

TRATAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO E REÚSO



PHA 3001 – ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE

Prof. Dr. Theo Syrto Octavio de Souza
(theos@usp.br)

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

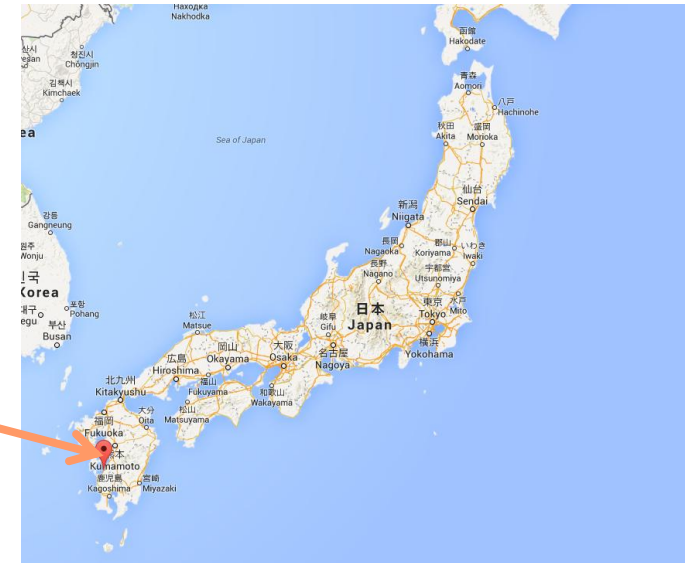
Poluentes aquáticos

■ Metais:

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

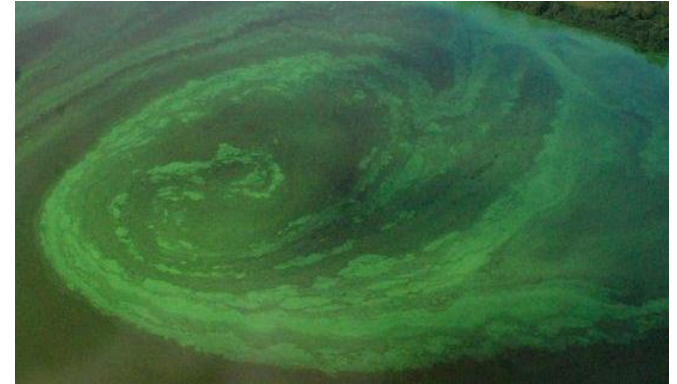
■ Radioatividade:

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



Poluentes aquáticos

- Nutrientes: N e P
 - Fundamentais para a vida aquática
 - Limitam o crescimento de algas
 - Excesso: eutrofização
 - 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

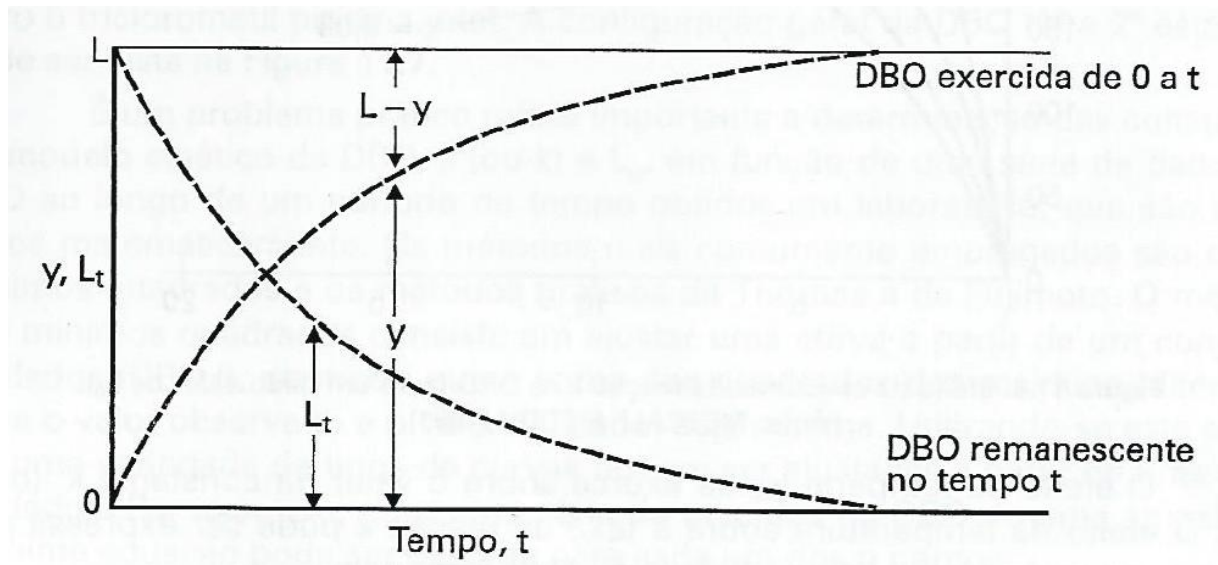
Coliformes



Patogênicos

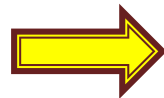
Autodepuração

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



Fonte: Piveli & Kato (2006)

DBO_{5,20}^{°C}

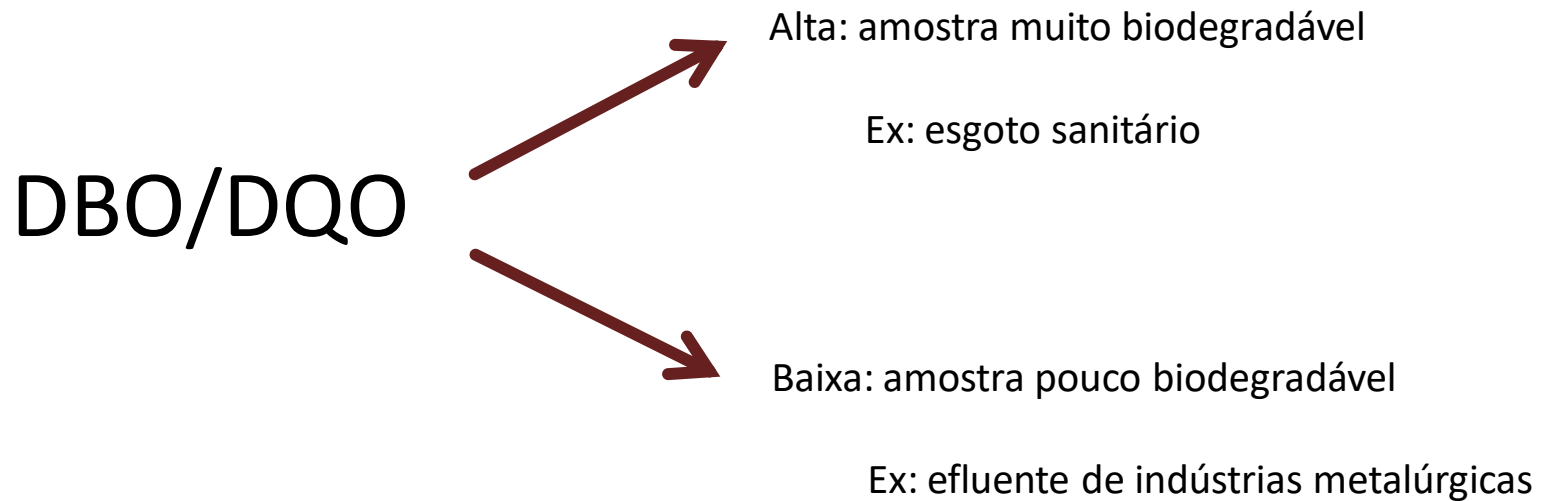


mg O₂/L

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



Autodepuração

- Modelo de Streeter-Phelps:

Variação da DBO: $\frac{dL}{dt} = -k_1 L \Rightarrow L = L_0 e^{-k_1 t}$

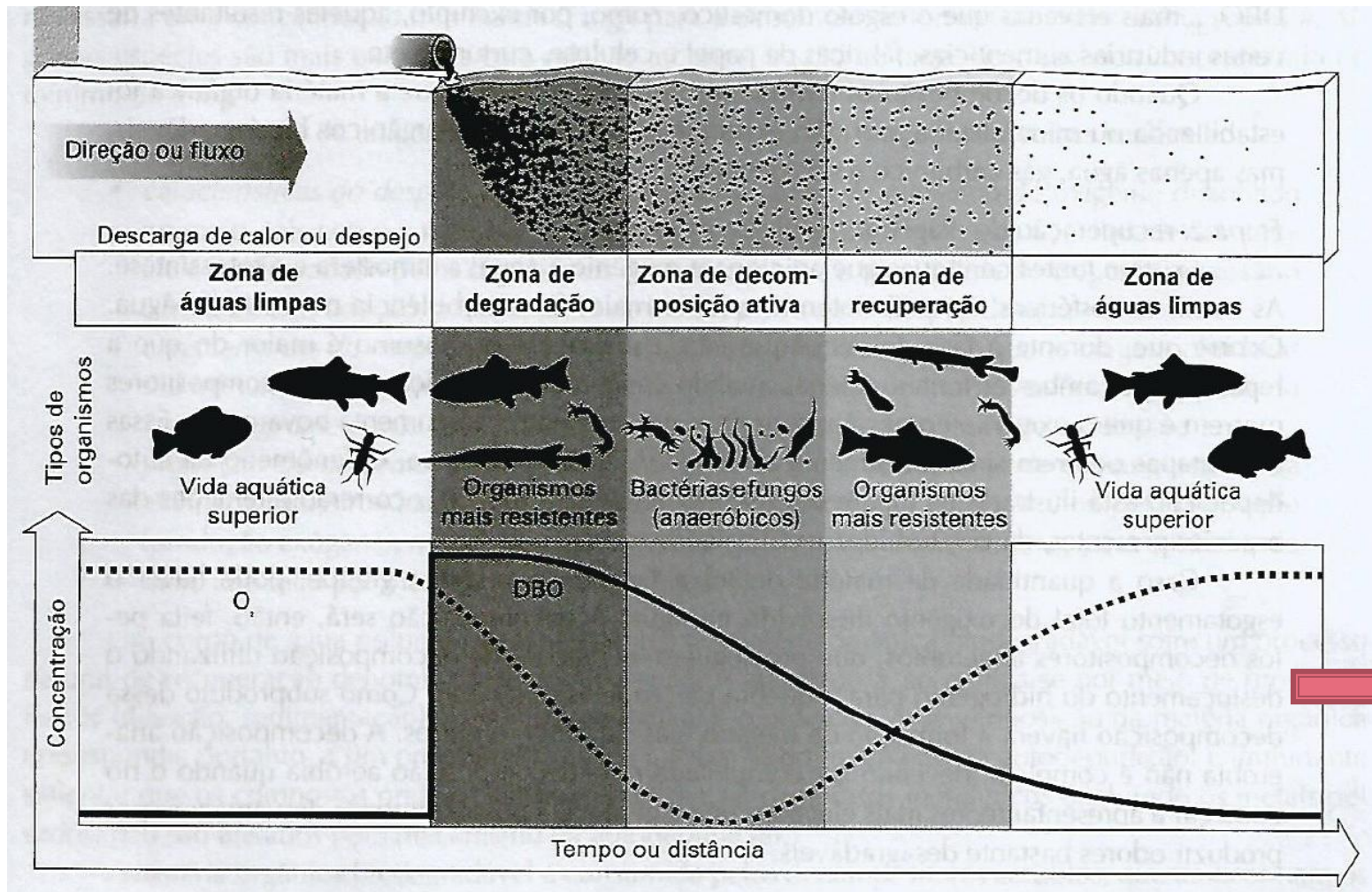
Re-oxigenação: $\frac{dL}{dt} = -k_2 D$

Variação do déficit de oxigênio: $\frac{dD}{dt} = k_1 L - k_2 D$

Integrando: $D_t = \frac{k_1 L_0}{k_2 - k_1} (e^{-k_1 t} - e^{-k_2 t}) + D_0 e^{-k_2 t}$

Autodepuração

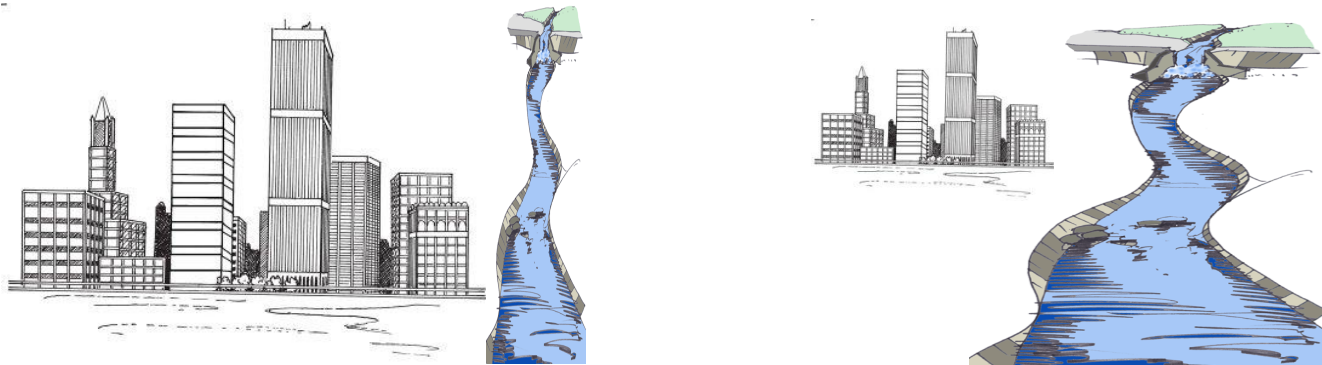
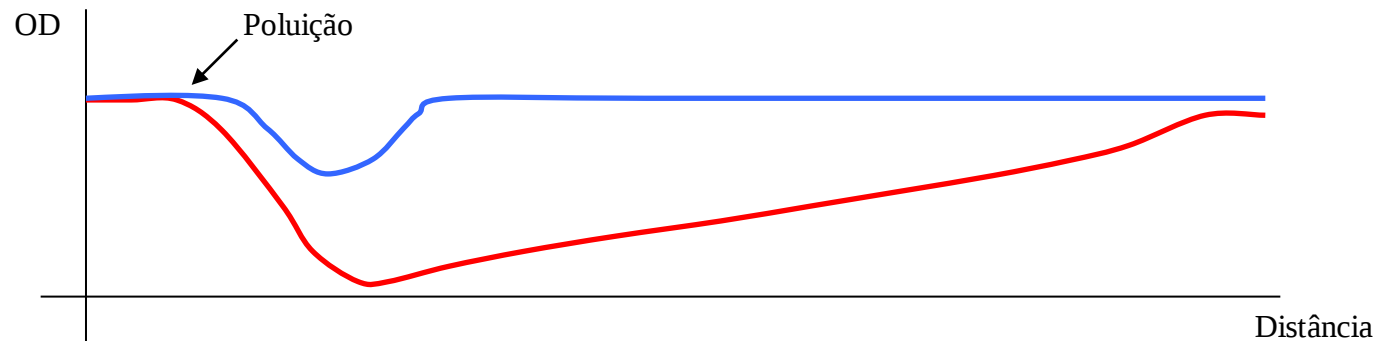
- Corpos receptores têm uma capacidade limitada de autodepuração



