



PHA 3203

Engenharia Civil e Meio Ambiente

AULAS 4 E 5

QUALIDADE DA ÁGUA (QUESTÕES LEGAIS), OBRAS
HIDRÁULICAS E MEIO AMBIENTE

MISTURA DE POLUENTES EM CORPOS HÍDRICOS E
SANEAMENTO BÁSICO

Uso e Qualidade

Poluentes aquáticos, indicadores de qualidade (dinâmica em rios e lagos) e obras de saneamento básico



Tópicos a seguir:



- ▶ Poluentes aquáticos
- ▶ Autodepuração em rios
- ▶ Sistemas lacustres
- ▶ Indicadores de qualidade
- ▶ Meio urbano e drenagem
- ▶ Abastecimento e tratamento de água
- ▶ Coleta e tratamento de esgoto
- ▶ Reúso
- ▶ Bibliografia

Poluentes aquáticos

▶ Poluentes orgânicos:

Biodegradáveis

- ▶ Microrganismos aeróbios: consumo de O_2 , produção de CO_2
 - ▶ Competição pelo O_2 : depleção e morte de peixes
- ▶ Microrganismos anaeróbios: produção de CH_4 , CO_2 e H_2S

Recalcitrantes

- ▶ Biodegradabilidade lenta ou nula
- ▶ Persistem no ambiente
- ▶ Ex: defensivos agrícolas, detergentes sintéticos, petróleo

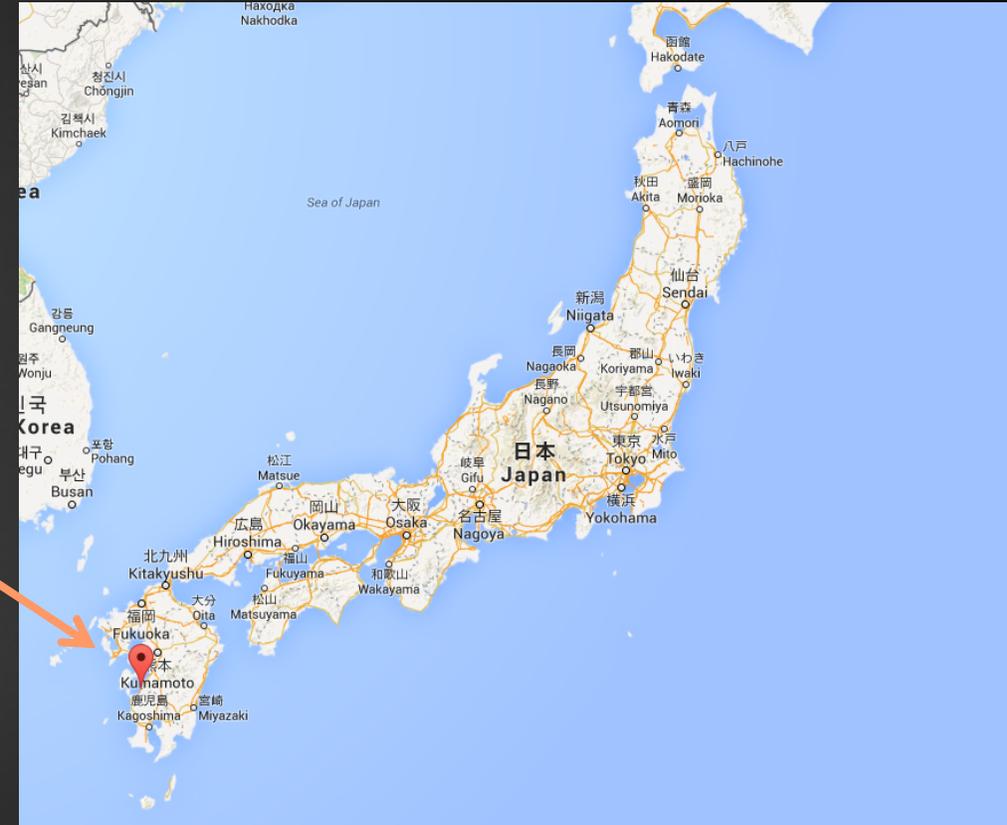
Poluentes aquáticos

▶ Metais:

- ▶ Micronutrientes (baixas concentrações)
- ▶ Toxicidade
- ▶ Bioacumulação
- ▶ Baía de Minamata (1953, Japão): Hg

▶ Radioatividade:

- ▶ Presente em águas naturais (baixas concentrações)
- ▶ Aumento devido a uso bélico, energético, médico, em pesquisa etc
- ▶ Danos imediatos e a longo prazo (genéticos)

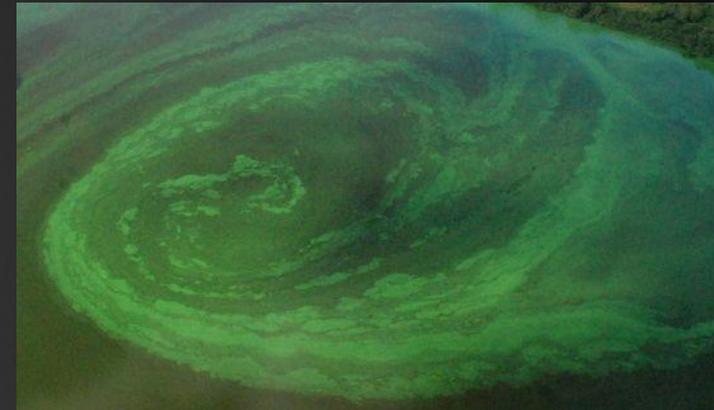




Desastre de Minamata (Japão - 1956). Mais de 900 pessoas morreram devido a envenenamento por mercúrio, lançado na Baía de Minamata por uma fábrica de acetaldeído e PVC. Cerca de 2 milhões de pessoas podem ter sido afetadas por comer peixe contaminado (1930-1956).

Poluentes aquáticos

- ▶ Nutrientes: N e P
 - ▶ Fundamentais para a vida aquática
 - ▶ Limitam o crescimento de algas
 - ▶ Excesso: eutrofização (veremos mais adiante)
 - ▶ Fertilizantes
- ▶ Organismos patogênicos:
 - ▶ Diminuição da qualidade de vida humana e ocupação de boa parte dos leitos hospitalares
- ▶ Sólidos em suspensão: turbidez
- ▶ Calor: afeta a biota



Indicadores de qualidade

▶ Físicos

Cor

Turbidez

Sabor

Odor

▶ Químicos

pH

Salinidade

Dureza

Alcalinidade

Corrosividade

Fe e Mn

DBO

N e P

OD

Cloretos

Metais pesados

Fenóis

Detergentes

Agrotóxicos

Radioatividade

▶ Biológicos

Algas

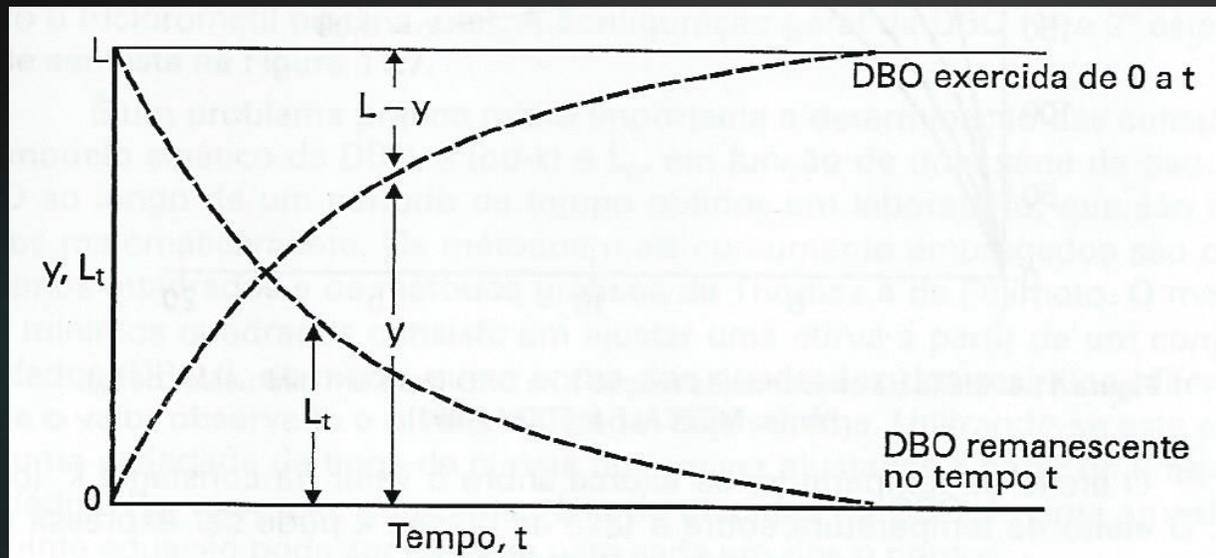
Coliformes



Patogênicos

Autodepuração

- ▶ Conceito de DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio
 - ▶ Medida indireta de matéria orgânica biodegradável



Fonte: Piveli & Kato (2006)

- corresponde ao oxigênio consumido na degradação da matéria orgânica, a uma temperatura média de $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 5 dias
-
- é um parâmetro fundamental no projeto de estações de tratamento biológico

DBO_{5,20}



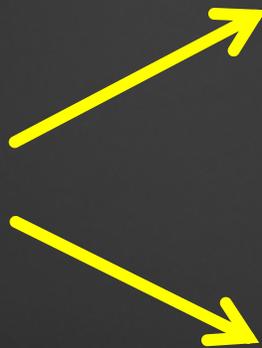
mg O₂/L

Quantidade de oxigênio necessária para degradar biologicamente a amostra líquida

Autodepuração

- ▶ Conceito de DQO: Demanda Química de Oxigênio
 - ▶ Medida indireta de matéria orgânica oxidável
 - ▶ Não faz distinção entre biodegradável e não-biodegradável

