

PHA 3203

Engenharia Civil e Meio Ambiente

AULA 5

SOLO E RESÍDUOS SÓLIDOS



Tópicos

- ▶ Conceito de solo
- ▶ Composição e formação do solo
- ▶ Características e classificação
- ▶ Erosão
- ▶ Poluição do solo rural
- ▶ Poluição do solo urbano
- ▶ Resíduos sólidos urbanos
- ▶ Tratamento e disposição de RSU
- ▶ Resíduos da construção civil
- ▶ Resíduos perigosos
- ▶ Bibliografia



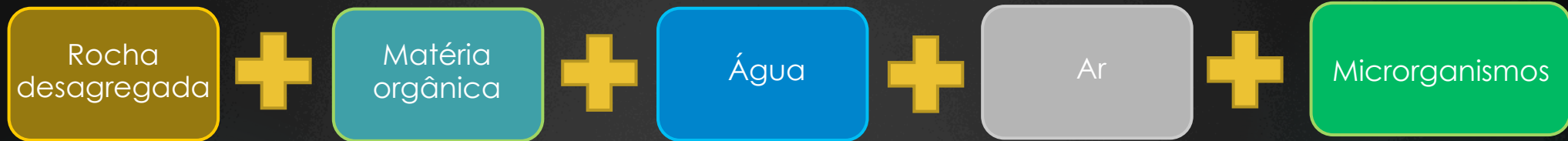
Solo

CONCEITOS, COMPOSIÇÃO,
FORMAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO



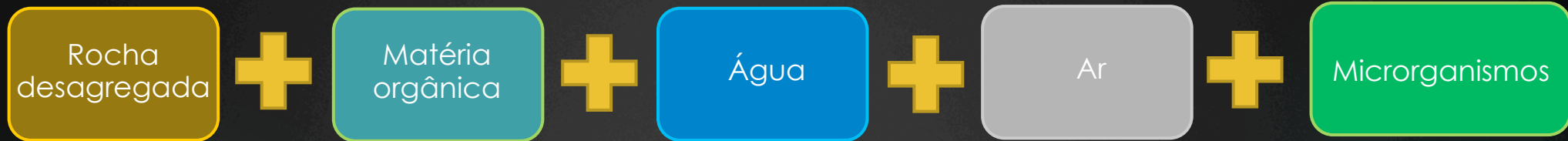
Conceito de solo

- ▶ Manto superficial formado por:



Conceito de solo

- ▶ Manto superficial formado por:



- ▶ Apresenta diferentes significados para cada profissional atuante:

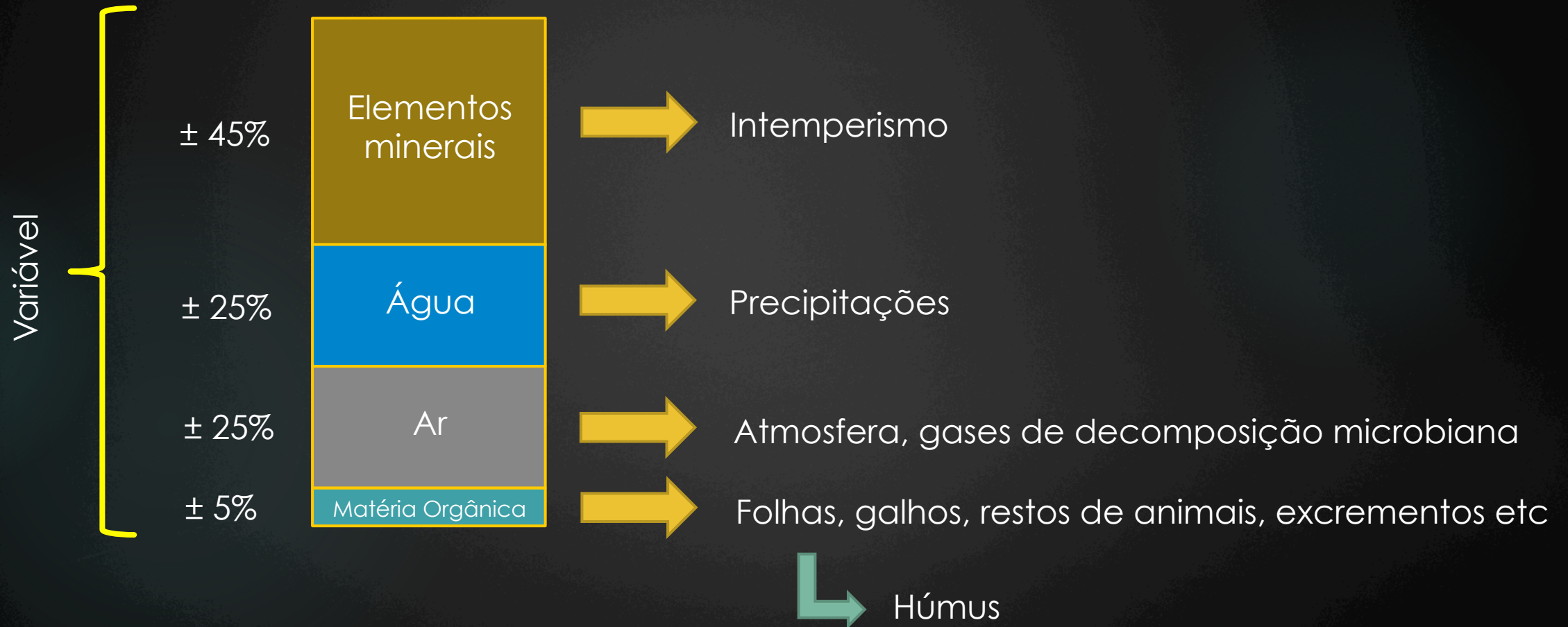


Conceito de solo

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



Composição do solo



Composição do solo

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			

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.

Formação

▶ Resultado da ação de cinco fatores:

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



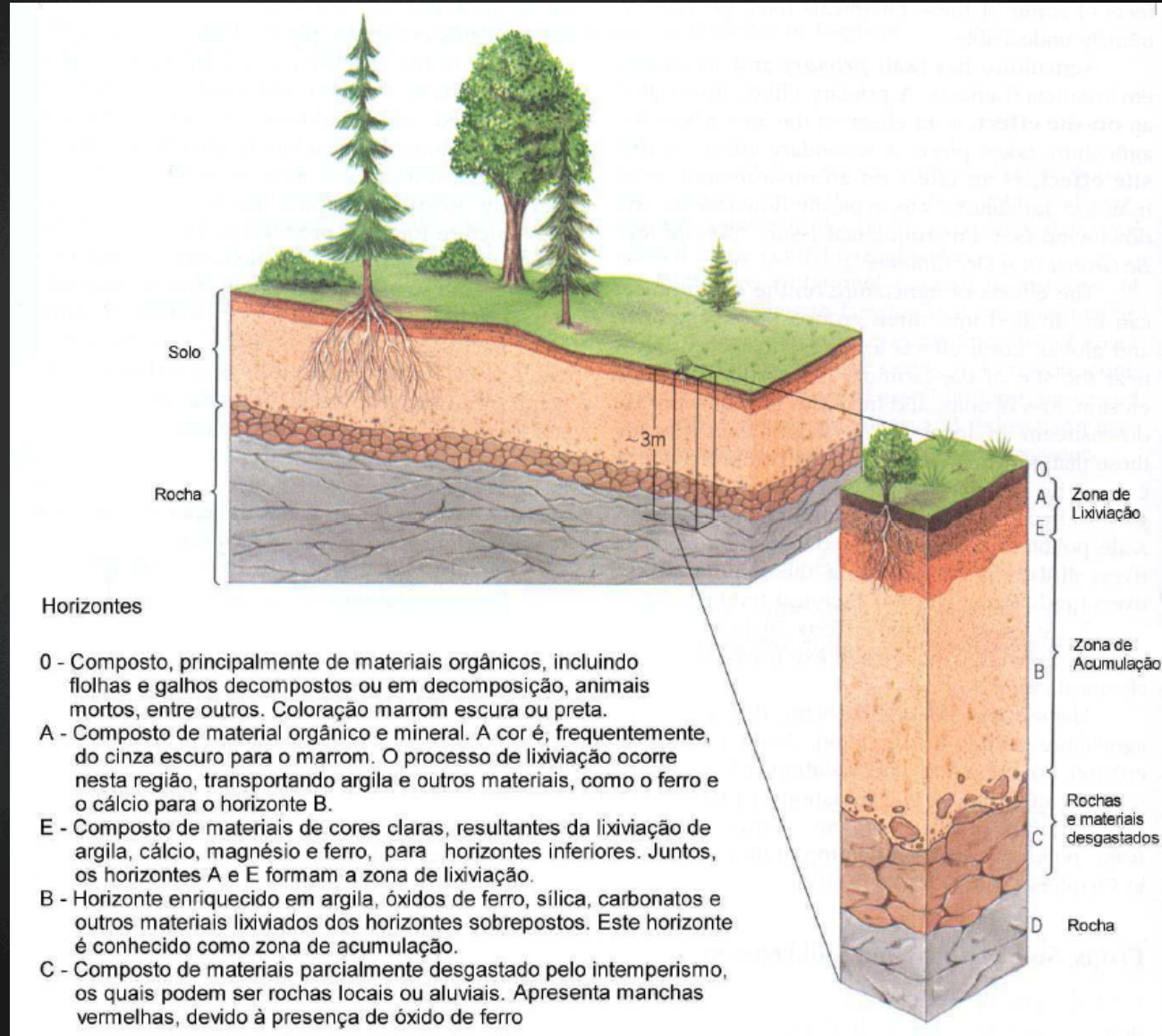
Estágios de
sucessão



Horizontes
do solo

Formação

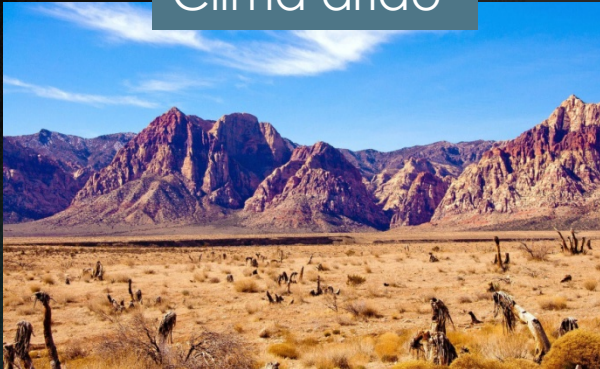
Frações mais finas (argilas)



Formação

▶ Implicações:

Clima árido



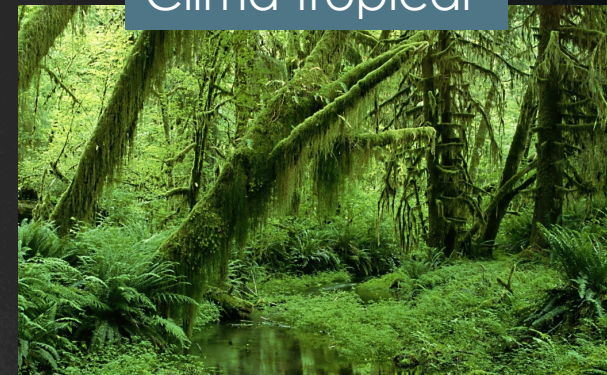
- ▶ Intemperismo químico menos intenso
- ▶ Solos pouco profundos e porosos
- ▶ Poros enchem e esvaziam rapidamente
- ▶ Grande amplitude do regime hídrico: secas e enchentes

Clima temperado



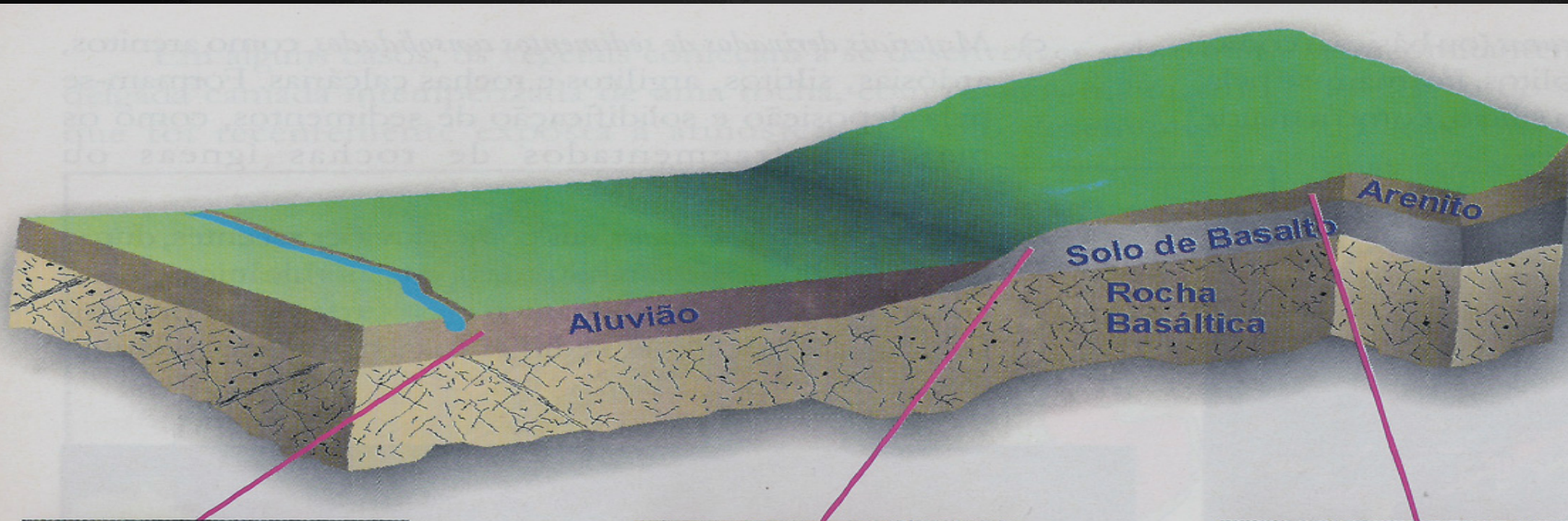
- ▶ Horizontes orgânicos espessos e bem definidos
- ▶ Grande parte da matéria orgânica do ecossistema está no solo

Clima tropical



- ▶ Horizontes orgânicos pouco espessos
- ▶ Grande parte da matéria orgânica está na vegetação
- ▶ Maior fragilidade em relação a ações antrópicas

Rocha matriz ou material parental



Textura variável com camada de deposição

Neossolo Flúvico (Solo Aluvial)



Textura argilosa

Latossolo Vermelho (Férrico)



Textura média

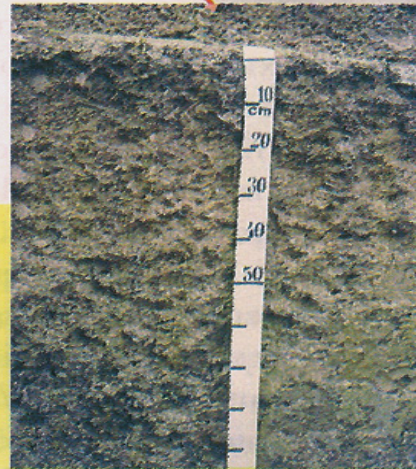
Latossolo Vermelho-Amarelo

Como os solos podem variar de cor e textura, de acordo com o tipo de material de origem.