Modelo de
Streeter-Phelps

Fonte: Braga et al. (2005)

Autodepuração

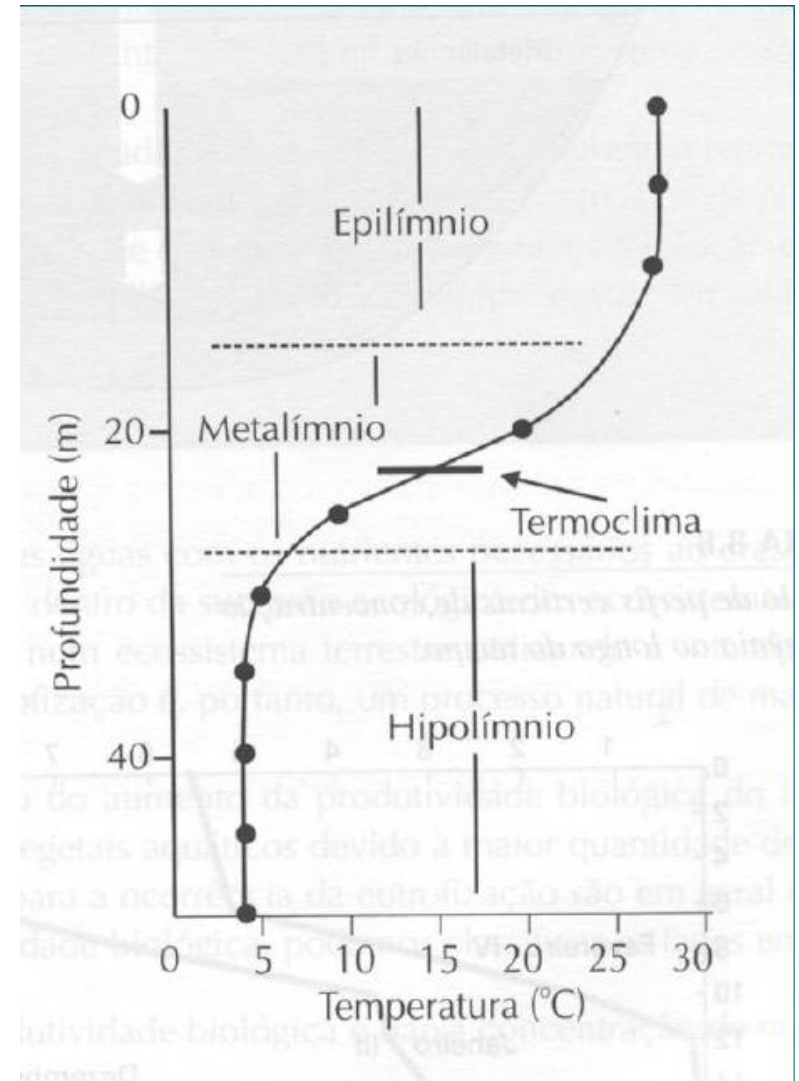


Porte da fonte poluidora e do corpo receptor
são variáveis importantes

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

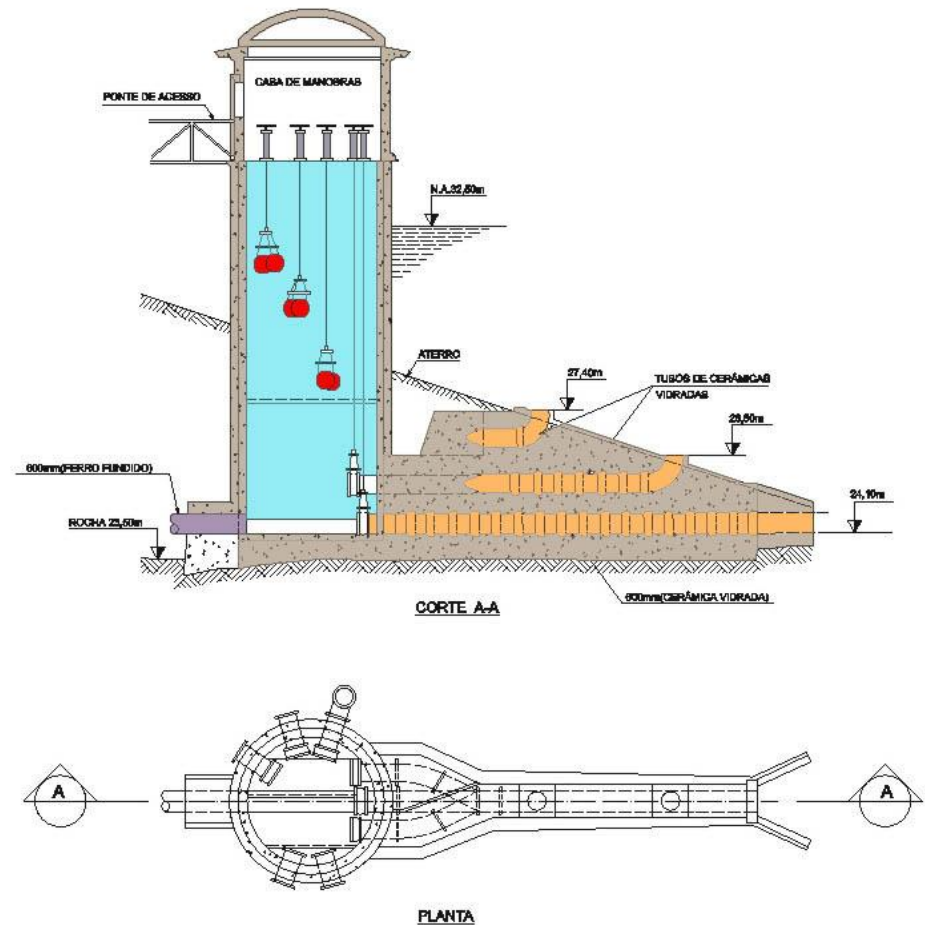


Sistemas lacustres

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

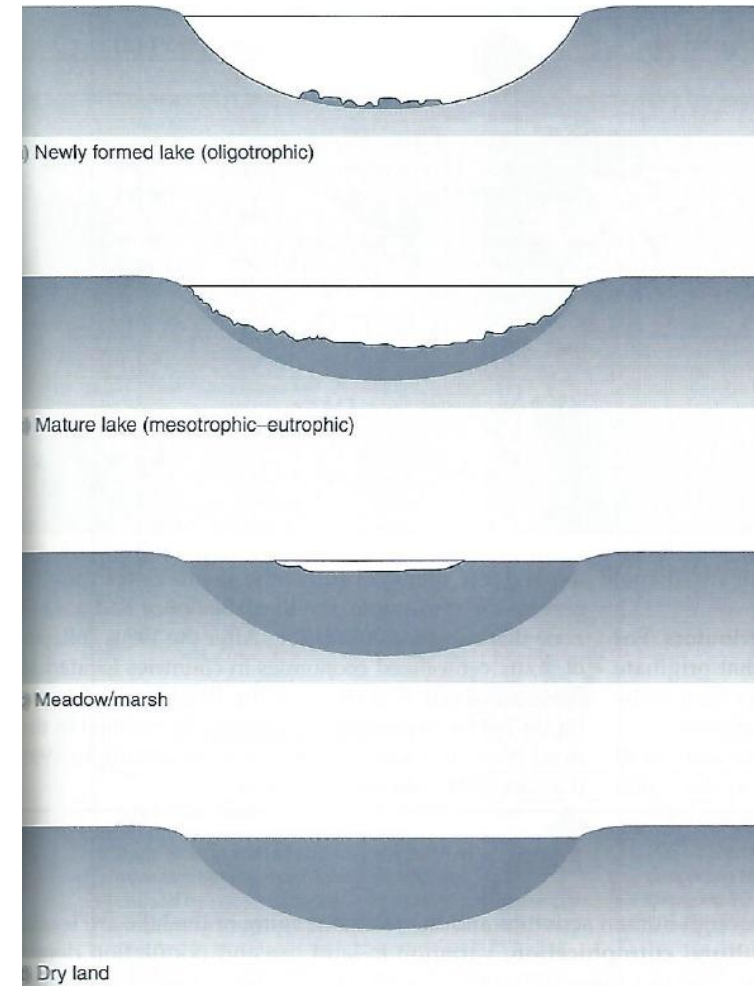


Captação no reservatório Billings



Sistemas lacustres

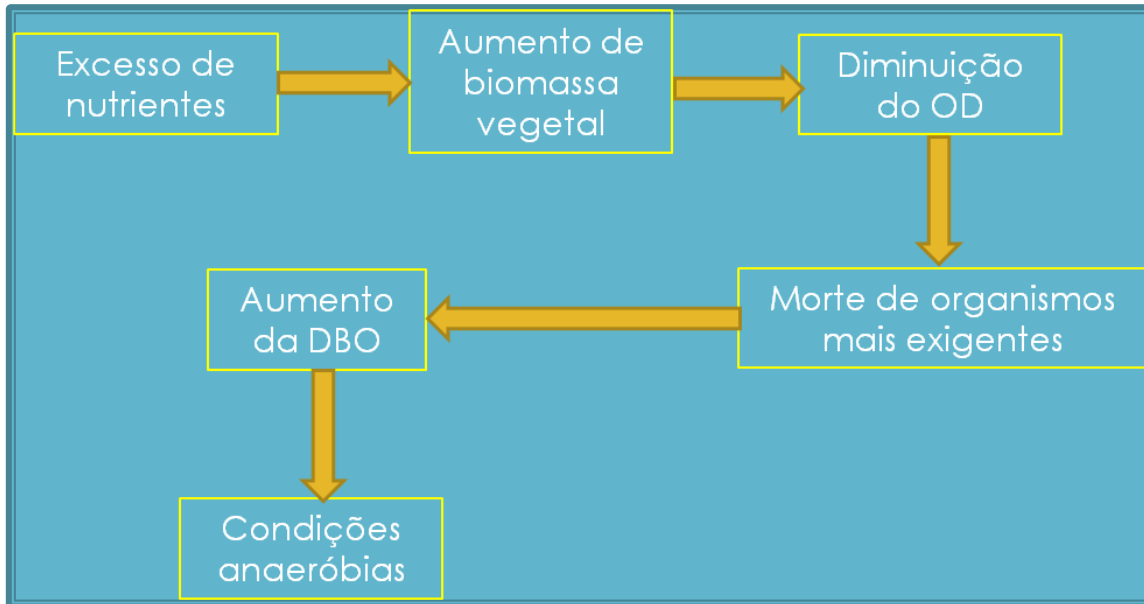
