em São Paulo vira horta orgânica de 5 mil m²

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

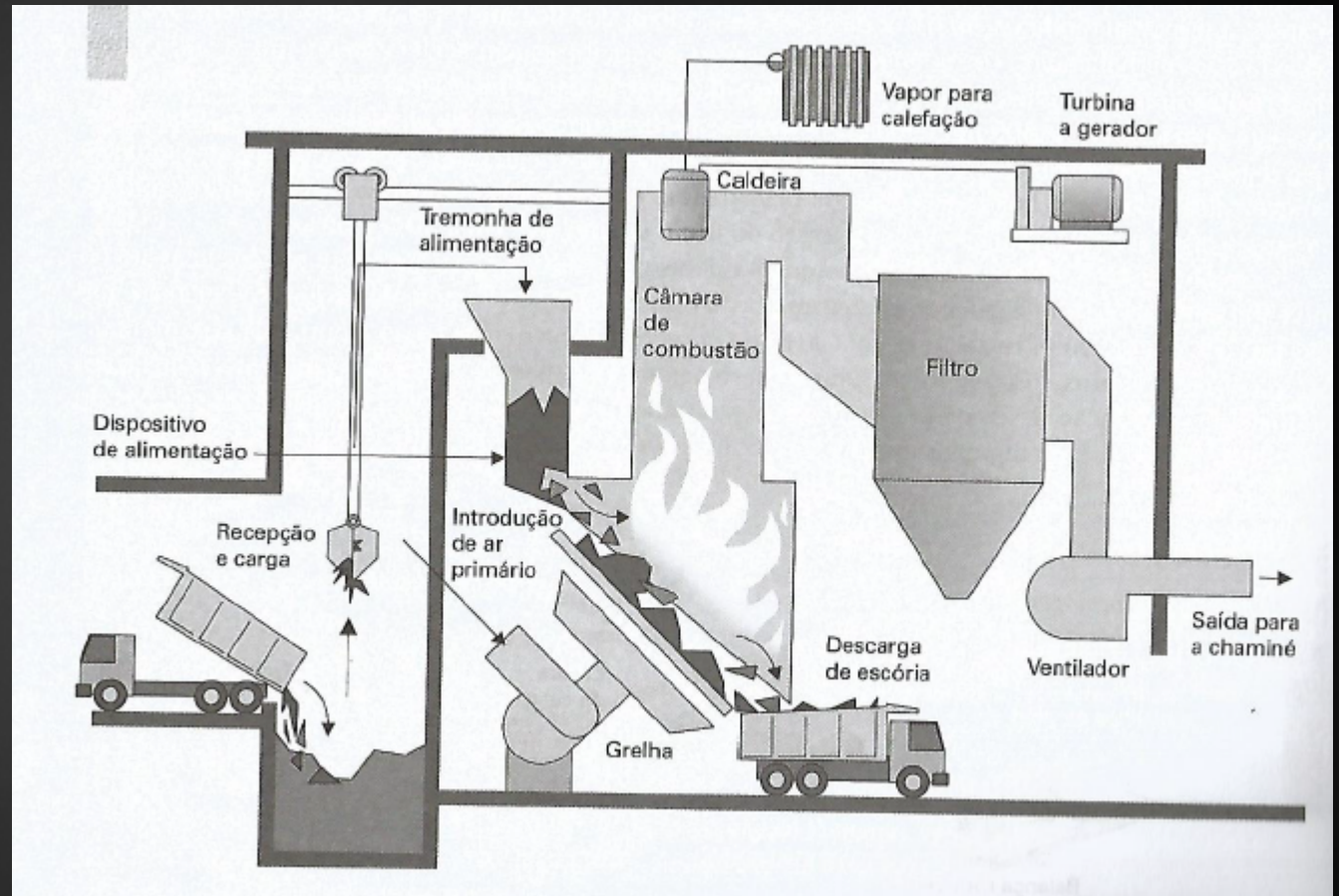
[f Compartilhar](#) [p](#) [in](#) [G+](#) [Twitter](#) [Assine já!](#)