Relevo



Neosolo Litólico



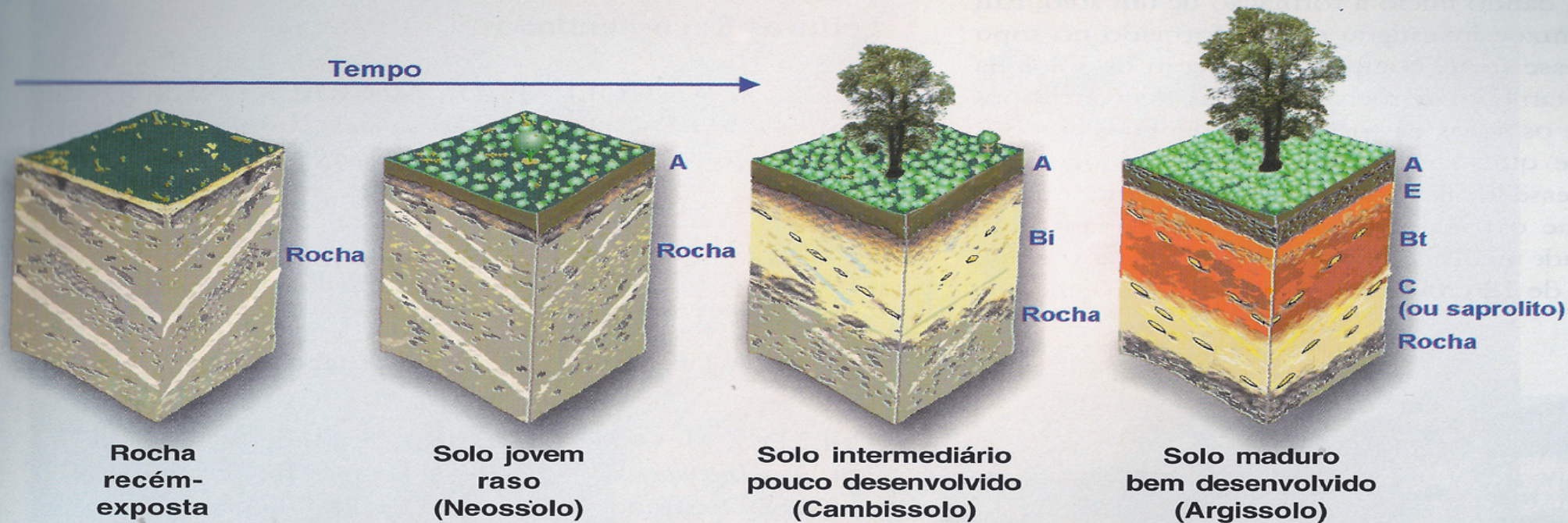
Gleissolo



Argissolo Vermelho-Amarelo

Relevo influenciando nas características dos solos. Nas áreas mais declivosas, os solos são menos desenvolvidos que nas áreas mais planas (onde perfil é avermelhado). Nas áreas mais baixas, próximas do riacho, os solos são acinzentados.

Tempo



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



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

Funções do solo: 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).

Características do solo

▶ Cor:

- ▶ Tons escuros: matéria orgânica
- ▶ Tons avermelhados: óxidos de ferro
 - ▶ Solos bem drenados
- ▶ Tons acinzentados: encharcados
 - ▶ Solos mal drenados



Disponível em: <https://www.qld.gov.au/environment/land/soil/soil-properties/colour/>

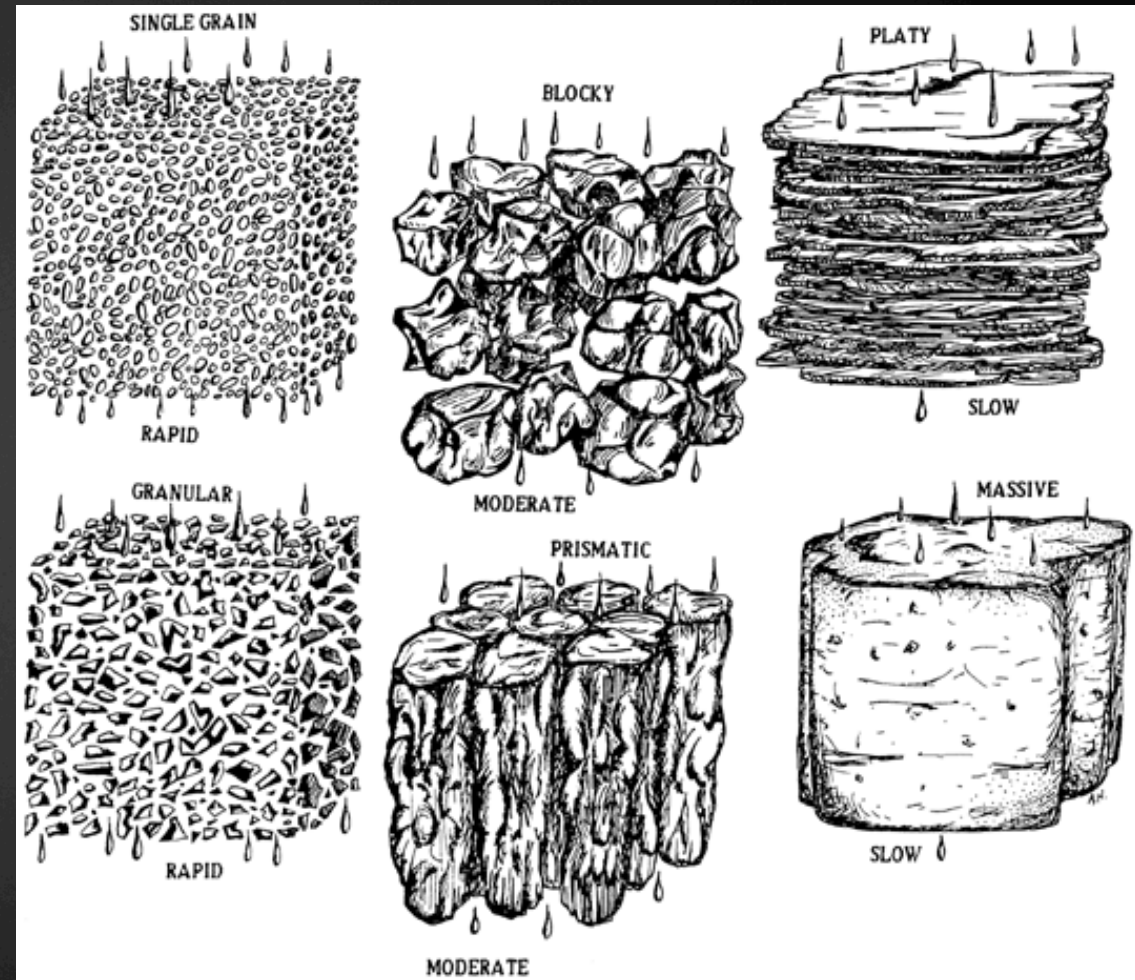
Características do solo

▶ Estrutura:

▶ Formação de agregados ou torrões dependem de:

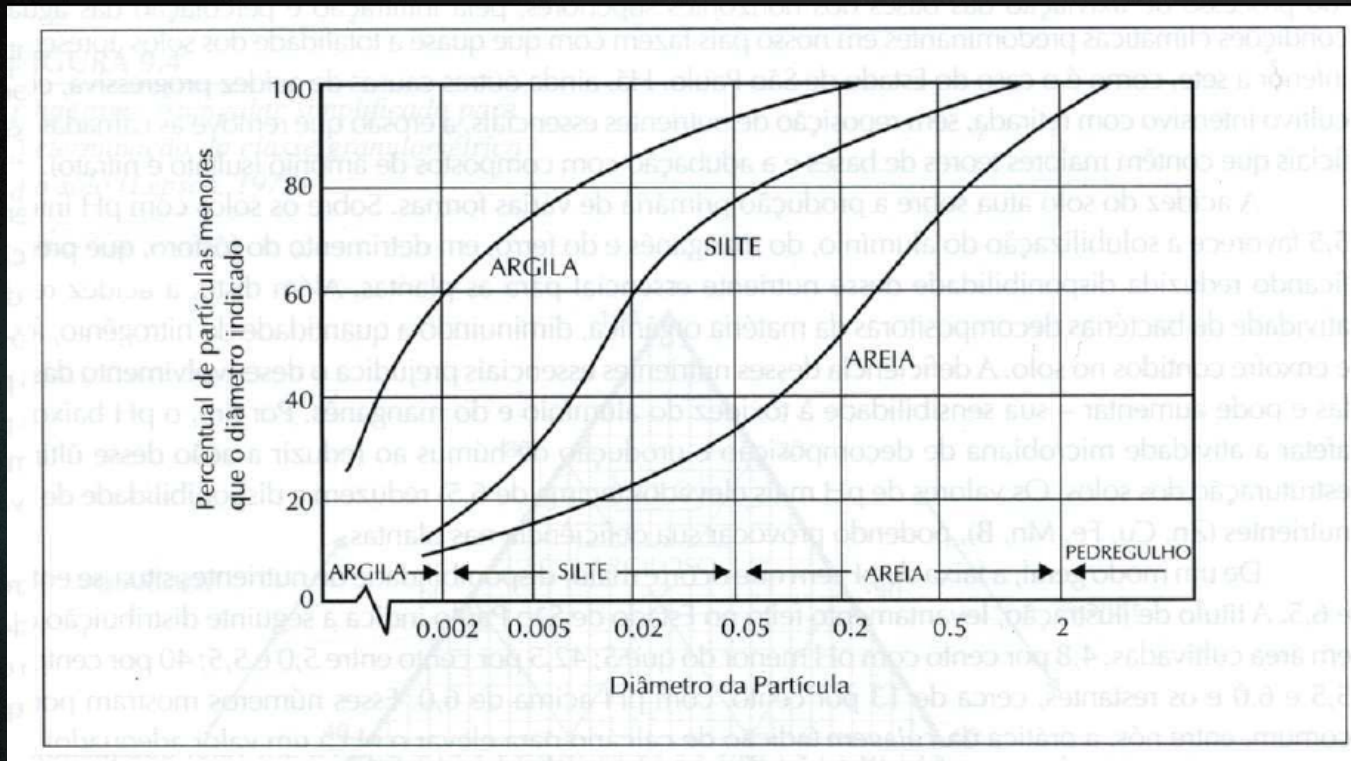
- ▶ Matéria orgânica
- ▶ Componentes minerais
- ▶ Fração argilosa

▶ Determinam o comportamento mecânico do solo



Características do solo

► Textura ou granulometria



Fração	Diâmetro (mm)
Pedra	$D > 20$
Cascalho	$2 < D < 20$
Areia	$0,02 < D < 2$
Silte	$0,002 < D < 0,02$
Argila	$D < 0,002$

Características do solo

▶ Frações importantes:



- ▶ Fração ativa do solo, com capacidade de troca iônica
- ▶ Armazena nutrientes



- ▶ Determinam a drenagem, permeabilidade e aeração do solo



- ▶ Origina o húmus, essencial para a granulação do solo
- ▶ Eleva a capacidade de retenção de nutrientes e água
- ▶ Atenua efeitos tóxicos de alguns minerais

Características do solo

▶ Outras características importantes:

Acidez

- ▶ Afeta a produção primária do solo
- ▶ $\text{pH} < 5,5$: solubilização de Al, Mn e Fe, e precipitação de P
- ▶ $\text{pH} > 6,5$: precipitação de Zn, Cu, Fe, Mn
- ▶ Faixa ideal de pH : 6 a 6,5



Déficit
nutricional

Capacidade de troca iônica

- ▶ Pequenas partículas apresentam carga elétrica
- ▶ Excesso de cargas negativas: capacidade de troca catiônica (CTC)
- ▶ Excesso de cargas positivas: capacidade de troca aniônica (CTA)

Classificação

- ▶ Classificação granulométrica:

Texturas do Solo

Propriedades controladas pela textura:

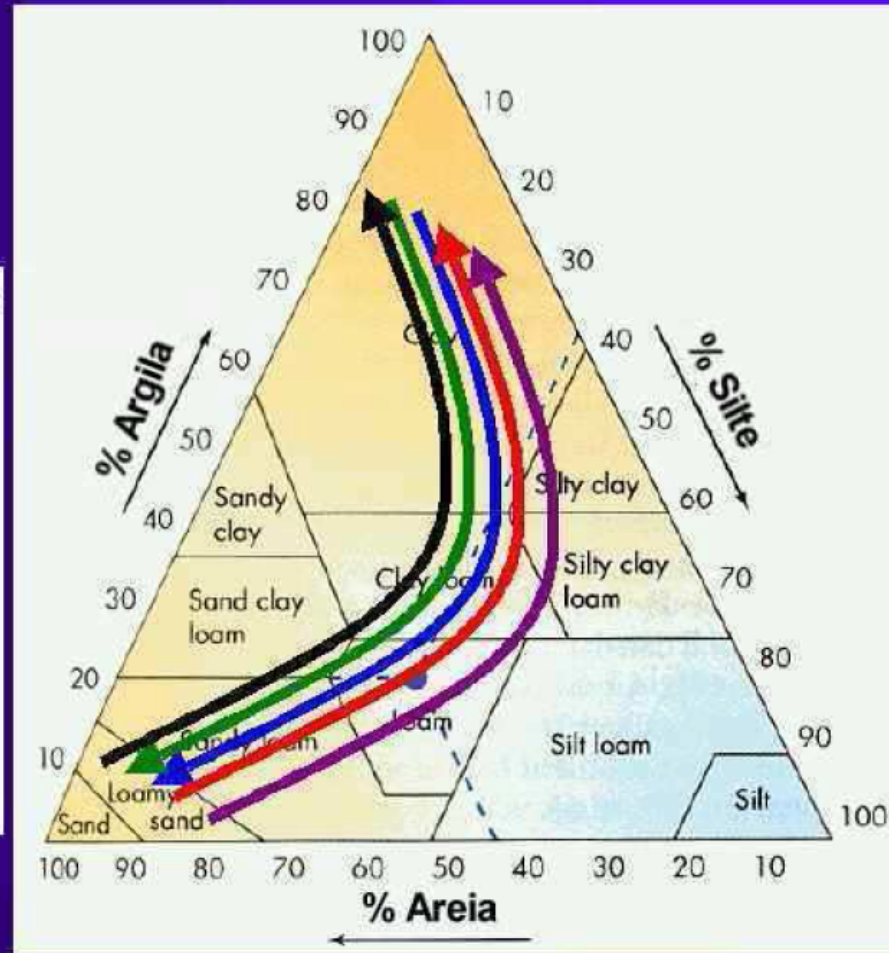
Taxa de Infiltração

Retenção de Água

Retenção de Nutrientes

Trabalhabilidade

Estabilidade



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



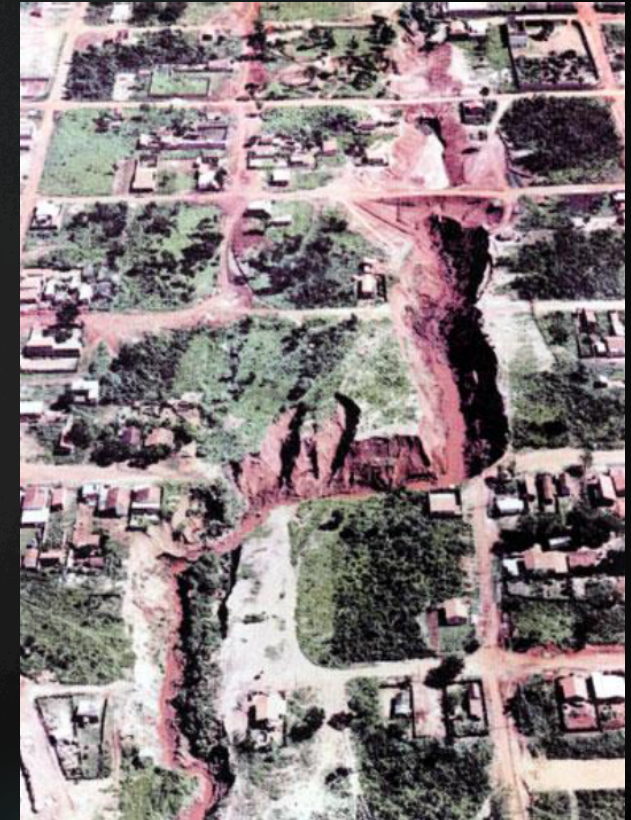
Grand Canyon
Erosão hídrica



Deserto de Neguev
Erosão eólica

Erosão

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



Erosão

- ▶ 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



Poluição do solo rural

▶ Fertilizantes

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



Nem todos os nutrientes aplicados são assimilados pelos vegetais



Excesso acumula no solo e atinge mananciais



Alguns compostos podem se acumular em tecidos vegetais



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

Poluição do solo rural

▶ Salinização

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

Água com alta salinidade

Irrigação em excesso

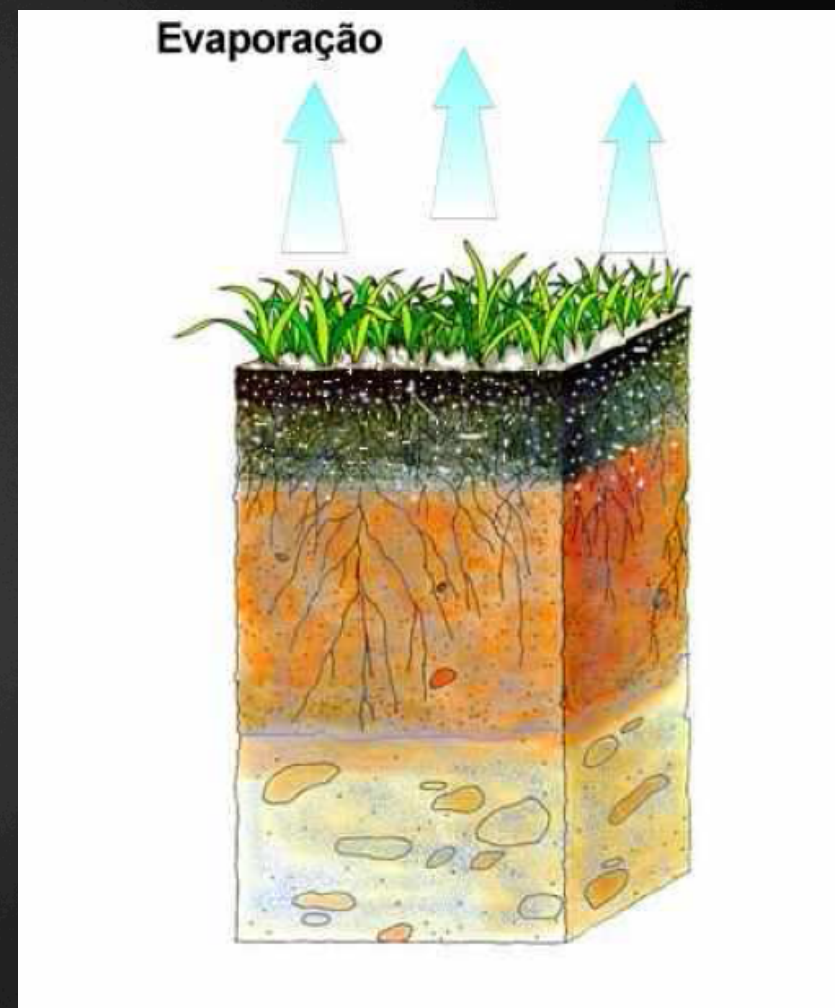


Elevação do lençol freático e da franja de capilaridade

Baixa drenabilidade

▶ Prevenção:

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



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



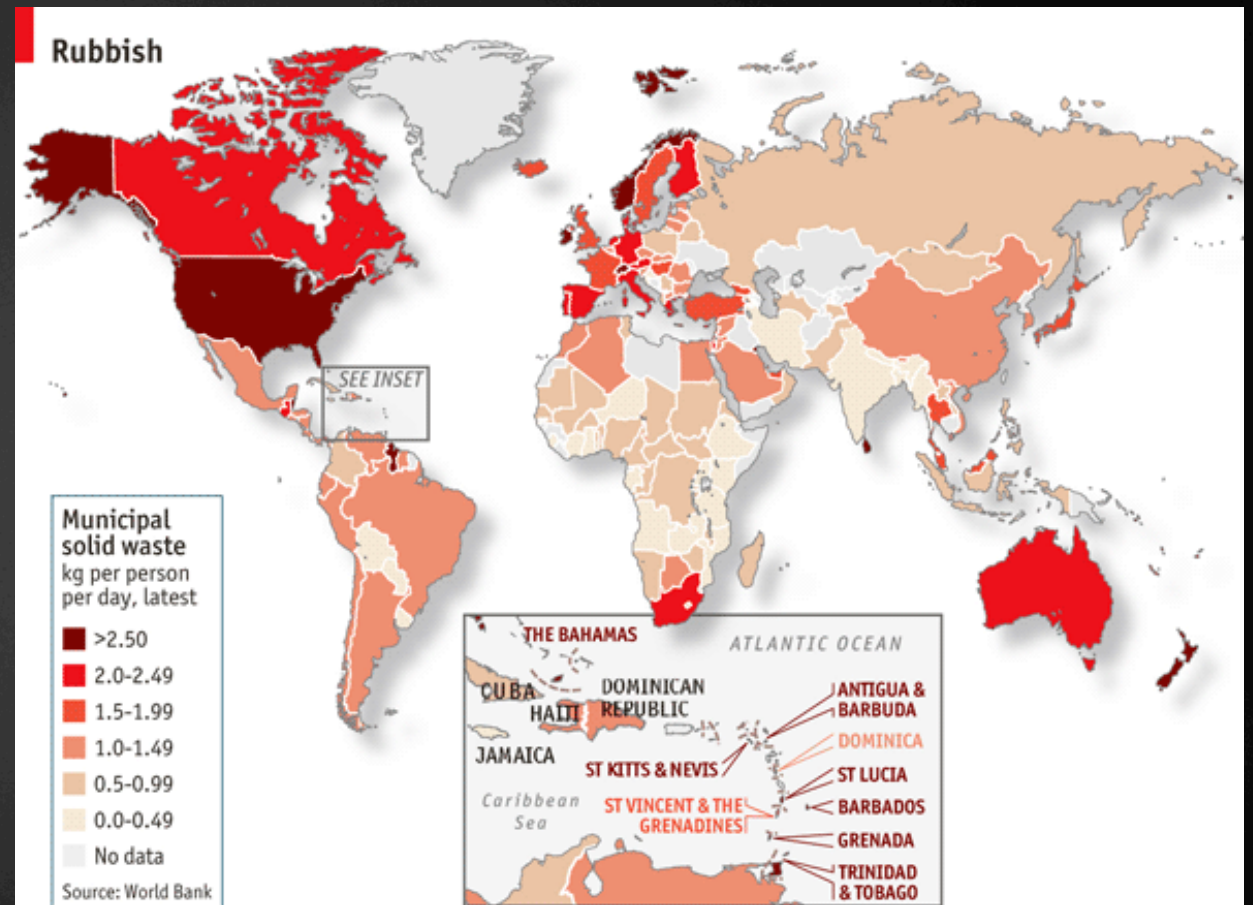
Da aula passada: poluição das águas por cargas difusas – relações diretas com poluição do solo....