- Eutrofização
 - Aumento da concentração de nutrientes
 - Processo natural ou acelerado pela atividade humana
- Eutrofização natural
 - Lagos se convertem em meios terrestres
 - Longos períodos



Fonte: Mihelcic & Zimmerman (2010)

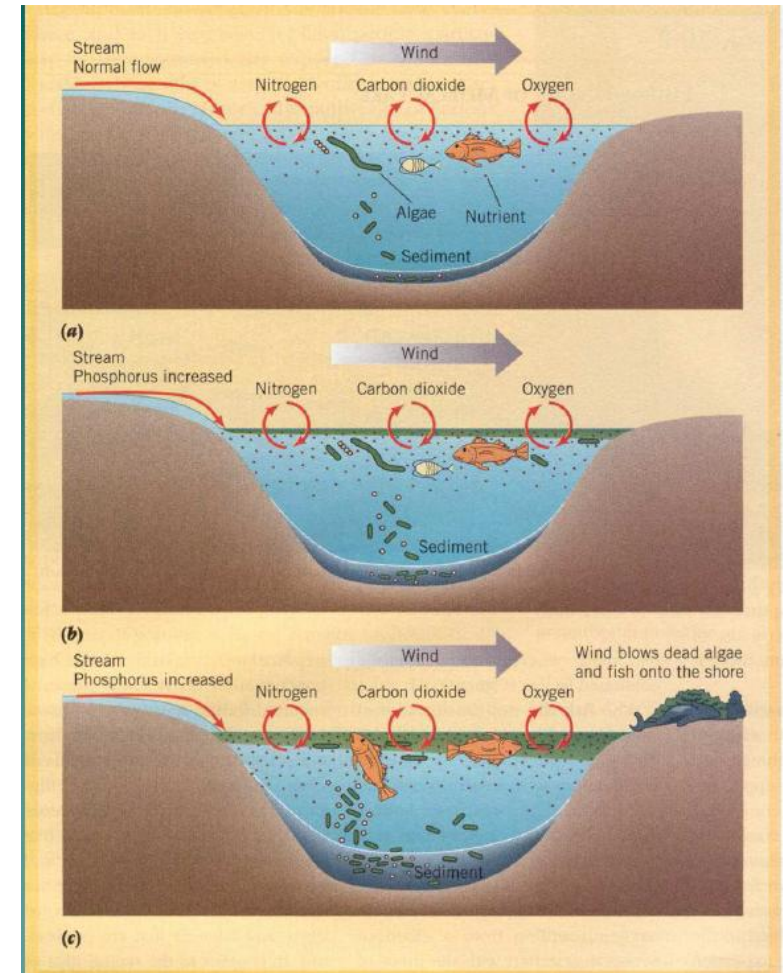
Sistemas lacustres

- 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:



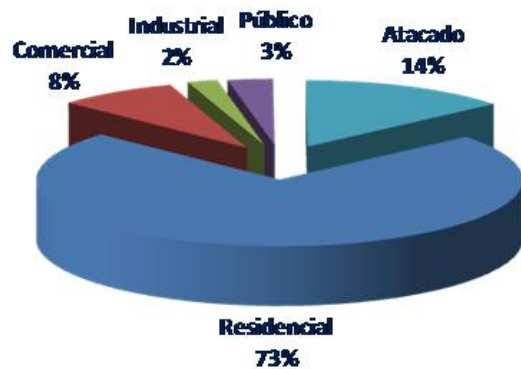
Disponível em: <http://blogs.estadao.com.br/olhar-sobre-o-mundo/represa-guarapiranga/>