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

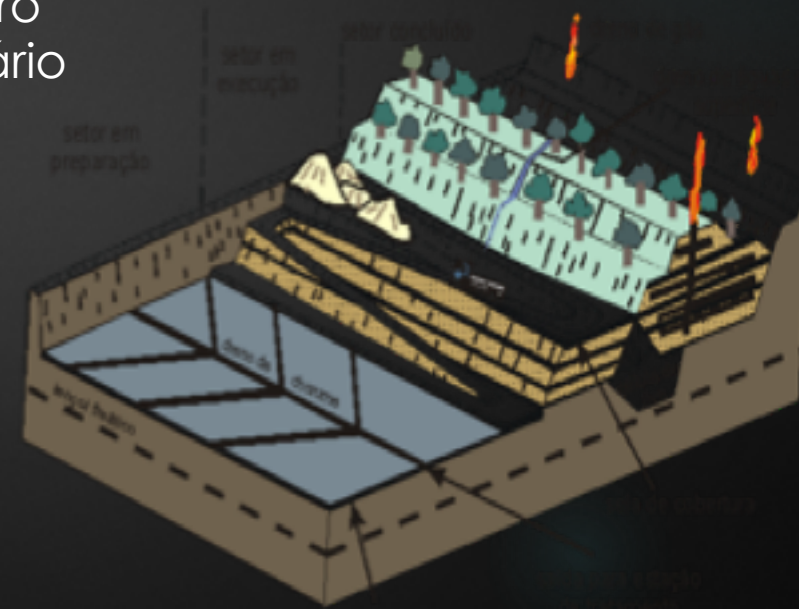


Comum

Controlado



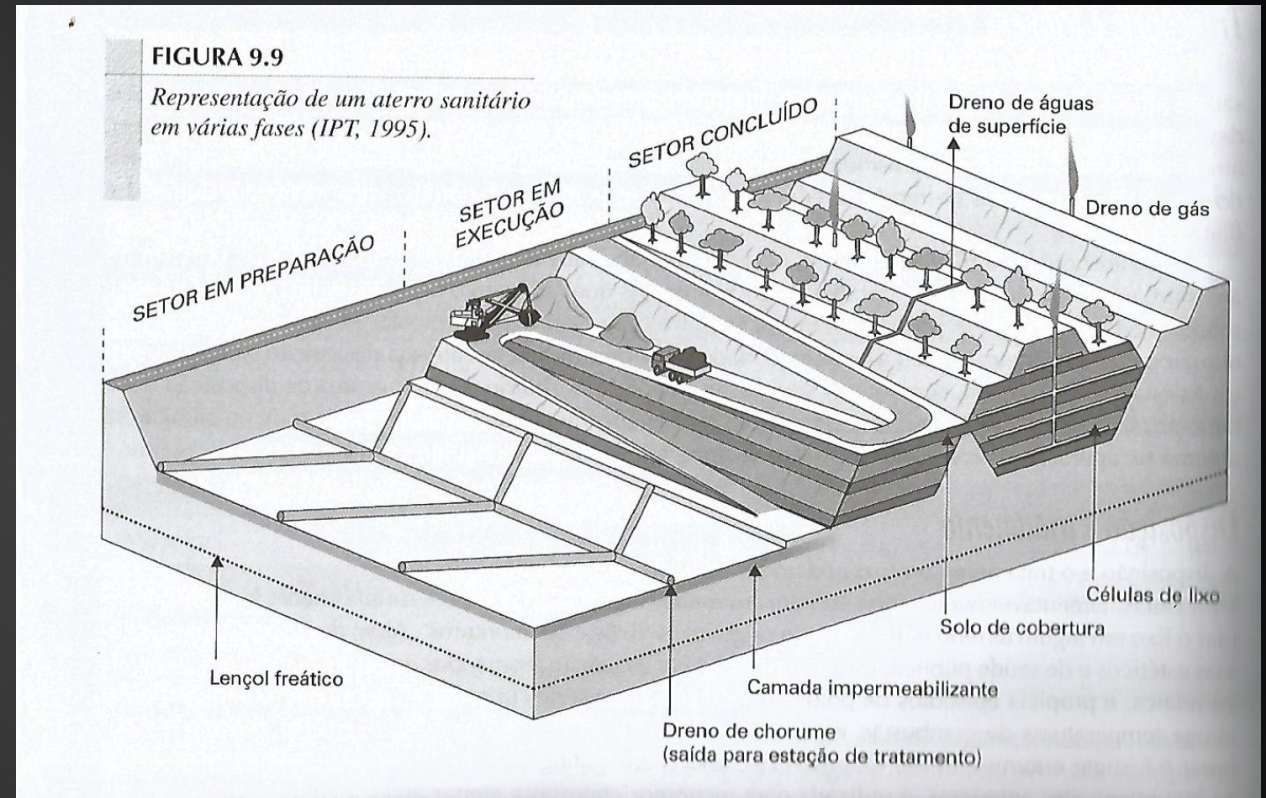
Aterro sanitário



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!