DBO/DQO



Alta: amostra muito biodegradável

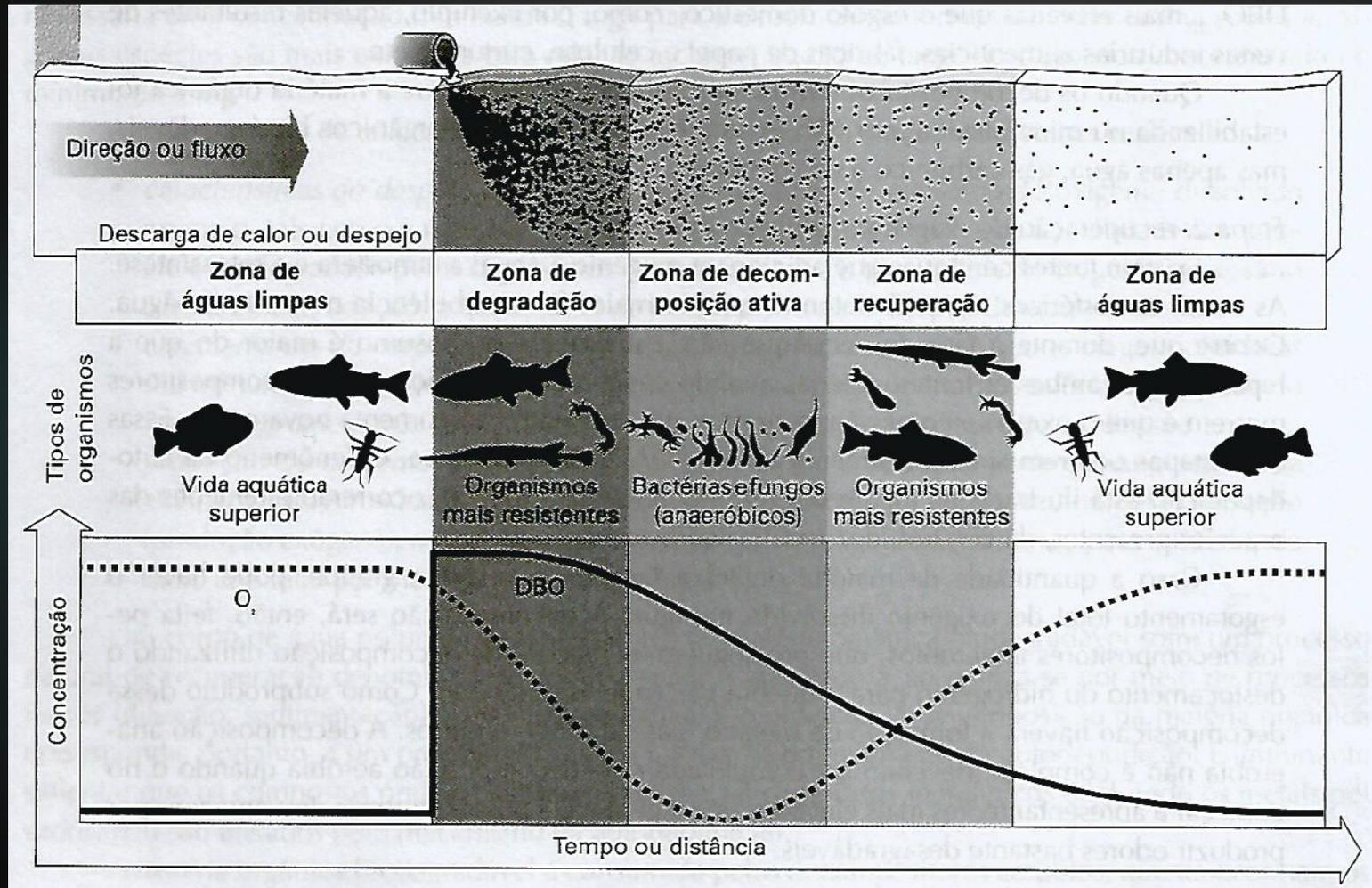
Ex: esgoto sanitário

Baixa: amostra pouco biodegradável

Ex: efluente de indústrias metalúrgicas

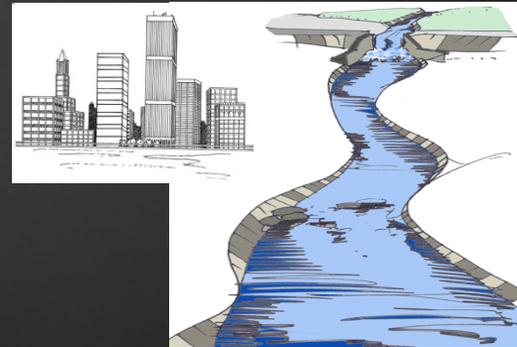
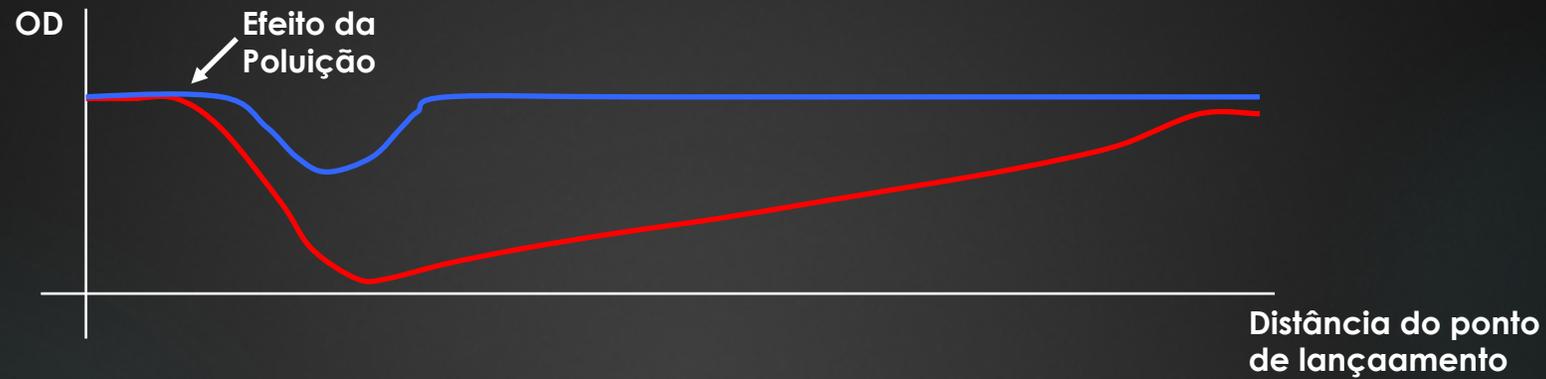
Autodepuração

- ▶ Corpos receptores têm uma capacidade limitada de autodepuração



Modelo de Streeter-Phelps

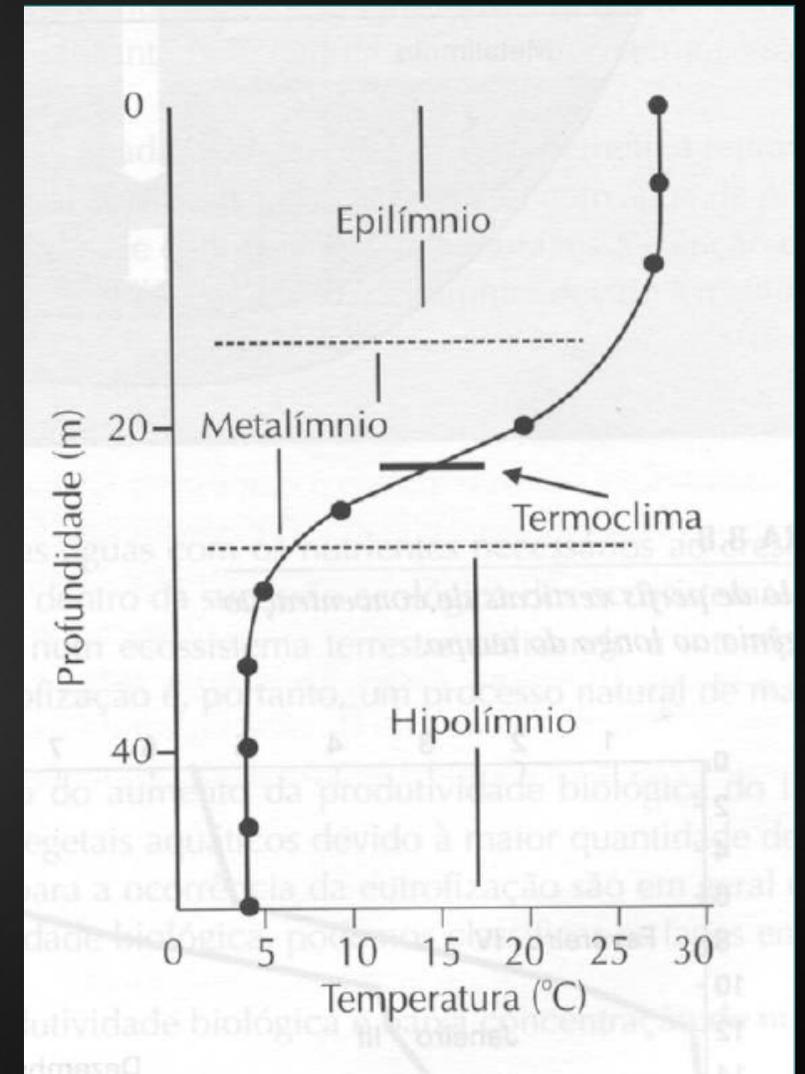
Autodepuração



Porte da fonte poluidora e do corpo receptor são variáveis importantes

Sistemas Lacustres

- ▶ Estratificação térmica:
 - ▶ Variação de temperatura e densidade
 - ▶ Epilímnio: águas mais quentes e com OD
 - ▶ Melhor qualidade
 - ▶ Hipolímnio: águas frias, sem OD, com matéria orgânica
 - ▶ Pior qualidade
- ▶ Homogeneização pode causar problemas na biota