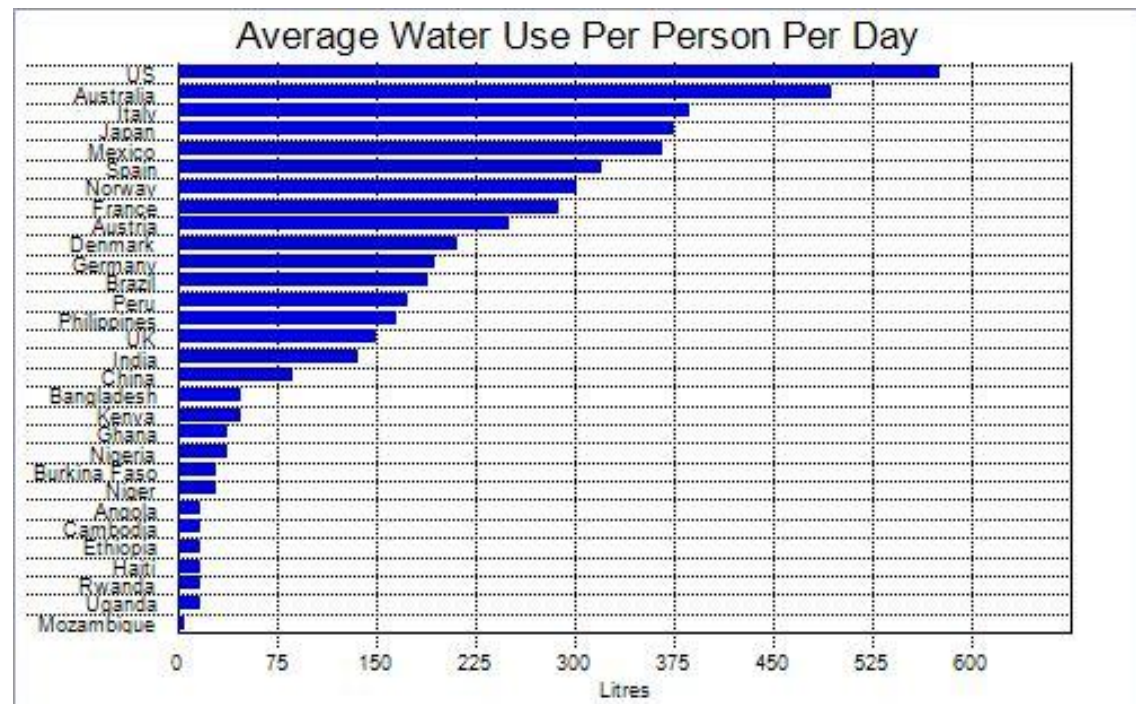
Abastecimento e tratamento de água

Abastecimento de água

- Volume faturado por categoria (SABESP, 2011)

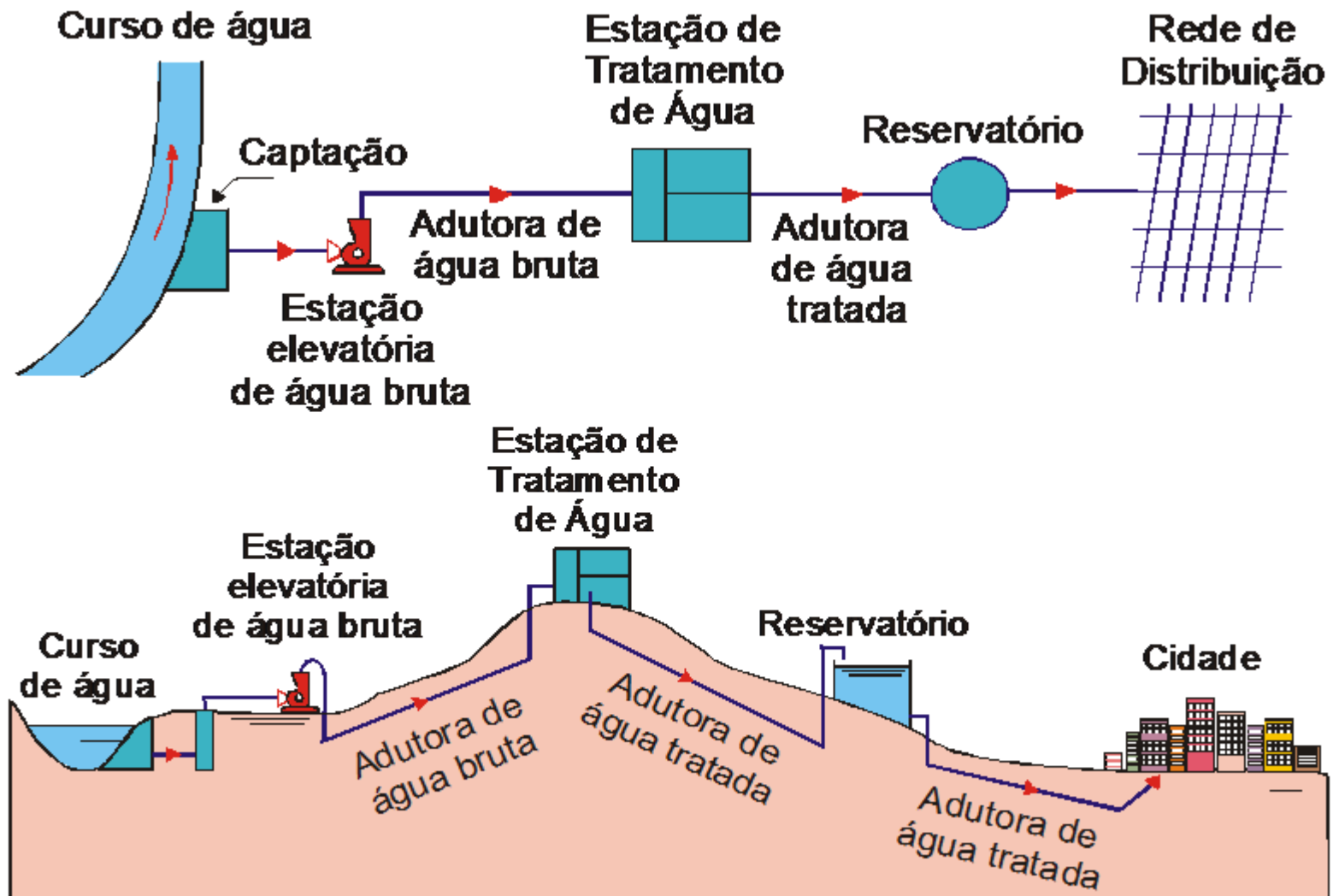


- Consumo per capita (L/hab.dia):



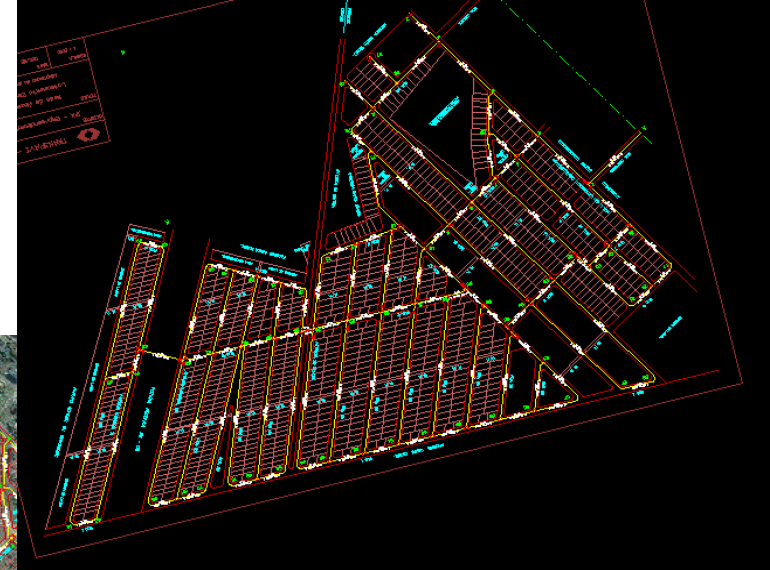
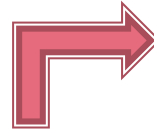
Disponível em: http://www.data360.org/dsg.aspx?Data_Set_Group_Id=757