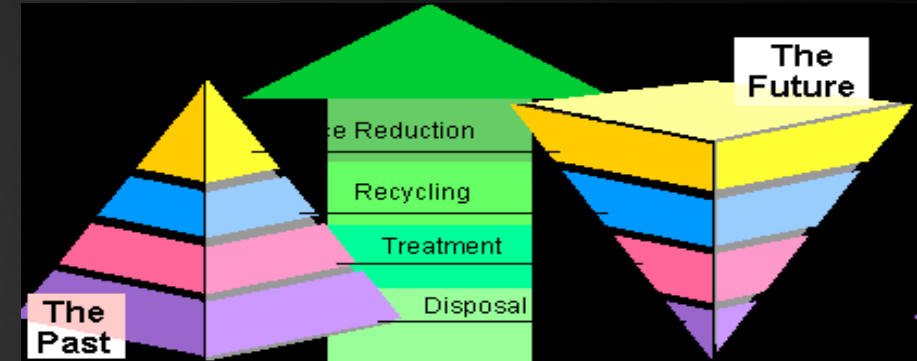
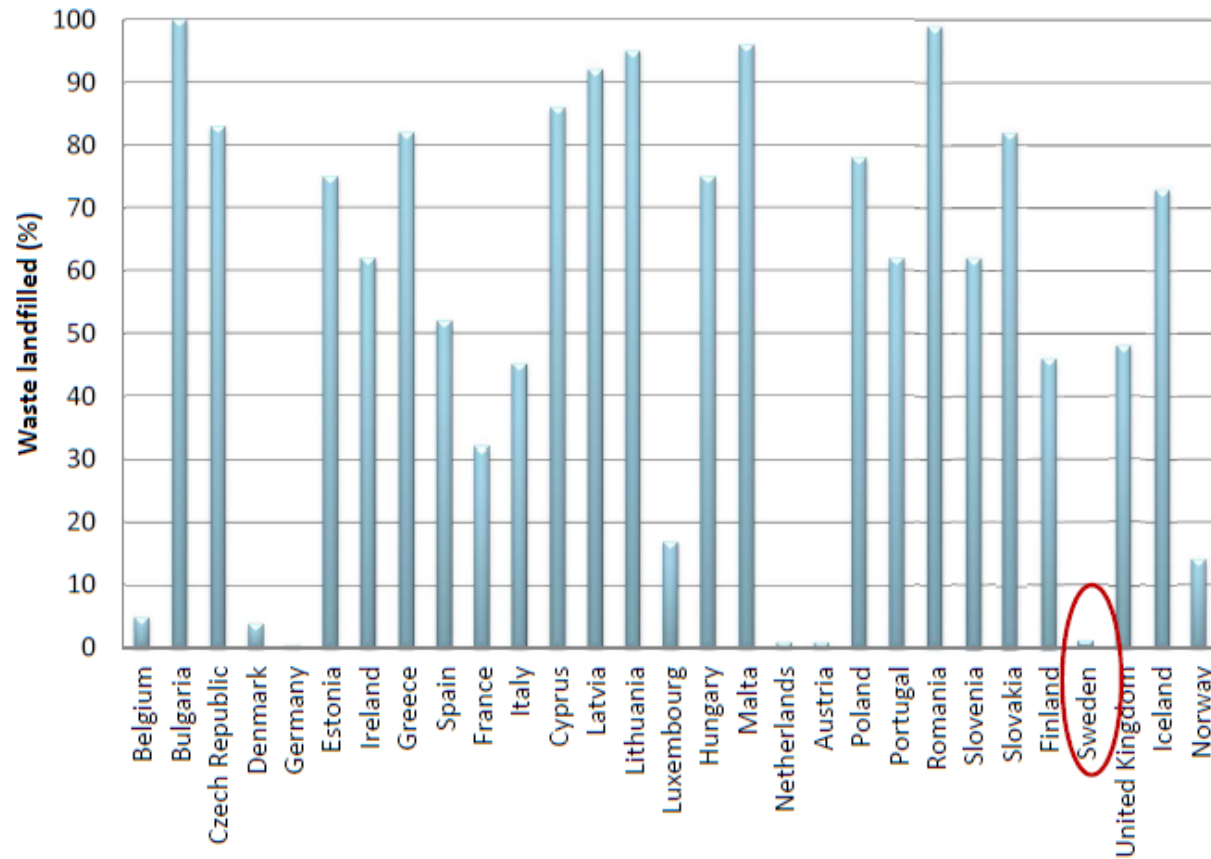
➔ É necessário reduzir, reutilizar, reciclar e tratar sempre que possível