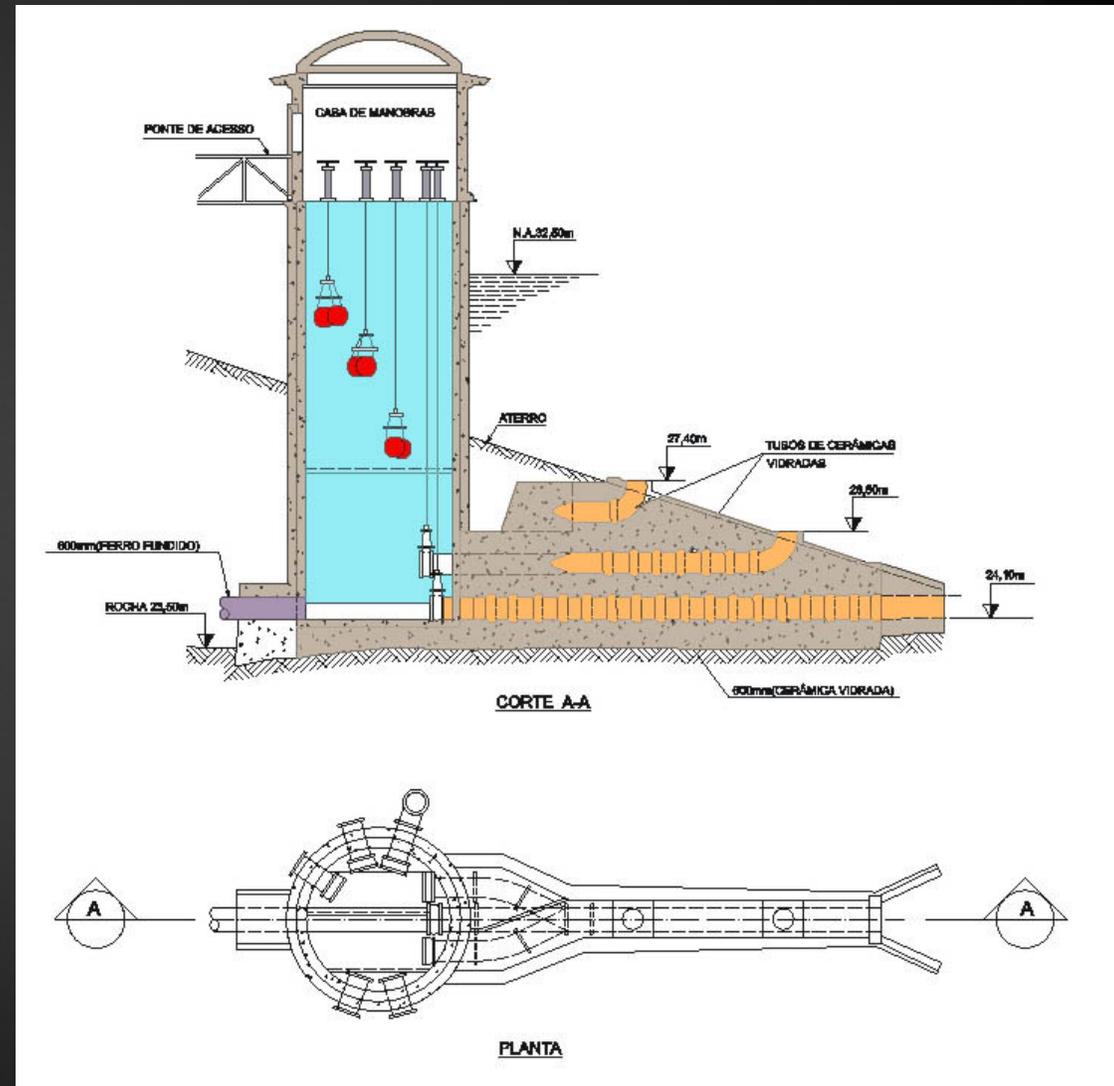


Sistemas lacustres

- ▶ Tomada de água em lagos:
 - ▶ Variação de nível de captação



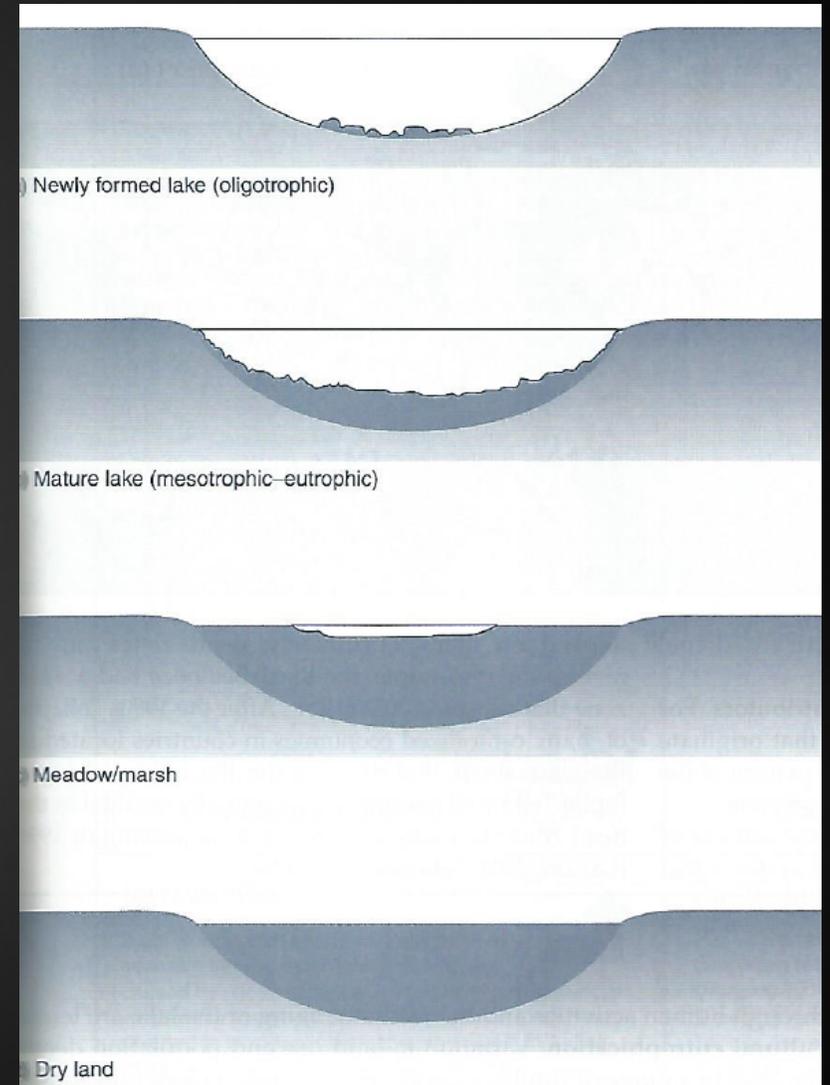
Captação no reservatório Billings



Fonte: Tsutiya (2005)

Sistemas lacustres

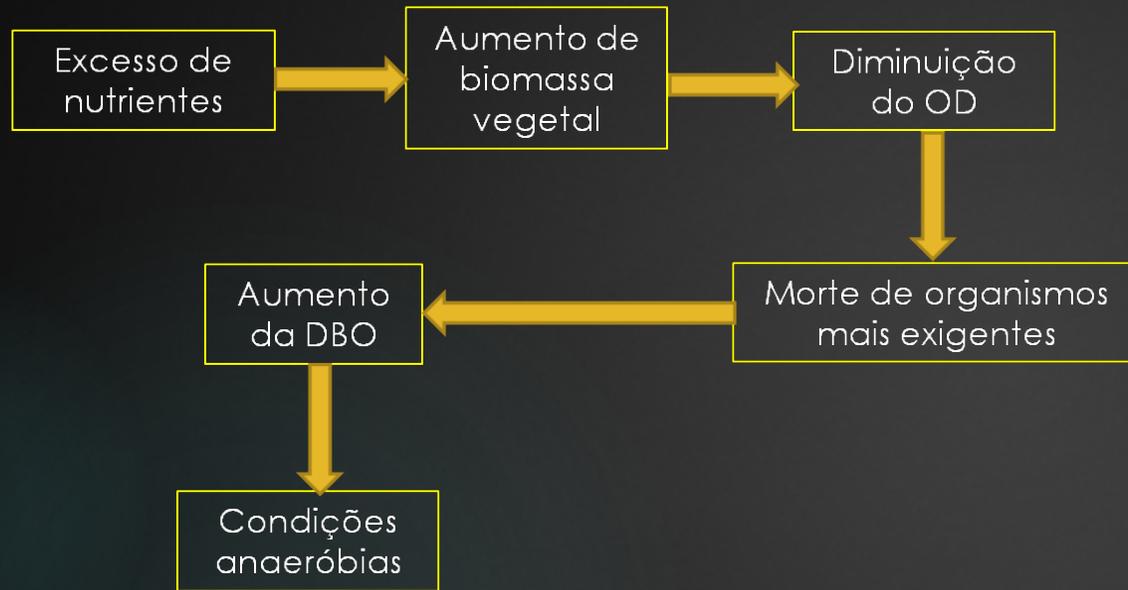
- ▶ Eutrofização
 - ▶ Aumento da concentração de nutrientes
 - ▶ Processo natural ou acelerado pela atividade humana
- ▶ Eutrofização natural
 - ▶ Lagos se convertem em meios terrestres
 - ▶ Longos períodos



Fonte: Mihelcic & Zimmerman (2010)

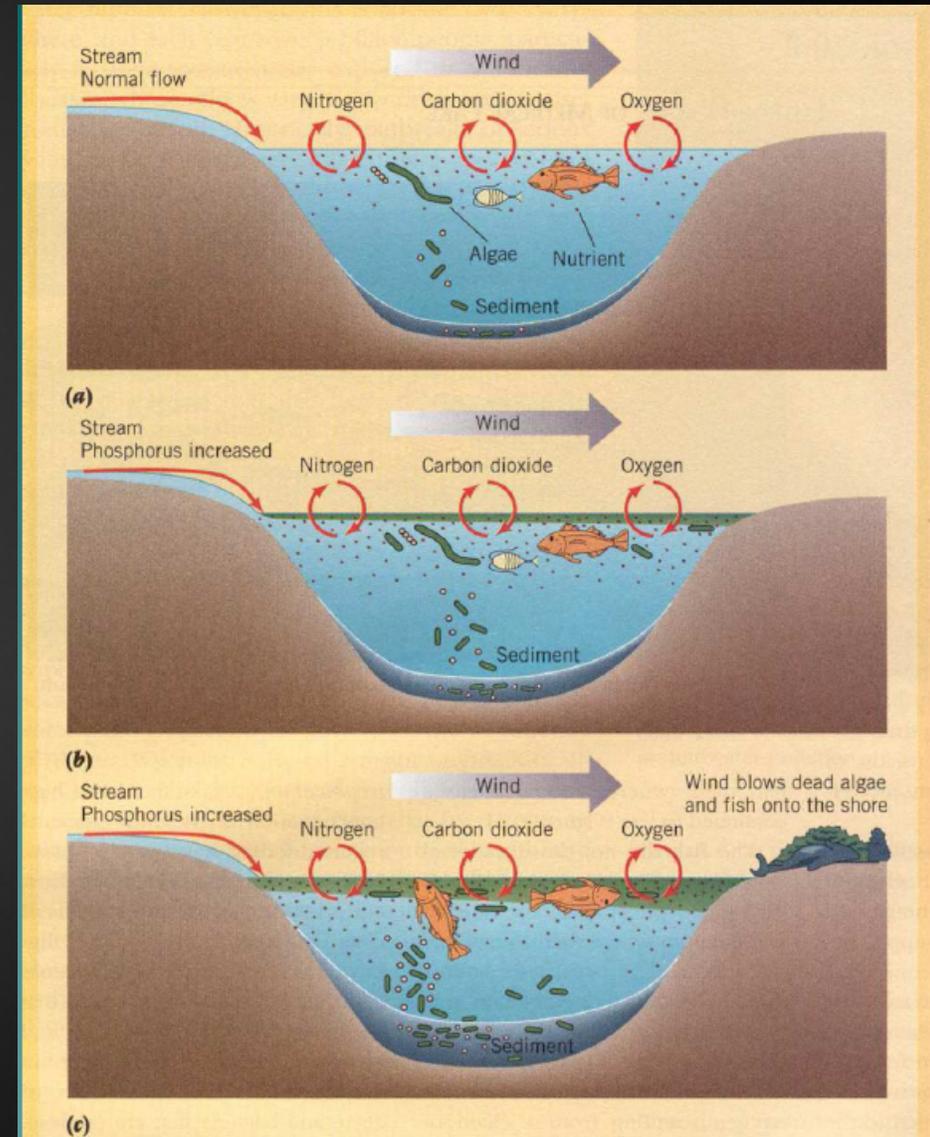
Sistemas lacustres

- ▶ Eutrofização acelerada pela atividade humana:



- ▶ Controle da eutrofização acelerada

- ▶ Remoção de nutrientes N e P
- ▶ Controle de fertilizantes
- ▶ Tratamento terciário de águas residuárias (remoção dos organismos patogênicos ou N e P)



Sistemas lacustres

Represa de
Guarapiranga:



<http://blogs.estadao.com.br/olhar-sobre-o-mundo/represa-guarapiranga/>



Obras de saneamento básico:
água de abastecimento, esgoto,
drenagem e resíduos sólidos

Drenagem Urbana



Meio urbano e drenagem

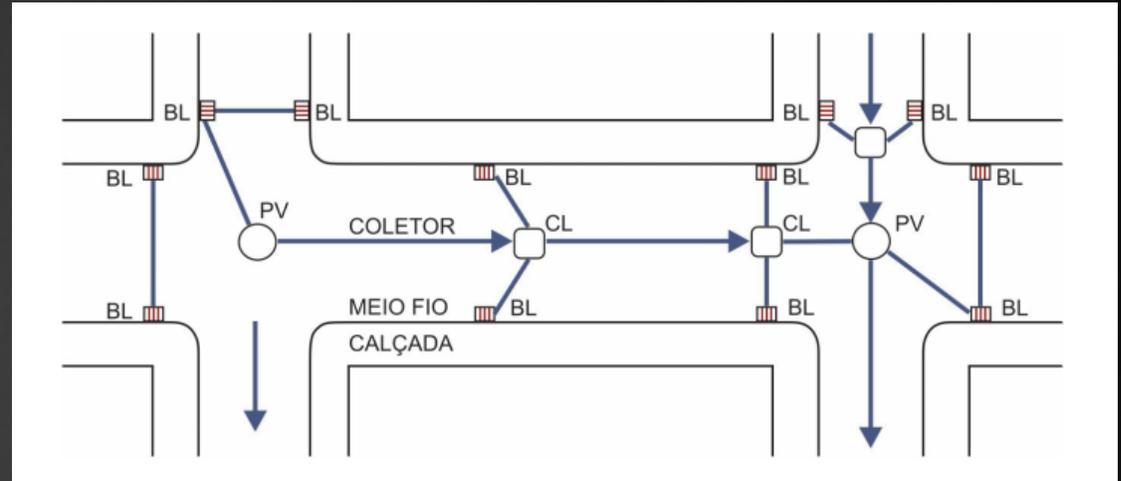
- ▶ Excesso de água? Ou obstáculos ao escoamento das águas?
- ▶ Ocupação historicamente desordenada
- ▶ Impermeabilização das superfícies
- ▶ Ocupação de áreas de várzea



São Paulo, 1970
<http://fotografia.folha.uol.com.br/>

Meio Urbano e Drenagem: Medidas Estruturais

- ▶ Rede de Microdrenagem
- ▶ Sistemas de Macrodrenagem:
 - ▶ Reservatórios (Piscinões)
 - ▶ Canalização de córregos e rios
 - ▶ Dissipadores de energia
 - ▶ Drenagem forçada (diques e bombas)



Fonte: Manual de Drenagem (2012)

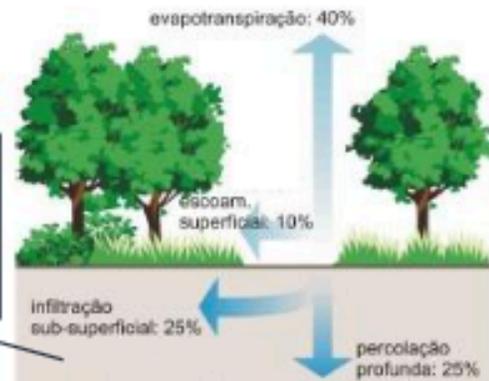
Meio Urbano e Drenagem: Novas abordagens projetuais

Conceitos de revitalização e
convivência com a água de chuva
(resiliência)