Resíduos sólidos urbanos (RSU)



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

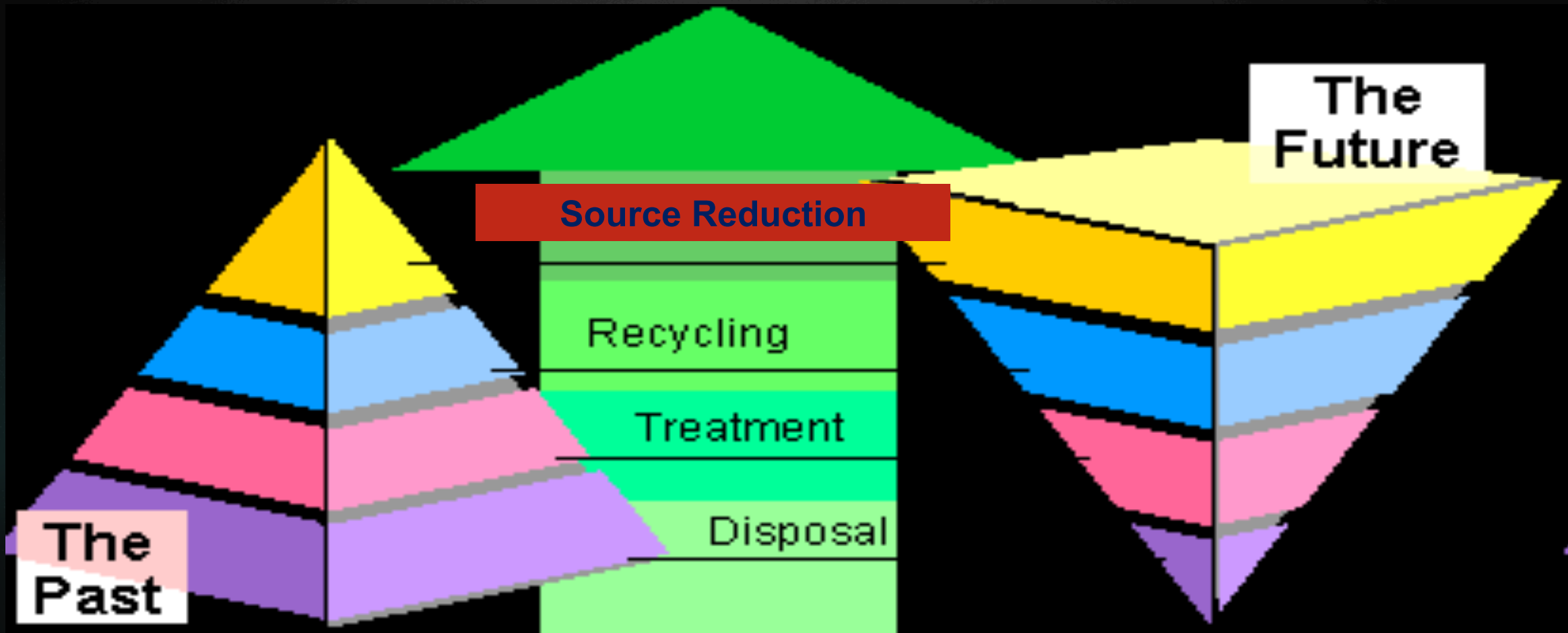
- ▶ Lei Nº 12305/2010



“resíduos sólidos: 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”



A New Direction

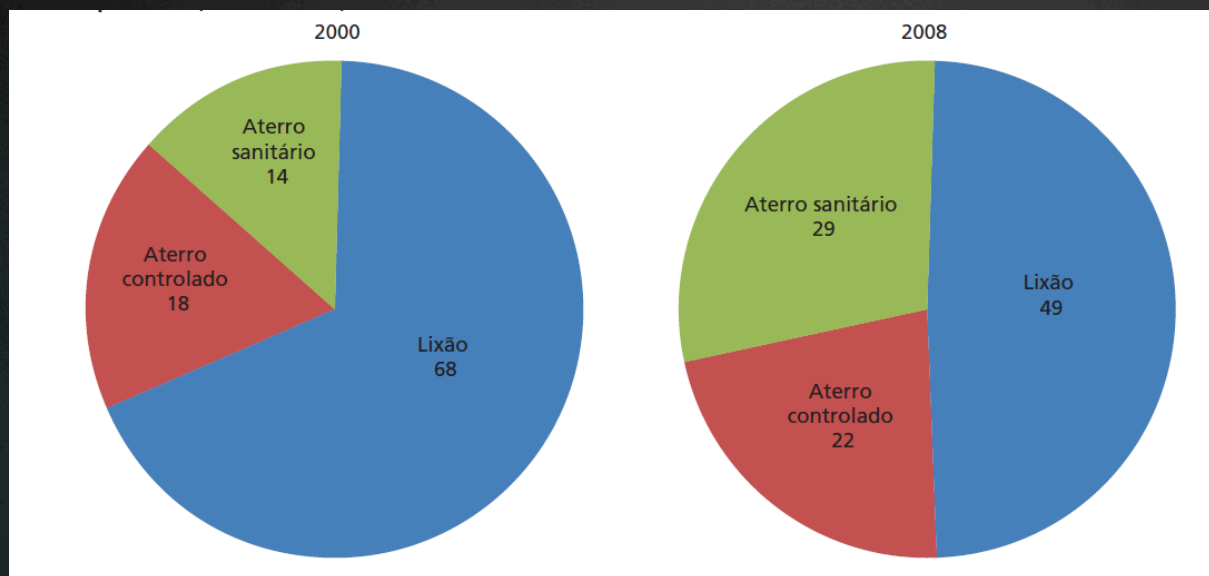


Política Nacional de Resíduos Sólidos

▶ Lei N° 12305/2010



Fim de lixões e aterros controlados até 2014



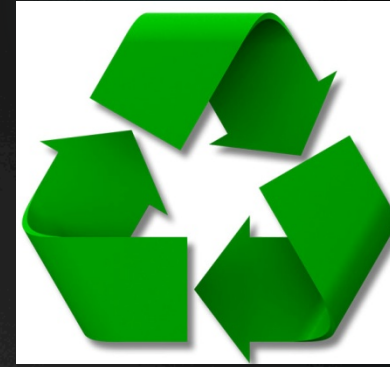
Fonte: IPEA (2012)