Abastecimento de água



Abastecimento de água

▶ Redes de abastecimento de água



Abastecimento de água

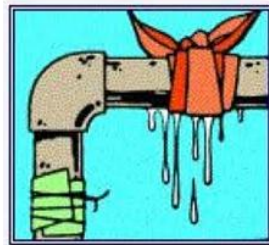
► Perdas

DESPERDÍCIO

Mal uso da água

*Programas de uso
racional da água*

(usuário)

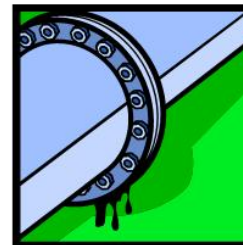


PERDAS DE ÁGUA

Vazamentos e
outras perdas

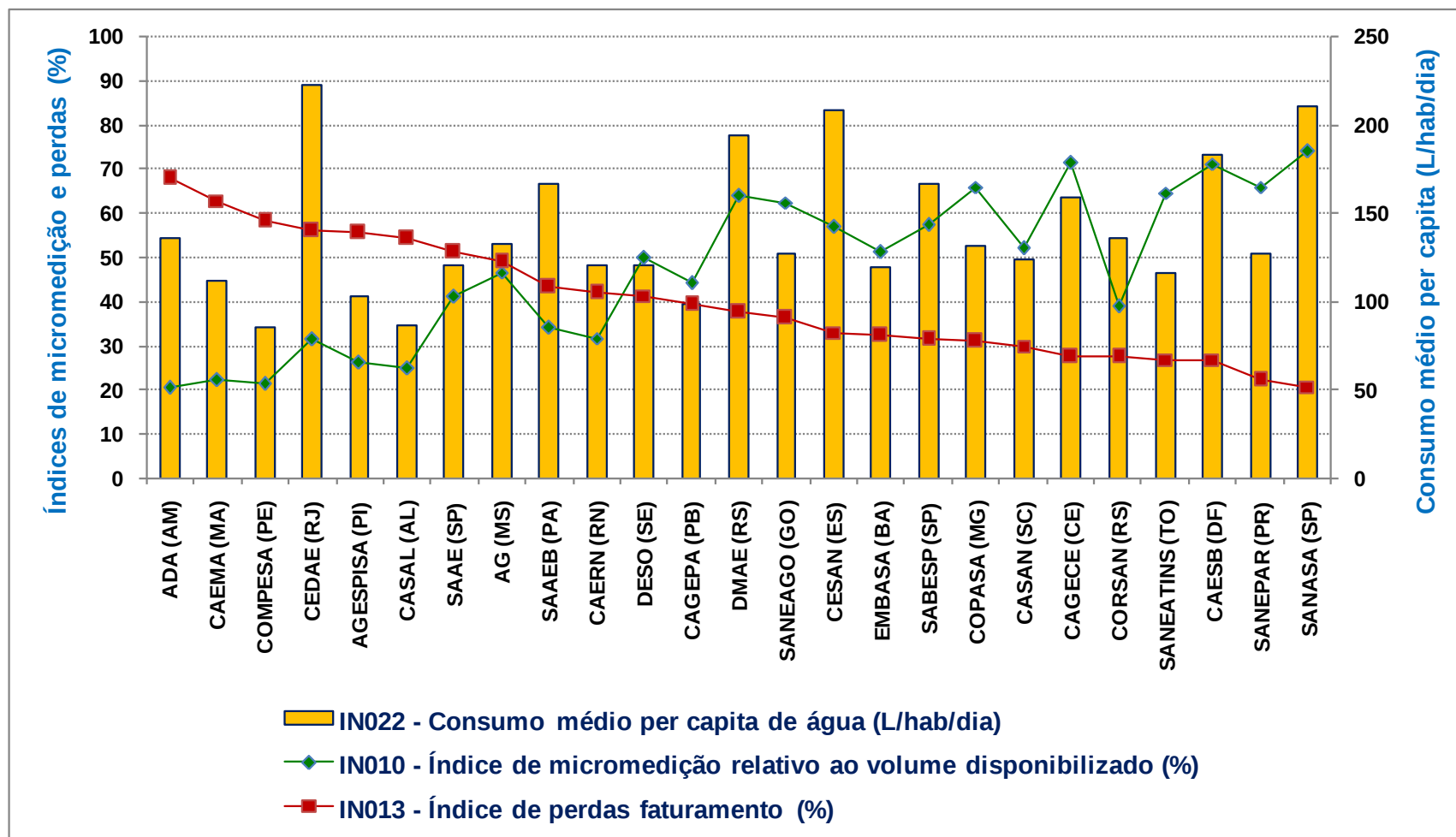
*Programas de
controle de perdas*

(sistema)



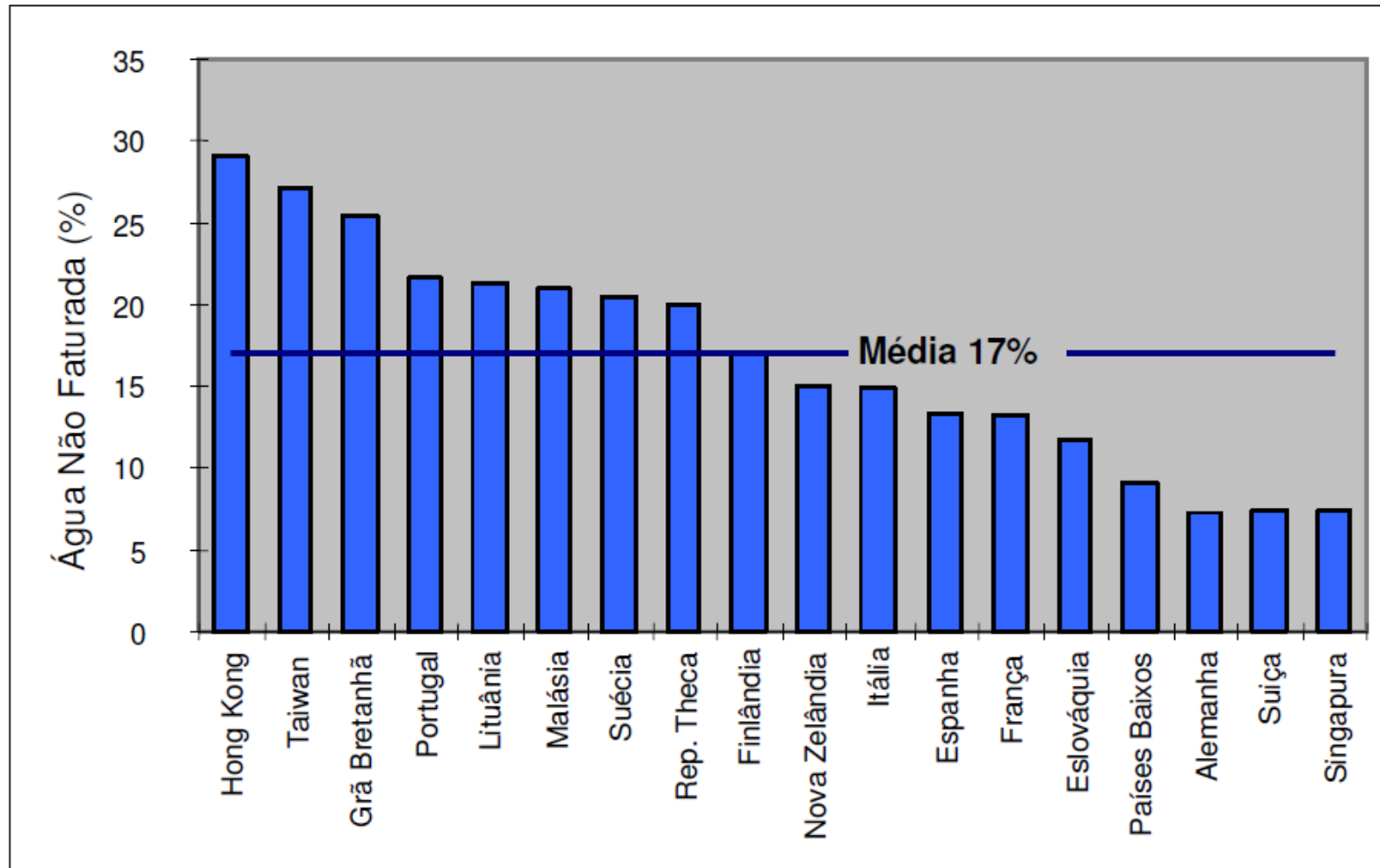
Abastecimento de água

▶ Perdas no Brasil: 20 a 70%!