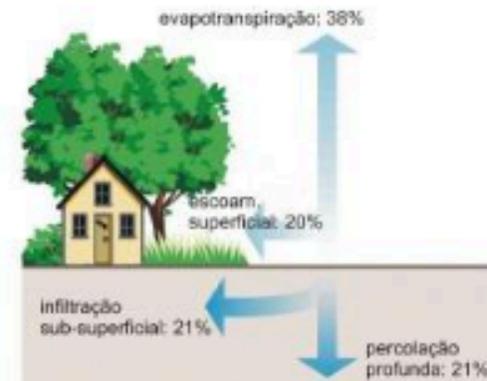
além das chamadas medidas não
estruturais (regulamentação do uso e
ocupação do solo e sistemas de alerta,
por exemplo)

CICLO HIDROLÓGICO MODIFICADO

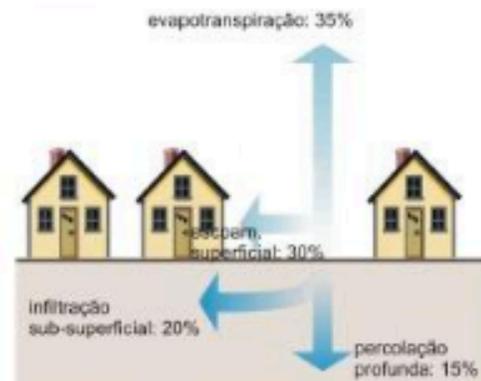
**ESCOAMENTO SUPERFICIAL 10 %
INFILTRAÇÃO 50%**



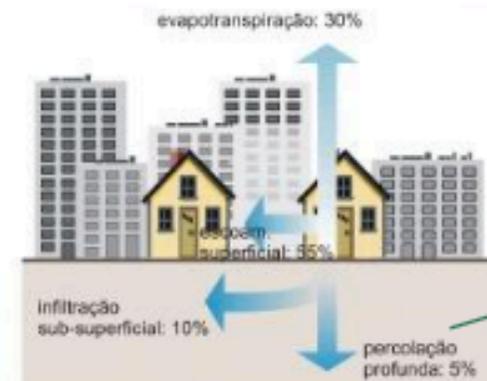
Cobertura natural do solo



10%-20% de superfície impermeável



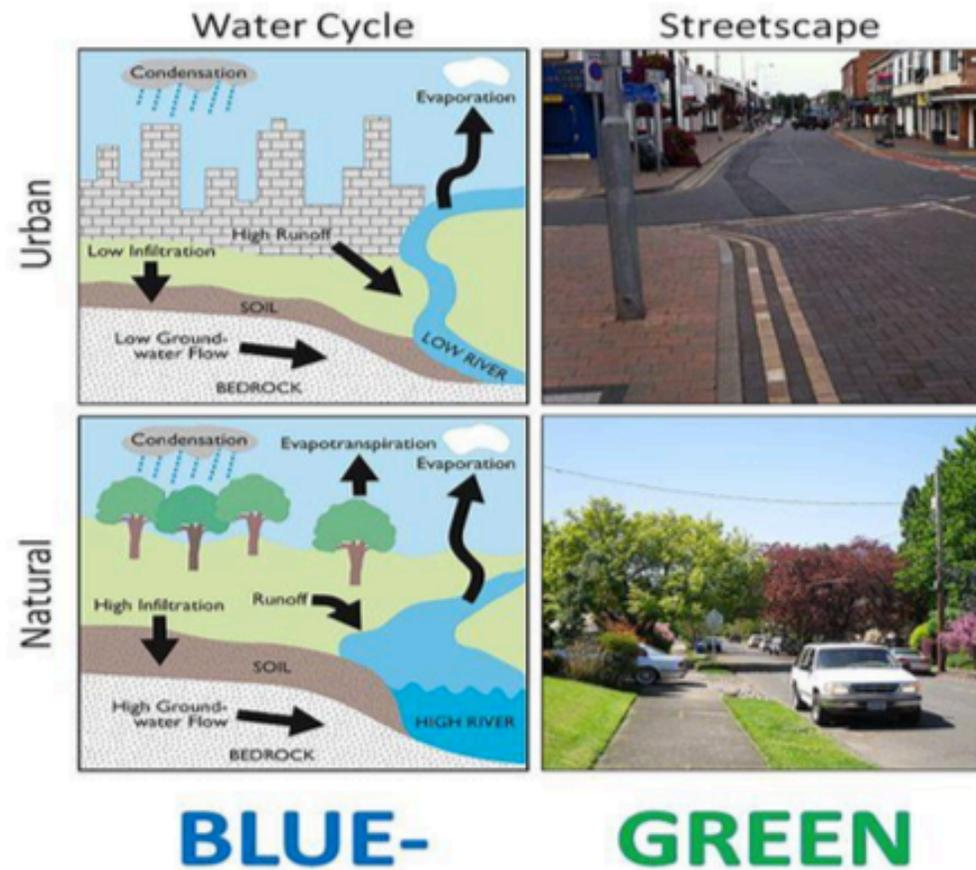
35%-50% de superfície impermeável



75%-100% de superfície impermeável

**ESCOAMENTO SUPERFICIAL 55%
INFILTRAÇÃO 15 %**

INFRA ESTRUTURA VERDE E AZUL



INFRA ESTRUTURA VERDE E AZUL



RUA PARA CARROS



RUA PARA PESSOAS



RUA PARA ÁGUA

INFRA ESTRUTURA VERDE E AZUL



Light imprint/DPZ



Meio urbano e drenagem

► Poluição pela carga difusa:

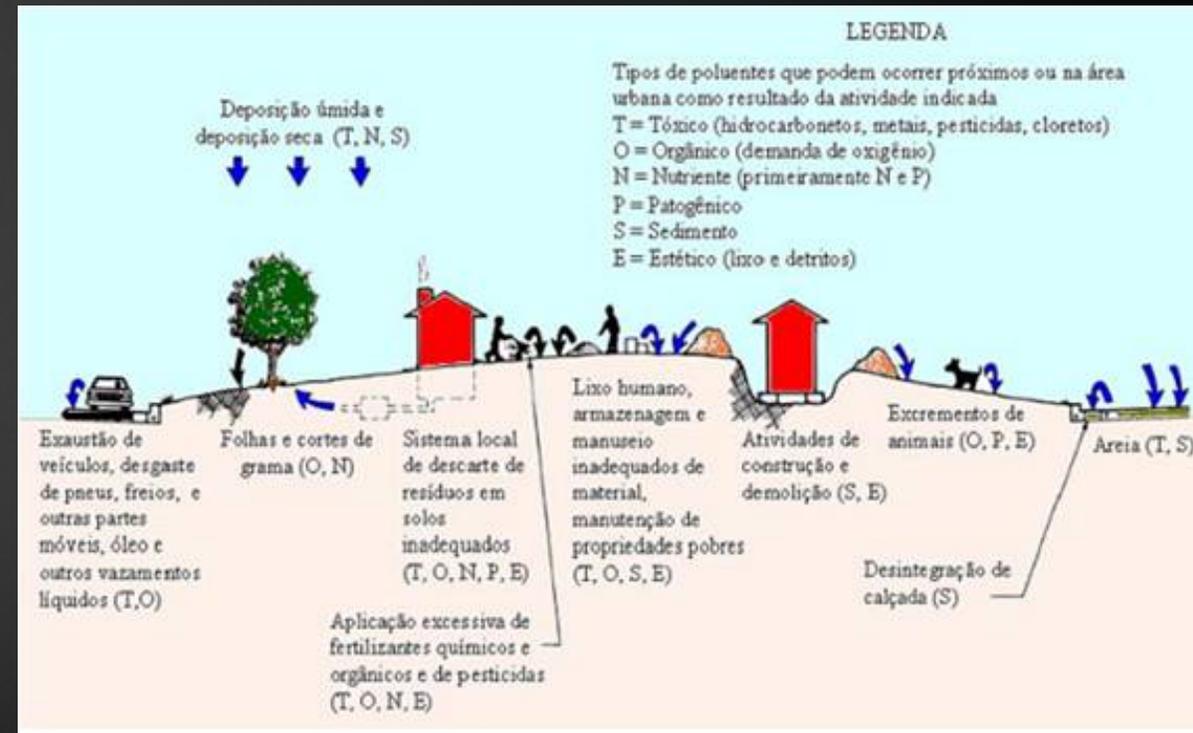
a intensidade da carga orgânica e de sedimentos no início do escoamento diminui ao longo do tempo; porém, não significa uma melhora nos poluentes tóxicos, biológicos e químicos



poluição difusa provém de diversas fontes, tais como:

freios de automóveis, resíduos de pneus, resíduos de pinturas em geral, fezes de animais, resíduos de ferro, zinco, cobre e alumínio de materiais de construção, deposição seca e úmida de particulados de hidrocarbonetos, restos de vegetação, derramamentos, erosão fuligem, poeira, enxofre, metais, pesticidas, nitritos e nitratos, cloretos, fluoretos silicatos, cinzas, compostos químicos e resíduos sólidos, entre outros.

Fonte: Porto e Tucci



Abastecimento de Água



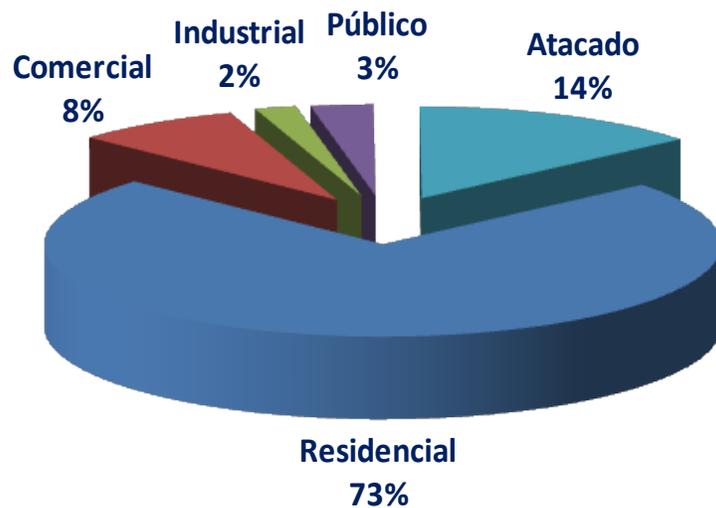
A água potável pode ser definida como a água própria para consumo, ou seja, livre de substâncias e organismos que possam trazer doenças, sem cor, gosto, ou cheiro. Para que uma água seja considerada potável, devemos, verificar suas características físicas, químicas e biológicas. (critério de potabilidade)



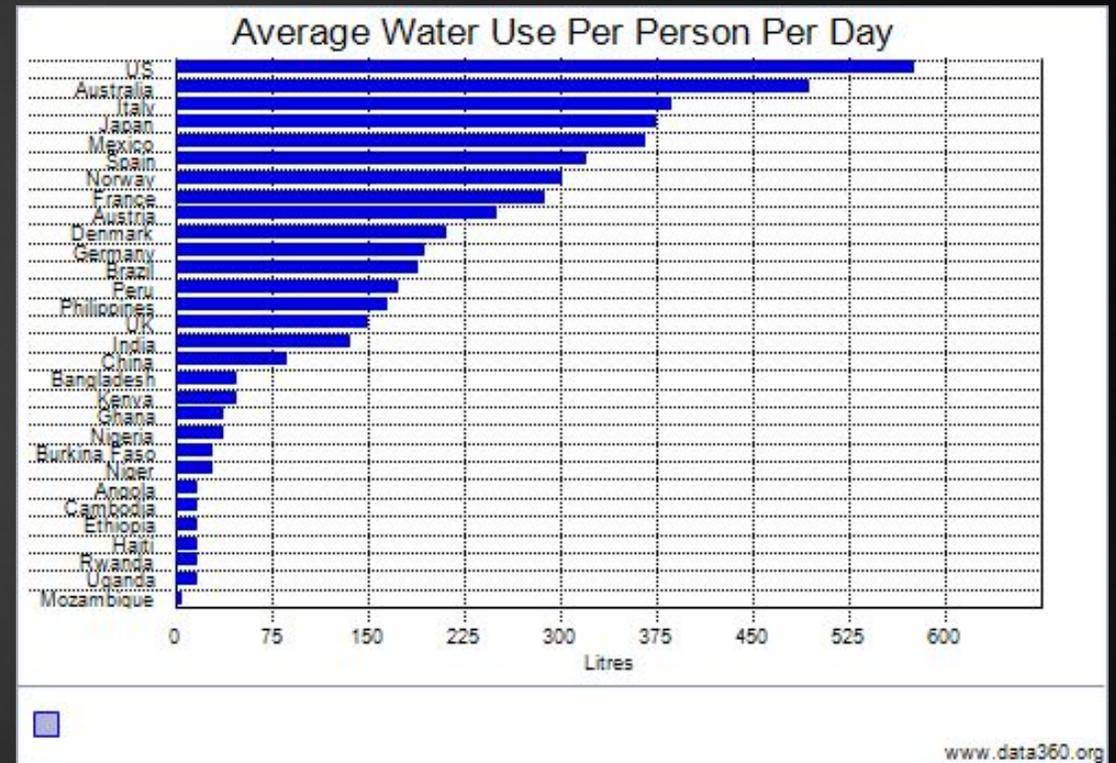
PORTARIA Nº 2914, DE 12 DE
DEZEMBRO DE 2011 MINISTÉRIO DA
SAÚDE