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



Tratamento e disposição 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

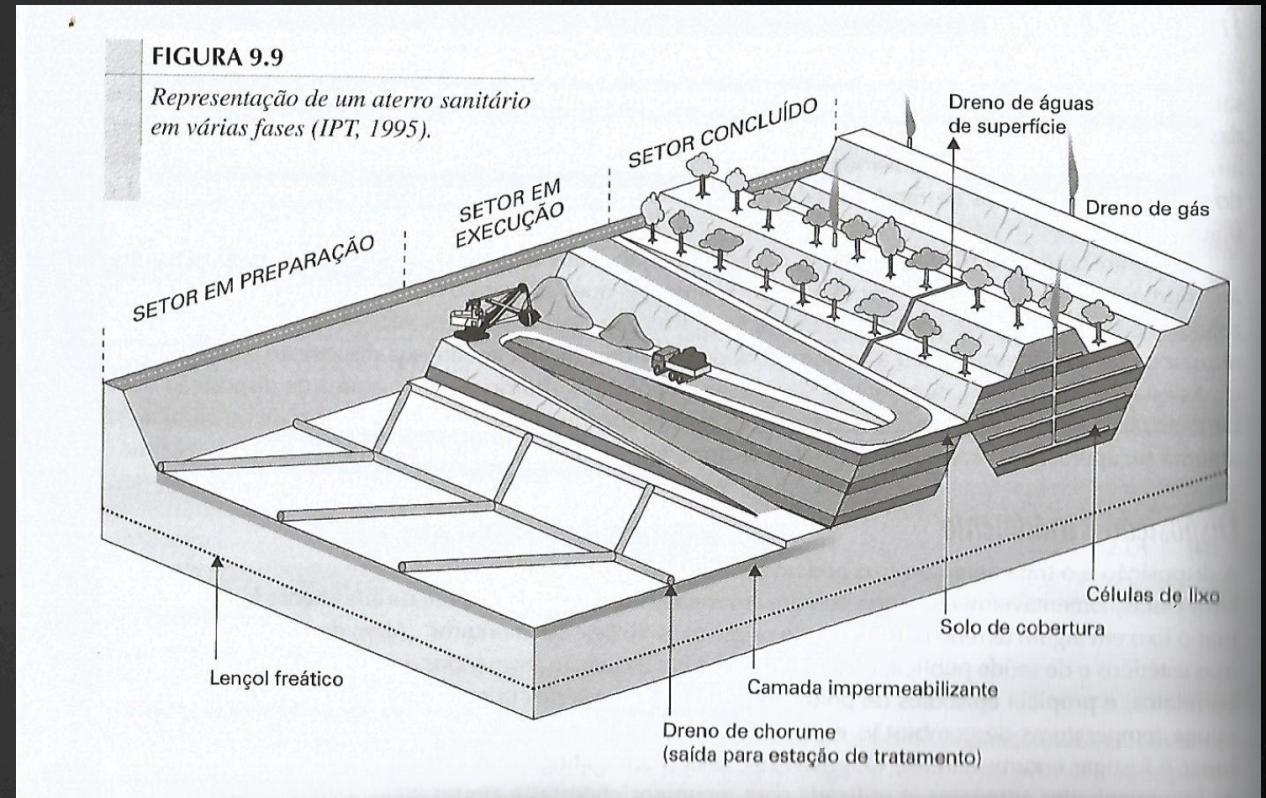


Disponível em: abicomweb.org.br

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



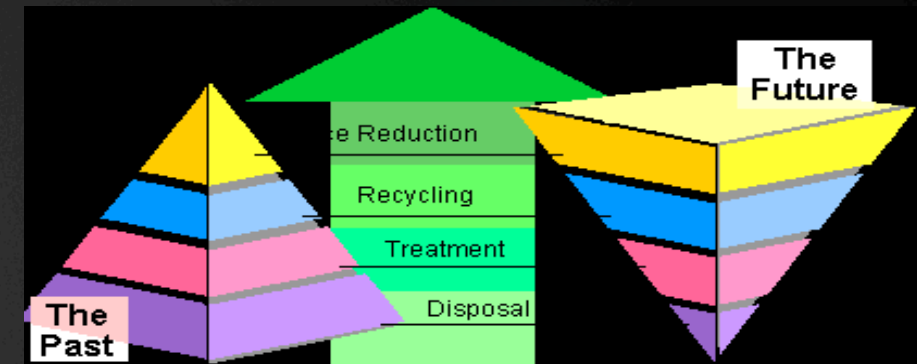
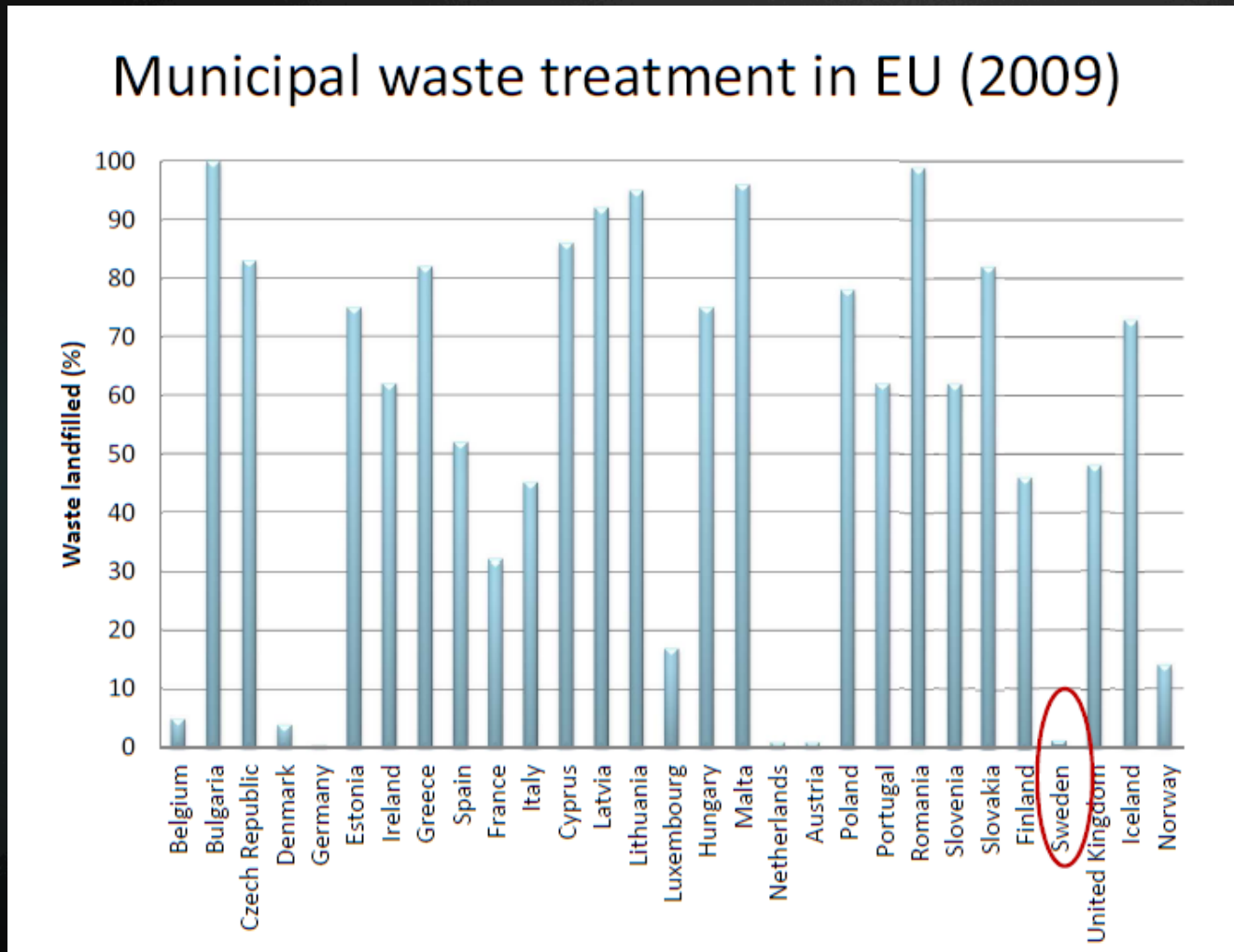
→ Aterro não é uma solução definitiva para a problemática dos resíduos sólidos!