Abastecimento de água

▶ Perdas em outros países



Fonte: IWA (1995)

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

AERAÇÃO



MISTURA RÁPIDA



FLOCULAÇÃO

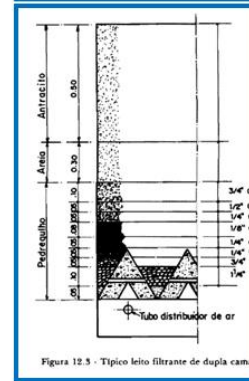


DECANTAÇÃO



Lodo

FILTRAÇÃO



Água de lavagem

DESINFECÇÃO



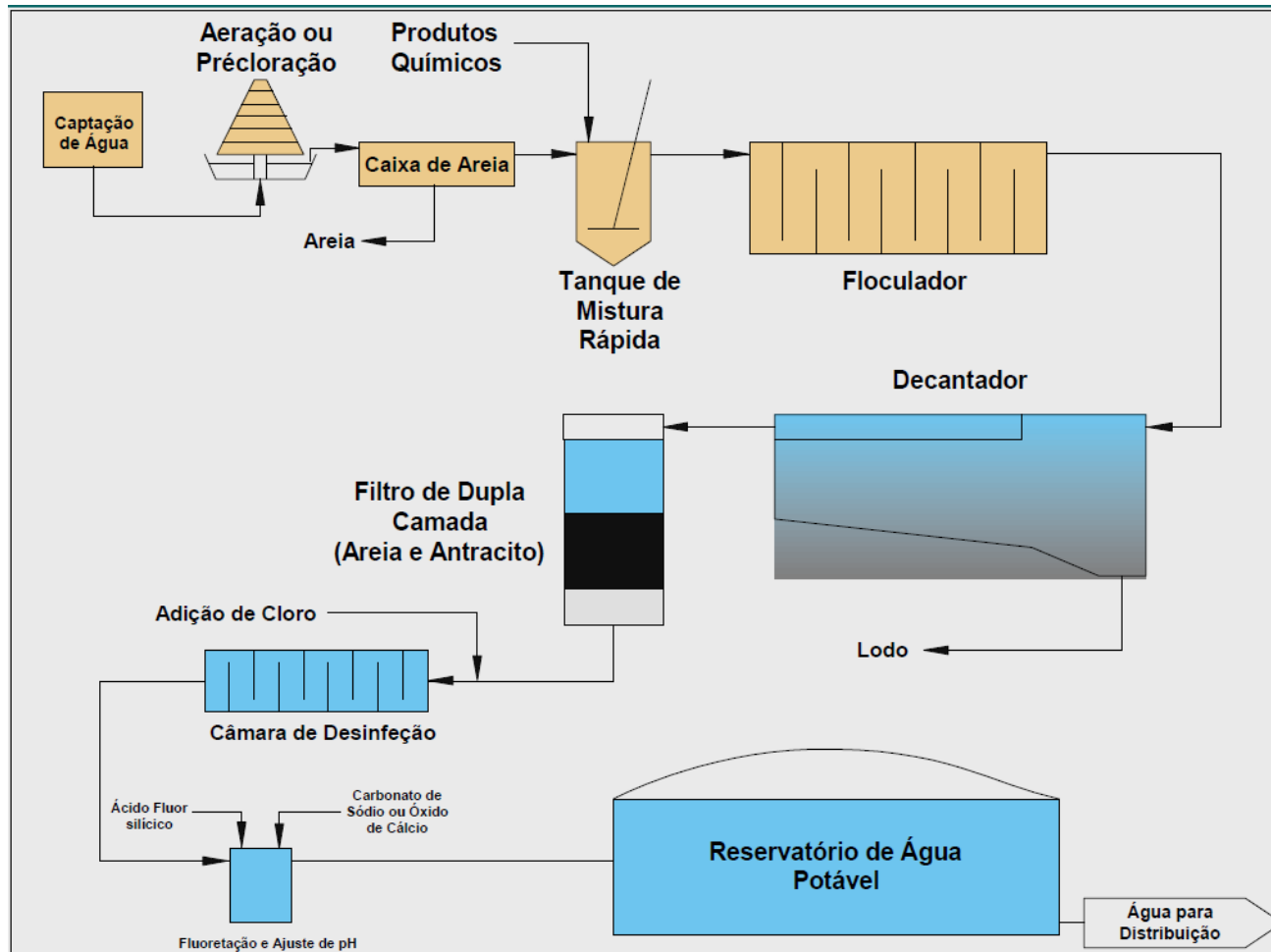
FLUORETAÇÃO



+Correção do pH

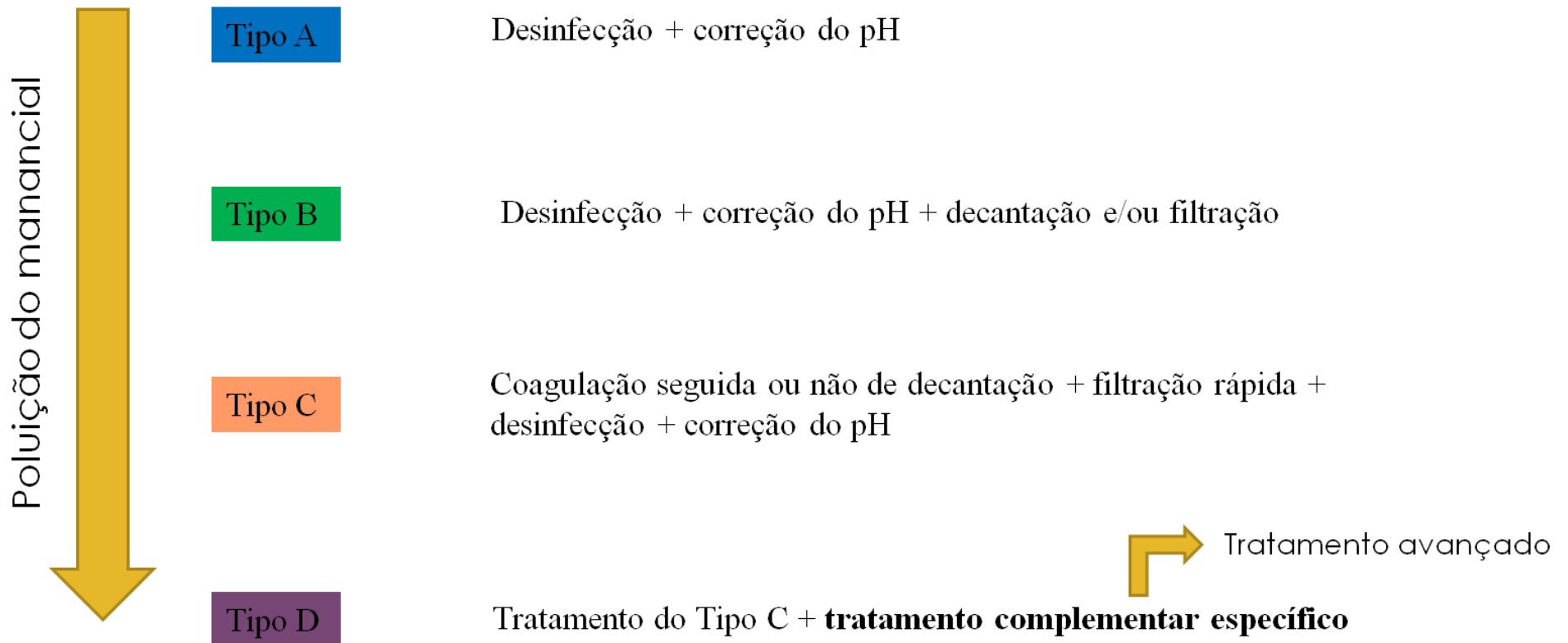
Tratamento de água

► Tratamento convencional



Tratamento de água

➤ Tratamento depende da qualidade da água bruta