Abastecimento de água

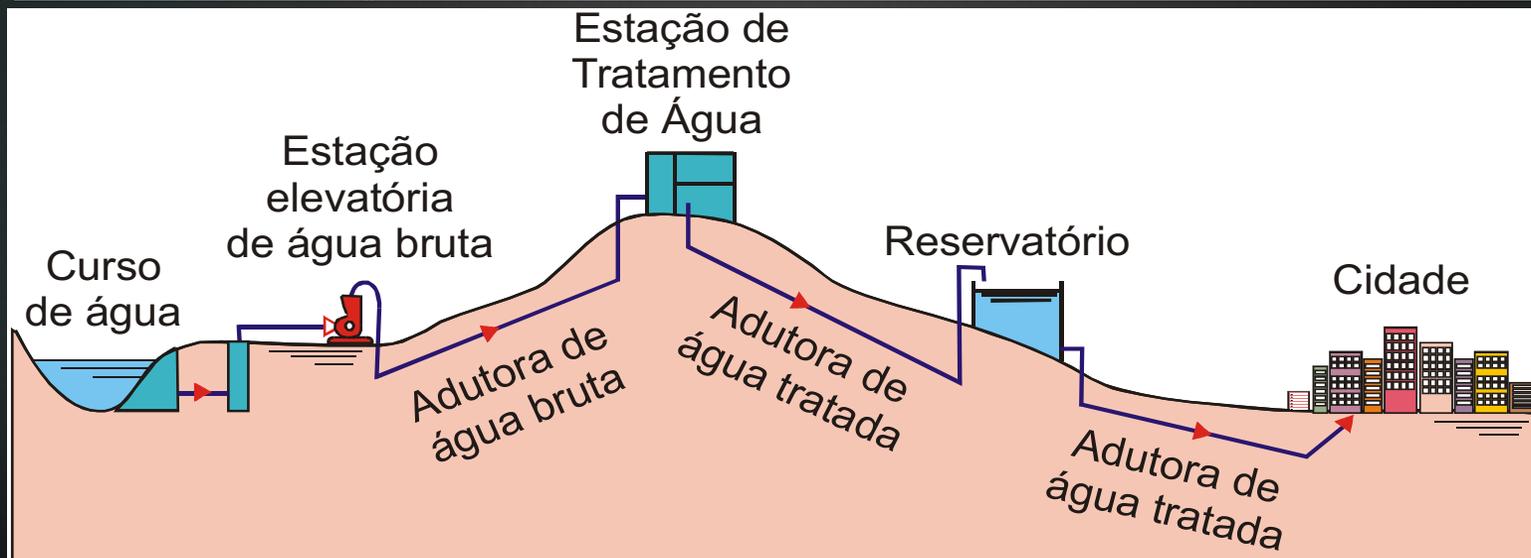
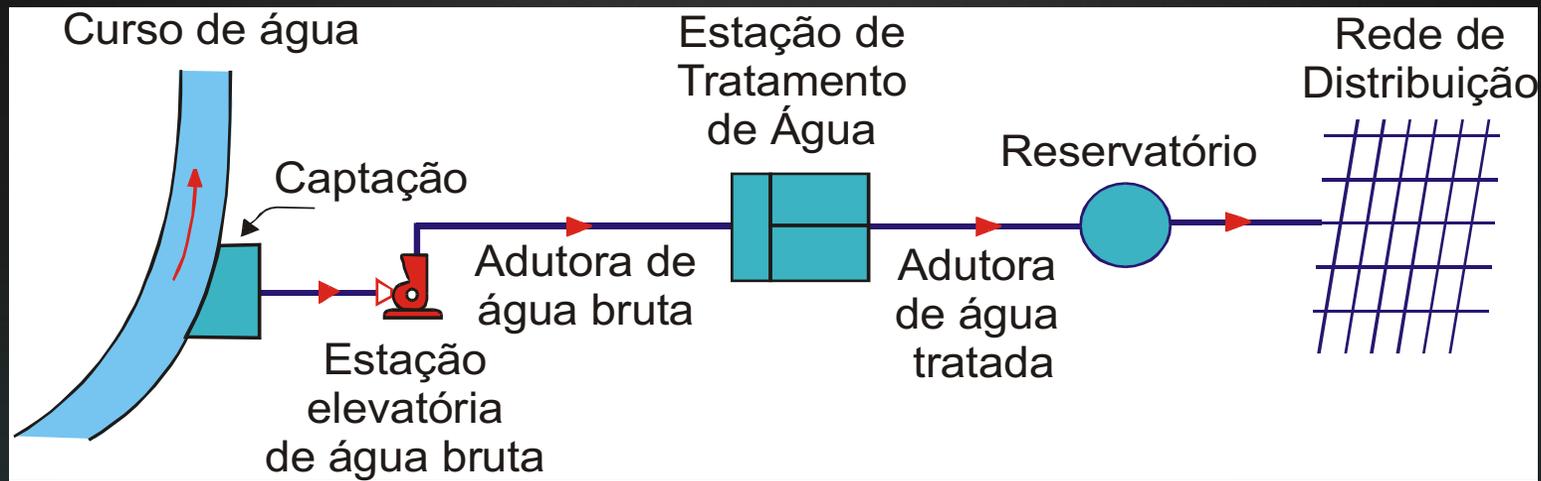
- ▶ Volume faturado por categoria (SABESP, 2011)



- ▶ Consumo per capita (L/hab.dia):

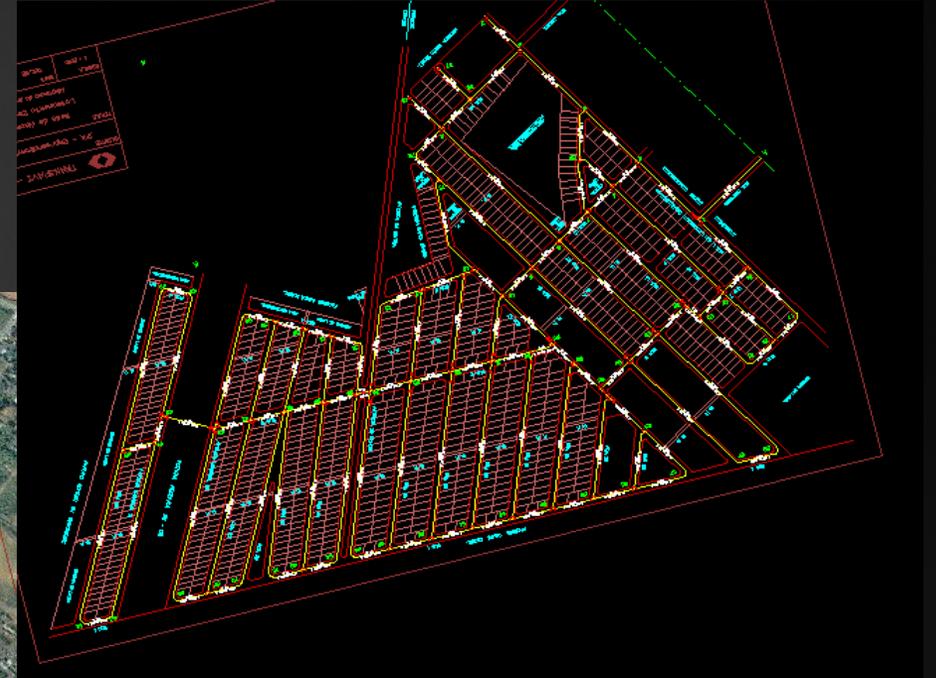


Abastecimento de água



Abastecimento de água

- ▶ Redes de abastecimento de água



Abastecimento de água

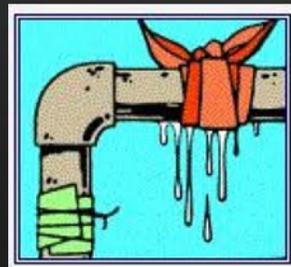
▶ Perdas

DESPERDÍCIO

Mal uso da água

*Programas de uso
racional da água*

(usuário)



PERDAS DE ÁGUA

Vazamentos e
outras perdas

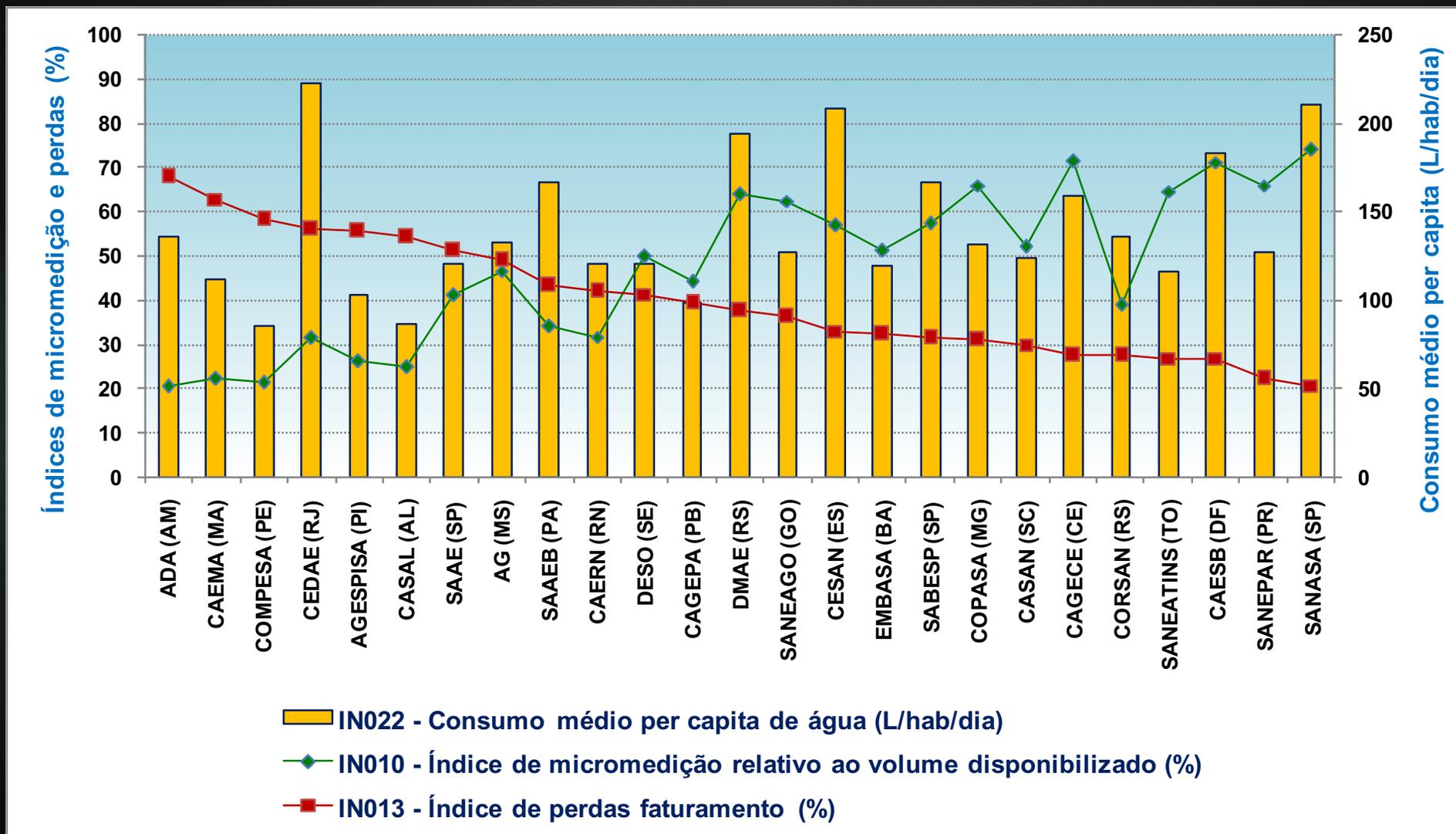
*Programas de
controle de perdas*

(sistema)