➔ Maior vida útil do aterro

Tratamento e disposição de RSU

► Aterros sanitários

Municipal waste treatment in EU (2009)



Resíduos perigosos

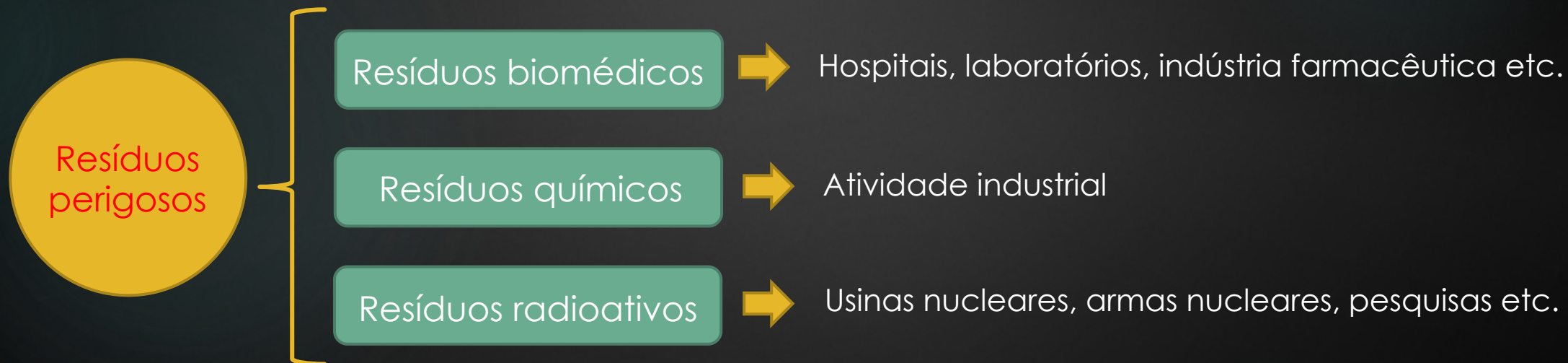
▶ NBR 10.004:

▶ Resíduos Classe I: Perigosos

▶ Resíduos Classe II: Não perigosos

II A: Não inertes

II B: Inertes



Resíduos perigosos

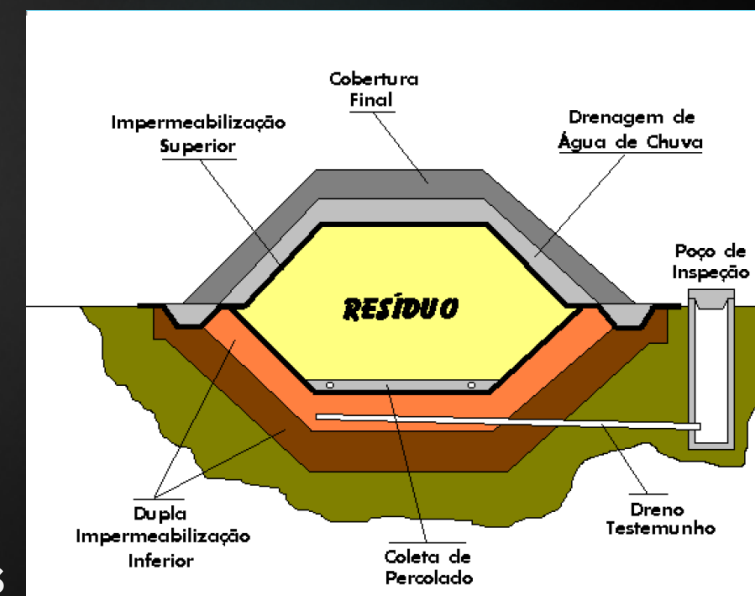
▶ Gestão de resíduos perigosos:

▶ 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 N° 12305/2010
 - ▶ 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