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

→ Maior vida útil do aterro

Tratamento e disposição de RSU

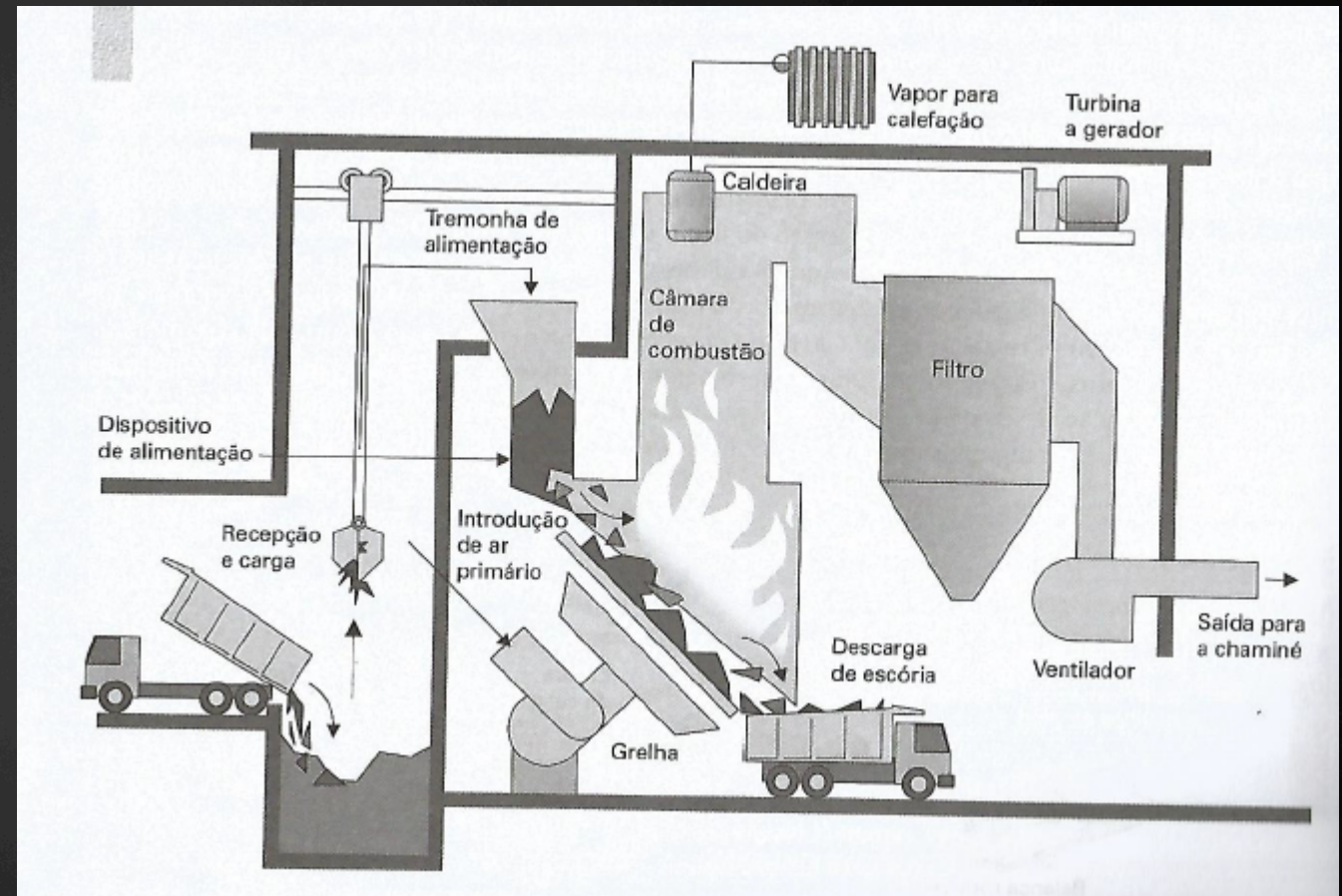
▶ Aterros sanitários



Tratamento e disposição 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)

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

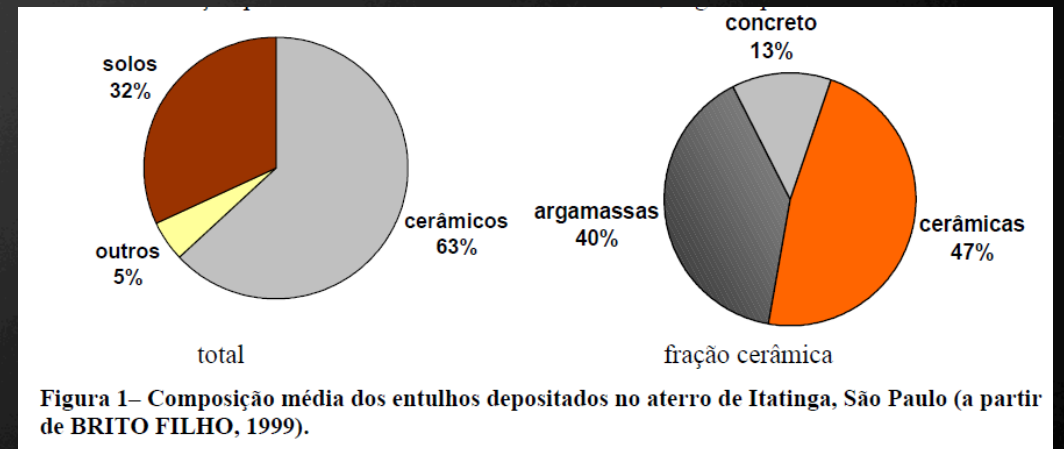
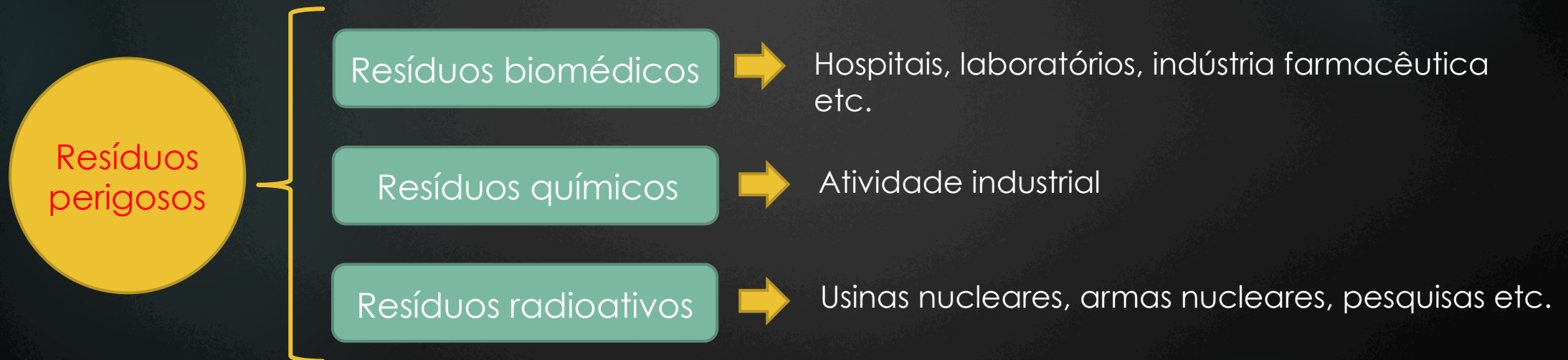


Figura 1– Composição média dos entulhos depositados no aterro de Itatinga, São Paulo (a partir de BRITO FILHO, 1999).

Resíduos perigosos

▶ NBR 10.004:

- ▶ Resíduos Classe I: Perigosos
- ▶ Resíduos Classe II: Não perigosos
 - II A: Não inertes
 - II B: Inertes



Resíduos perigosos

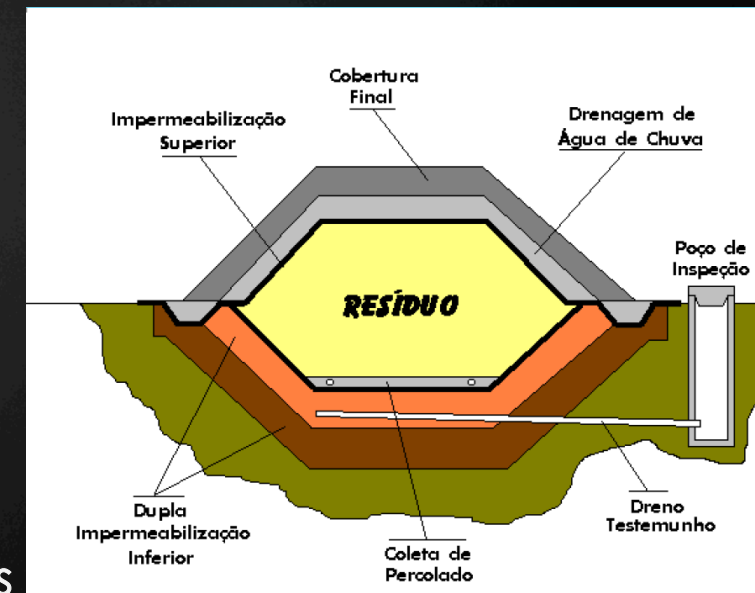
▶ Gestão de resíduos perigosos:

▶ 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