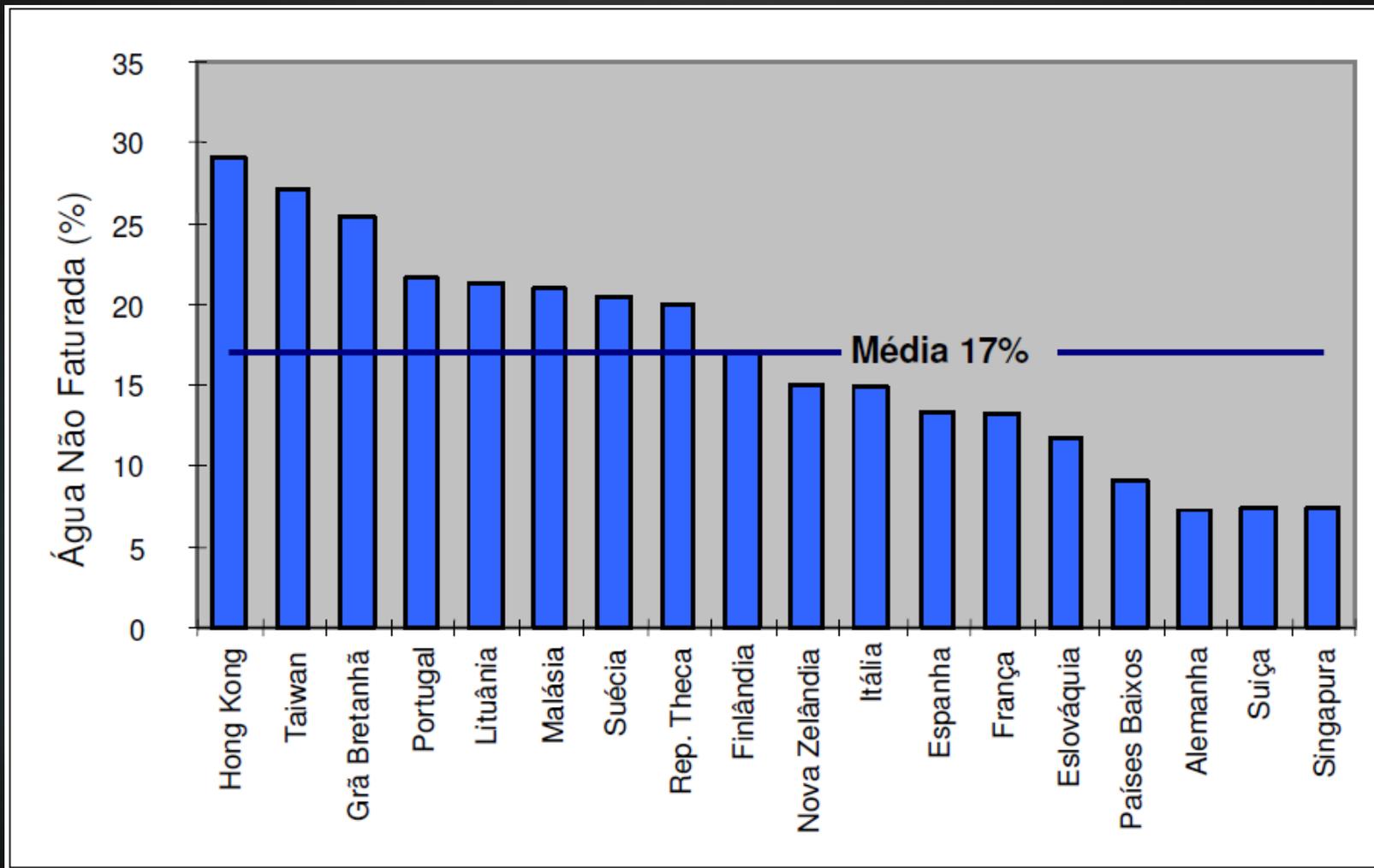
Abastecimento de água

▶ Perdas no Brasil: 20 a 70%!



Abastecimento de água

▶ Perdas em outros países



Tratamento de Água

➤ Adequação ao padrão para consumo humano:

➤ Portaria MS 518/2004; MS 2914/2011

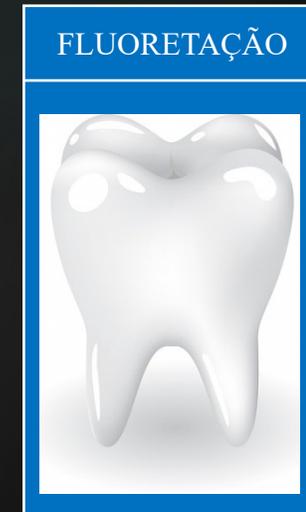
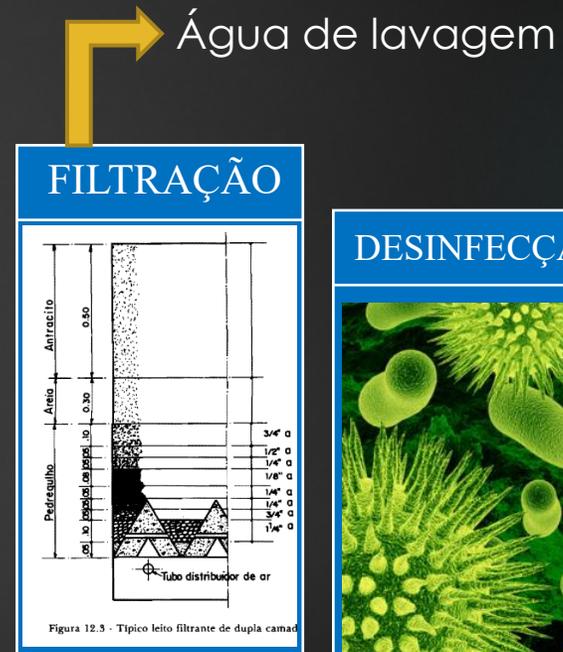
➤ Art 5º , II:

➤“- água **potável**: água que atenda ao padrão de potabilidade estabelecido nesta Portaria e que não ofereça riscos à saúde

Anexo I	Padrão microbiológico
Anexos II e III	Turbidez
Anexo IV, V e VI	Tempo de contato na desinfecção
Anexo VII	Substâncias químicas/risco à saúde
Anexo VIII	Cianotoxinas
Anexo IX	Radioatividade
Anexo X	Organoléptico
Anexos XI, XII, XIII, XIV e XV	Amostragem e monitoramento

Tratamento de Água

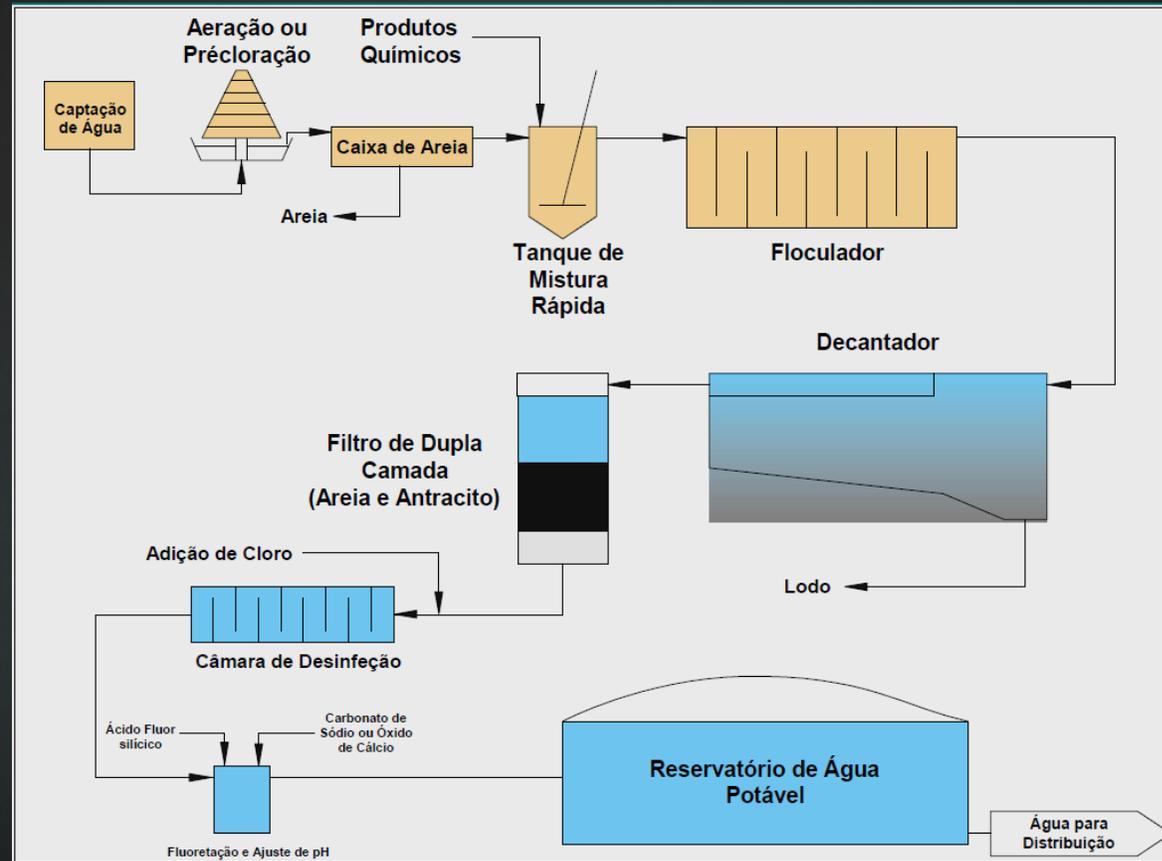
► Tratamento convencional



+Correção do pH

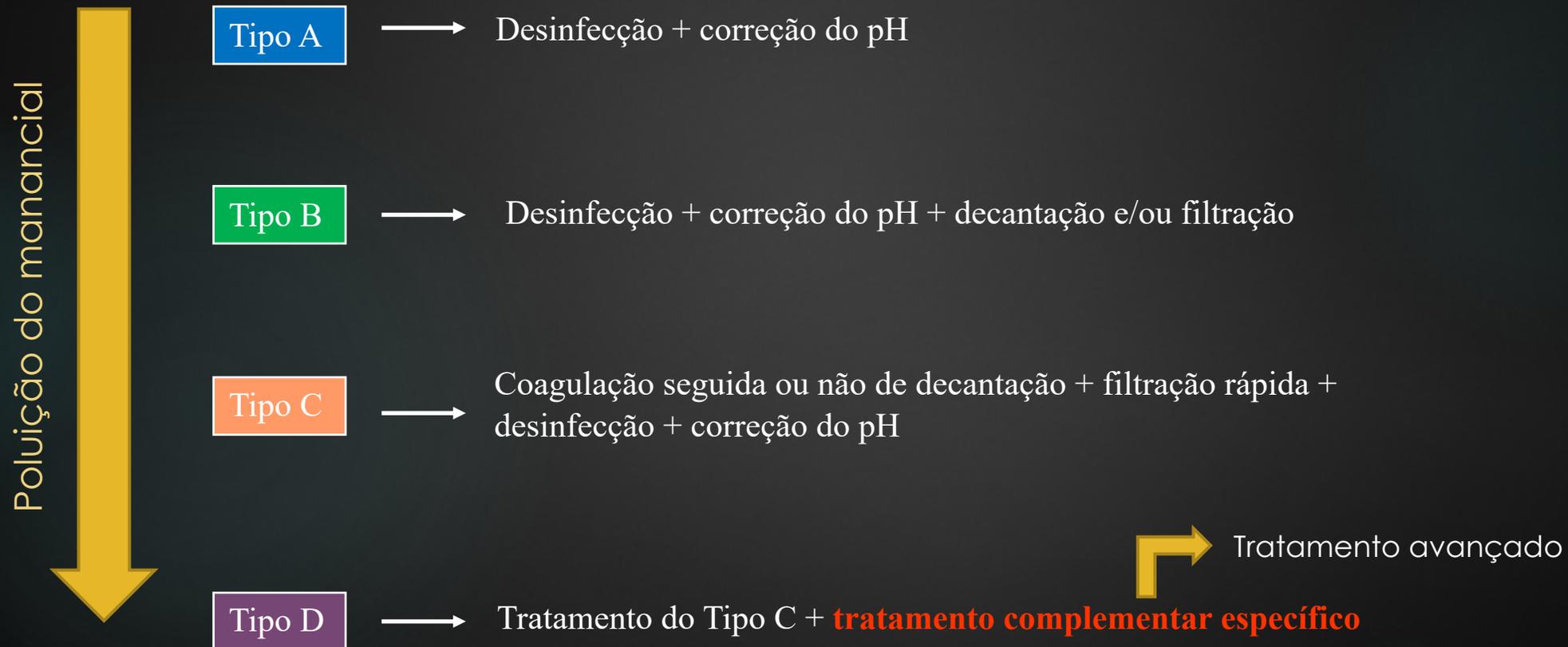
Tratamento de Água

▶ Tratamento convencional

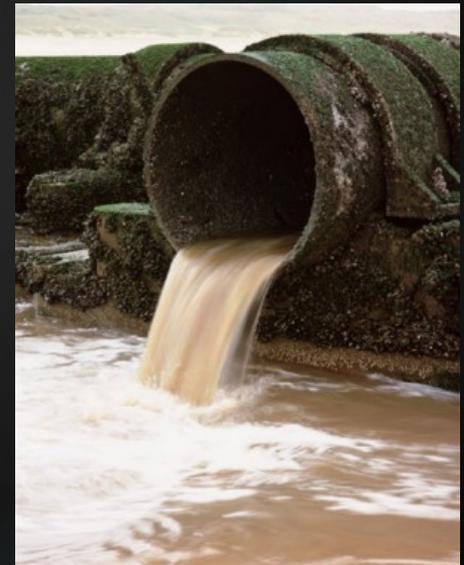


Tratamento de Água

➤ Tratamento depende da qualidade da água bruta



Coleta e Tratamento de Esgoto



Coleta de esgoto

- ▶ Esgoto sanitário:



- ▶ Brasil: Sistema Separador Absoluto

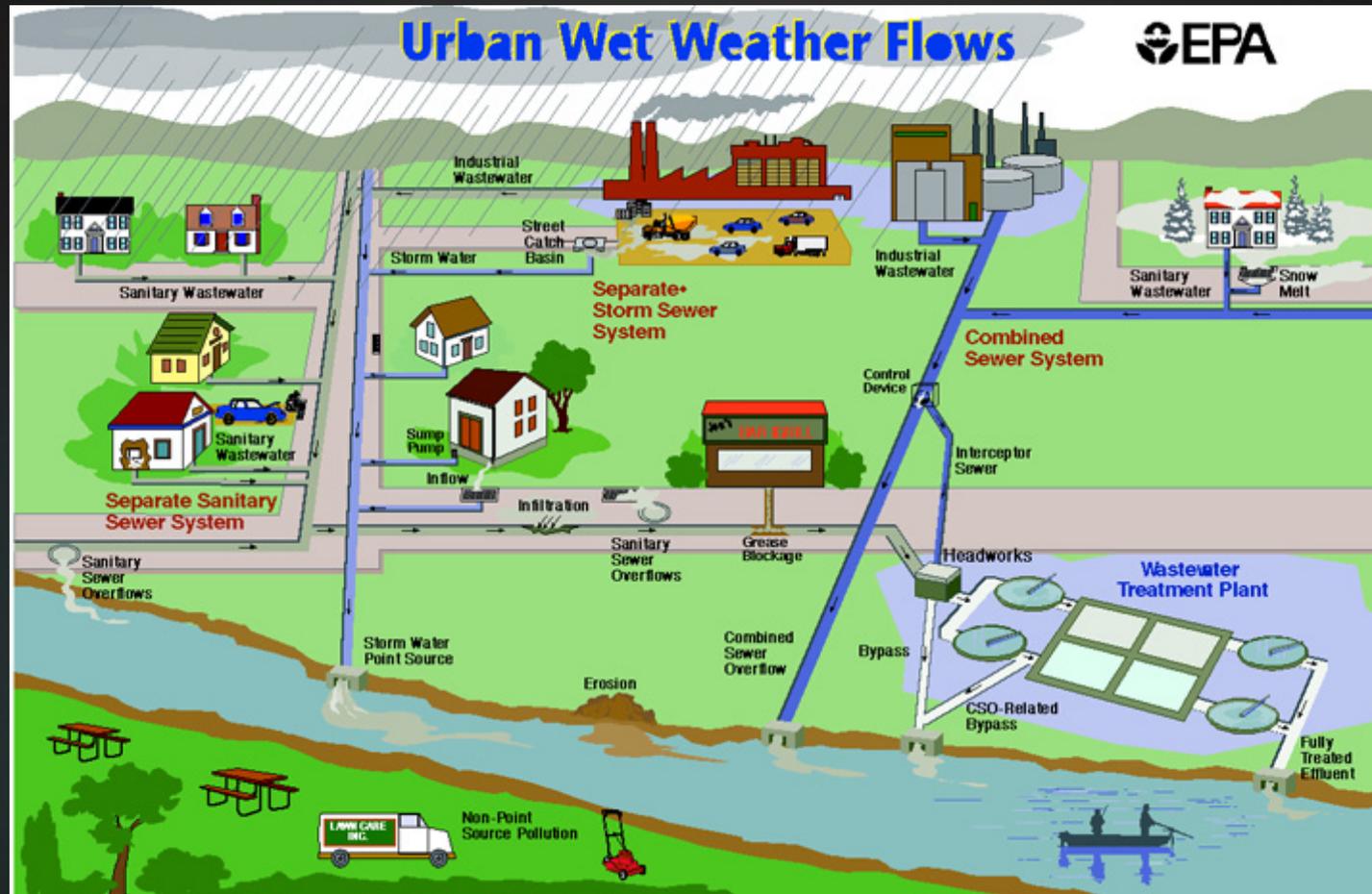


(em teoria)

- ▶ Composição: 99,9% água

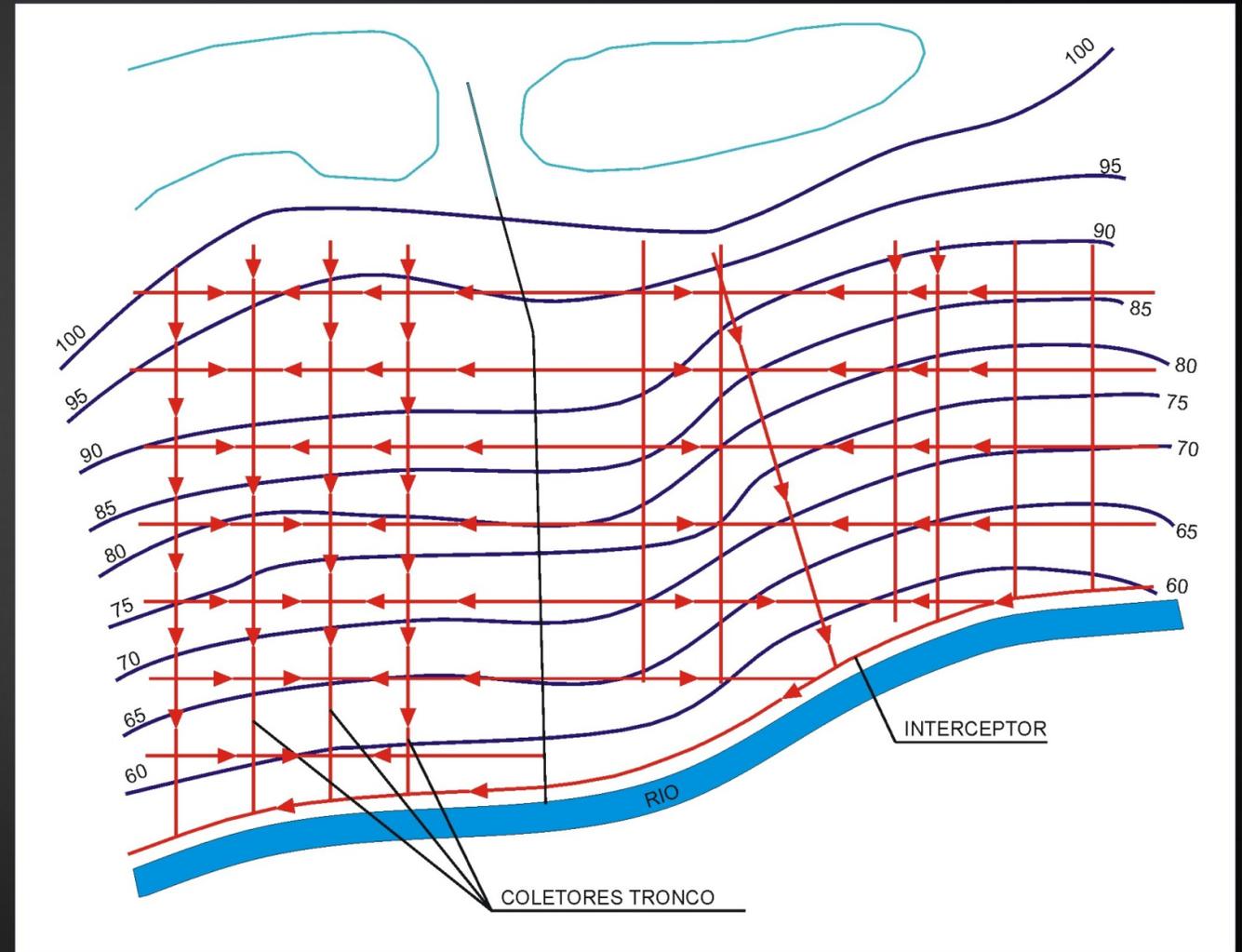
- ▶ Esgoto doméstico: grande quantidade, composição relativamente uniforme
- ▶ Esgoto industrial: menor quantidade, composição específica para cada caso

Coleta de esgoto



Coleta de esgoto

- ▶ Partes constituintes:
 - ▶ Rede coletora
 - ▶ Interceptor
 - ▶ Emissário
 - ▶ Estação Elevatória (EEE)
 - ▶ Sifão invertido
 - ▶ Estação de Tratamento (ETE)
 - ▶ Lançamento
 - ▶ Corpo receptor
 - ▶ Emissário submarino



Tratamento de esgoto

- ▶ Tratamento é feito através da combinação de uma ampla gama de unidades que podem ser:
- ▶ Físico-químicas: para separações físicas como gradeamento e sedimentação, e reações químicas de precipitação



- ▶ Biológicas: uso de microrganismos mantidos em altas concentrações para eliminar os poluentes, em tanques denominados reatores biológicos



Tratamento de esgoto

Tratamento preliminar

- ▶ Remoção de sólidos grosseiros/gorduras
- ▶ Gradeamento/caixa de areia

Tratamento primário

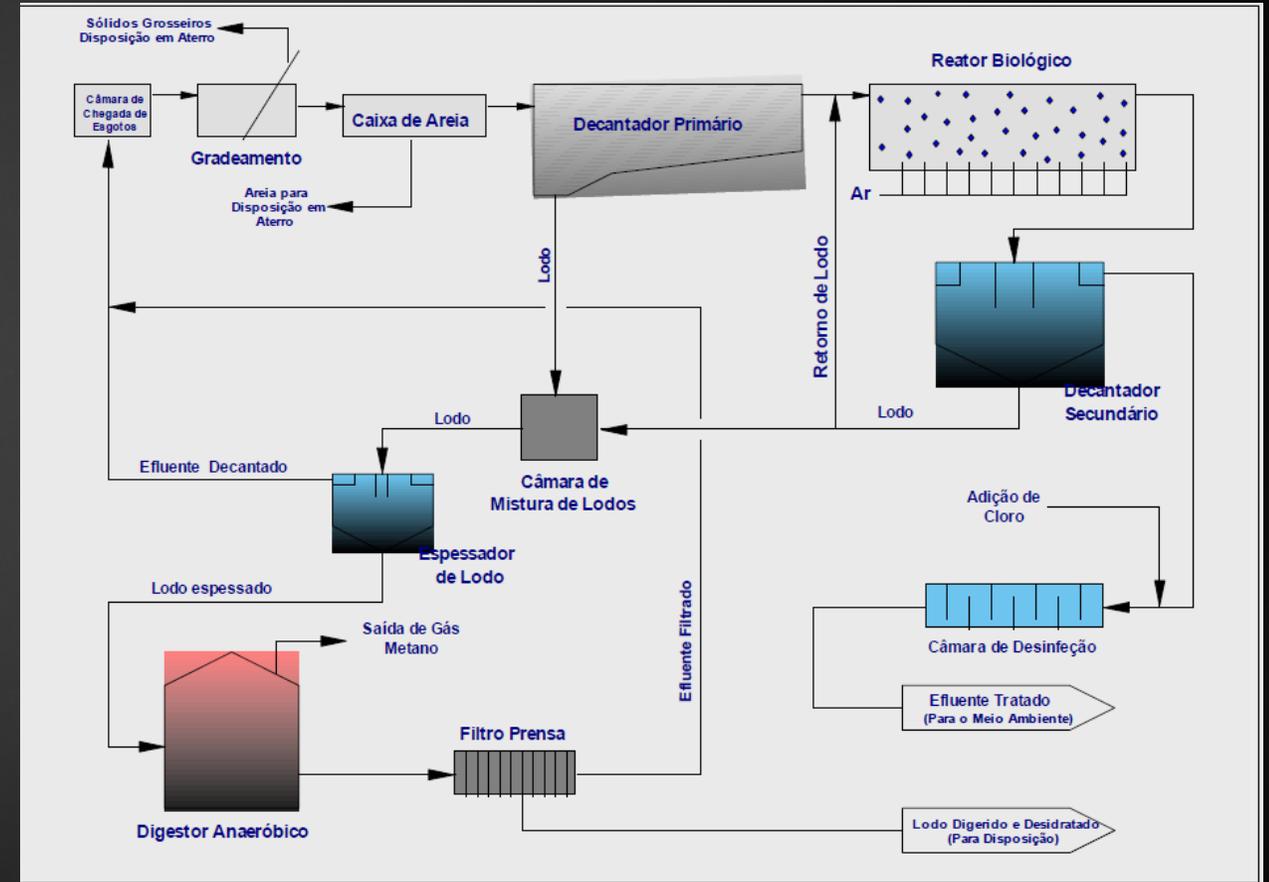
- ▶ Remoção de sólidos sedimentáveis
- ▶ Decantador/flotador/digestor de lodo

Tratamento secundário

- ▶ Remoção de matéria orgânica
- ▶ Reatores biológicos/Lagoas

Tratamento terciário

- ▶ Remoção de nutrientes/orgânicos complexos
- ▶ Unidades específicas



Reúso da Água



Reúso

- Crescente escassez de água:
 - Necessidade de disciplinar o uso
- Reúso: Grau depende do uso anterior

REÚSO POTÁVEL DIRETO

- Esgoto recuperado por meio de tratamento avançado é injetado diretamente no sistema de água potável
- **Muito arriscado**

REÚSO POTÁVEL INDIRETO

- descarga no ambiente e depois captação e tratamento
- mananciais, poços e recargas de aquíferos

Reúso

REÚSO NÃO POTÁVEL

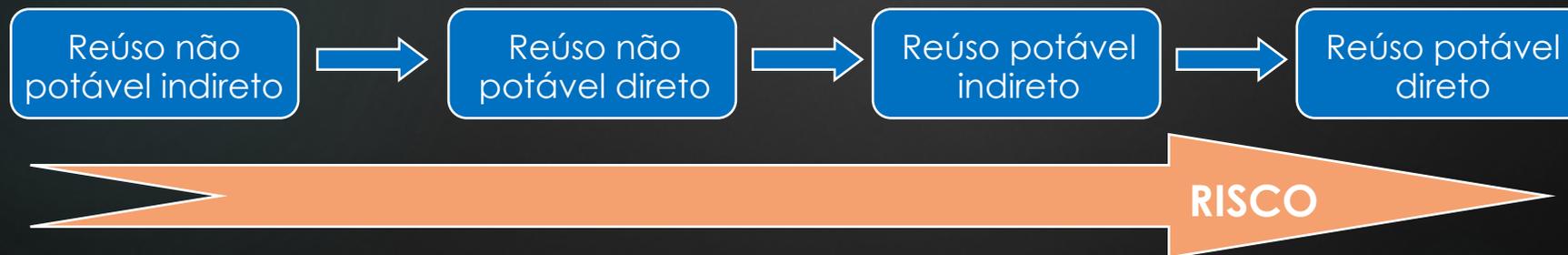
- Fins agrícolas
- Fins recreacionais: lagos, paisagismo, parques, campos esportivos
- Fins industriais
- Fins domésticos: descargas sanitárias, jardins, lavagens
- Manutenção de vazões de cursos de água: diluição de cargas poluidoras, manutenção de vazões mínimas na estiagem
- Aqüicultura
- Recarga de aquíferos: evitar rebaixamento, intrusão de água do mar, armazenamento de esgoto tratado

Reúso

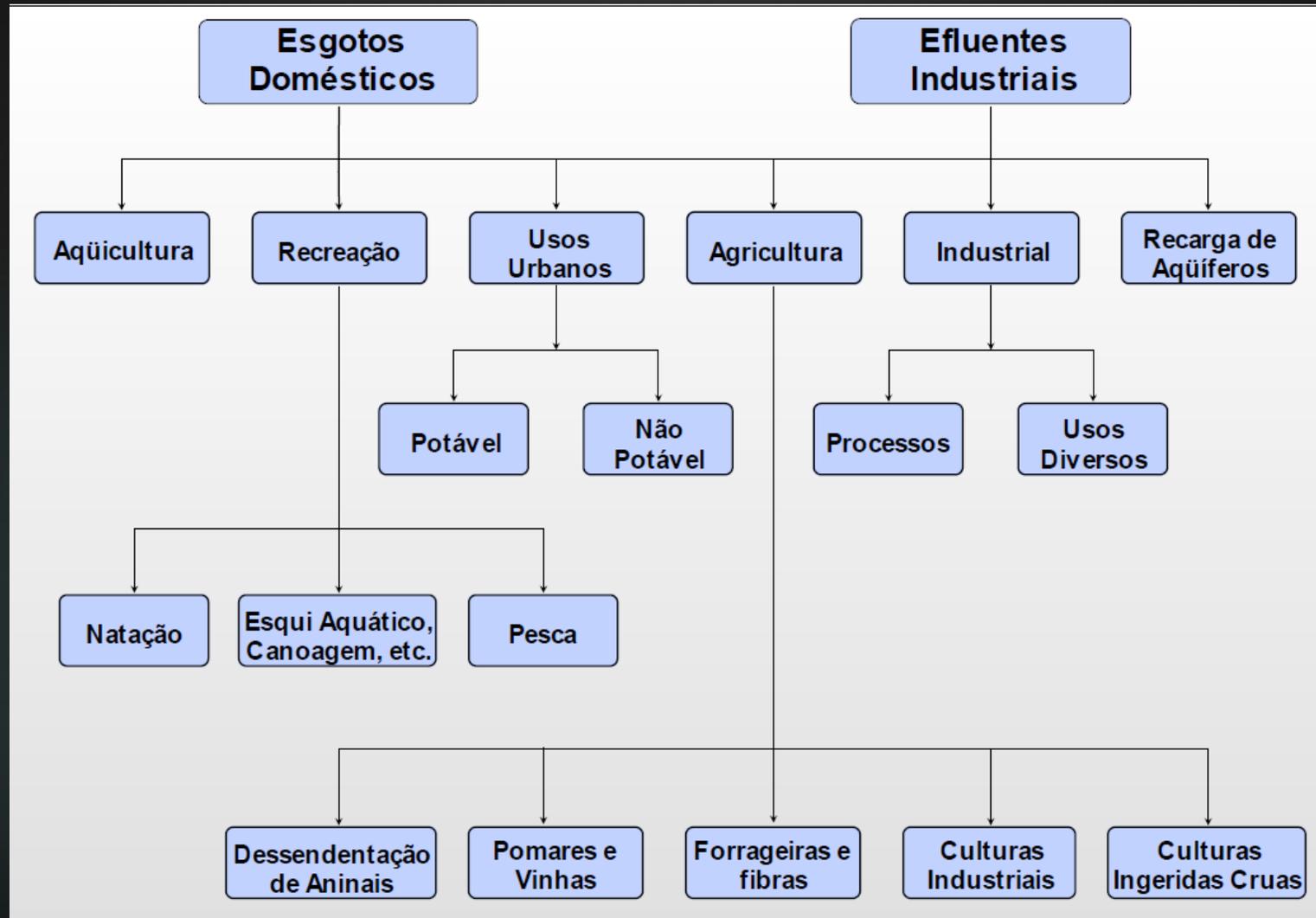


Premissas básicas

- Reúso não potável mais seguro que reúso potável
- Reúso indireto mais seguro que reúso direto



Reúso



Reúso na construção civil

- ▶ Reúso de água na construção civil
- ▶ Ex: água para mistura no concreto e cura
 - ▶ 100 L água/m³ concreto (Mehta, 2001)
- ▶ É realmente necessário o uso de água potável e nobre para esse fim?
- ▶ Desde que não seja prejudicial ao concreto produzido: REÚSO
- ▶ Texto recomendado:
 - ▶ Mehta, P.K. Reducing the environmental impact of concrete. *Concrete International*, Oct2001, 61-66, ecosmartconcrete.com/docs/trmehta01.pdf



Recarga artificial de aquíferos

➤ Funções:

- Tratamento adicional
- Aumento da disponibilidade do aquífero
- Reservatório futuro
- Prevenção de subsidências
- Prevenção de intrusão de cunha salina

➤ Exemplo: Israel

- Águas pluviais, de cheias e residuárias
- Recarga no inverno e uso no verão
- Maior zona de recarga: Menashe



Reservatório para recarga de Menashe, Israel

Recarga artificial de aquíferos

- Metodologias:

- Poços de injeção: altos custos de construção
- Infiltração superficial: bacias ou canais de infiltração



Tratamento é realizado também pelo solo

TSA: Tratamento Solo-Aquífero

- Desvantagens:

- Parte da água não é recuperada
- Grandes áreas para bacias de infiltração
- Contaminação do aquífero

- ▶ Assistam os filmes sobre:
 - ▶ Tratamento convencional da água;
 - ▶ Tratamento avançado;
 - ▶ Tratamento de esgoto;
 - ▶ Reuso de água: Projeto aquapolo.

<https://www.youtube.com/watch?v=P2ShcHsEGts>

<https://www.youtube.com/watch?v=haqOO0SEf6E>

<https://www.youtube.com/watch?v=OwTZCoRR0LI>

<https://www.youtube.com/watch?v=shxjfJ6kVik>

Bibliografia

- ▶ Livro-texto da disciplina: Introdução à Engenharia Ambiental
 - ▶ Capítulo 8: O meio aquático, p. 73 a 124
- ▶ Portaria MS 518/2004
 - ▶ <http://dtr2001.saude.gov.br/sas/PORTARIAS/Port2004/GM/GM-518.htm>
- ▶ Portaria MS 2914/2011
 - ▶ http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html
- ▶ Texto complementar:
 - ▶ Mehta, P.K. Reducing the environmental impact of concrete. *Concrete International*, Oct2001, 61-66, ecosmartconcrete.com/docs/trmehta01.pdf