Tratamento de água

▶ Tratamento avançado

Adsorção

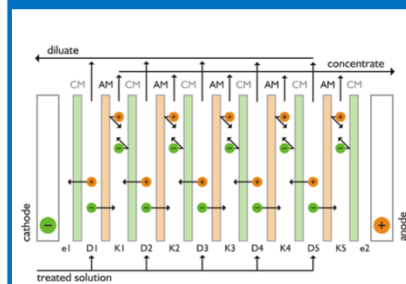
TROCA IÔNICA



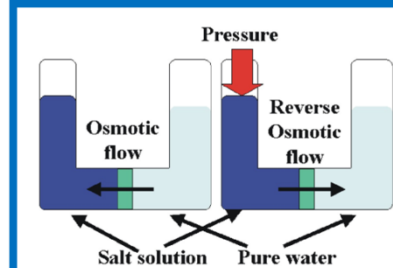
CARVÃO ATIVADO



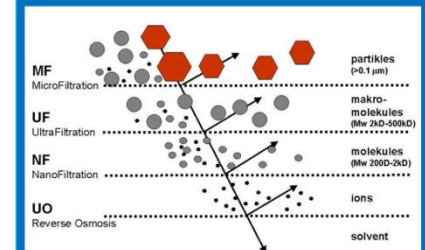
ELETRODIÁLISE



OSMOSE REVERSA



MICRO/ULTRA/NANOFILTRAÇÃO



Membranas



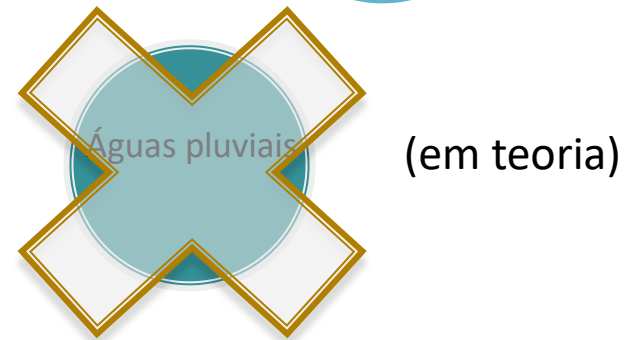
Coleta e tratamento de esgoto

Coleta de esgoto

▶ Esgoto sanitário:



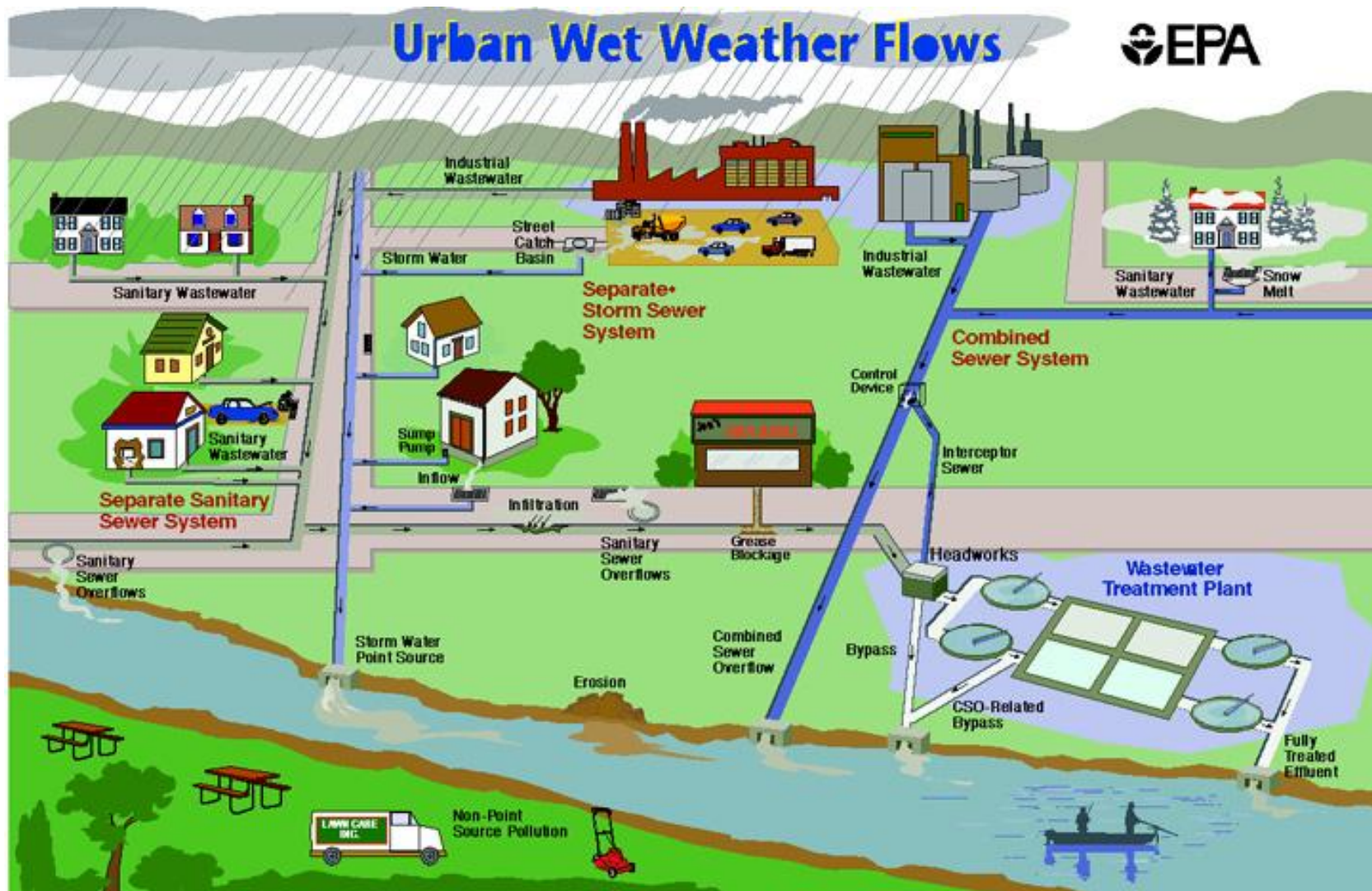
▶ Brasil: Sistema Separador Absoluto



▶ Composição: 99,9% água

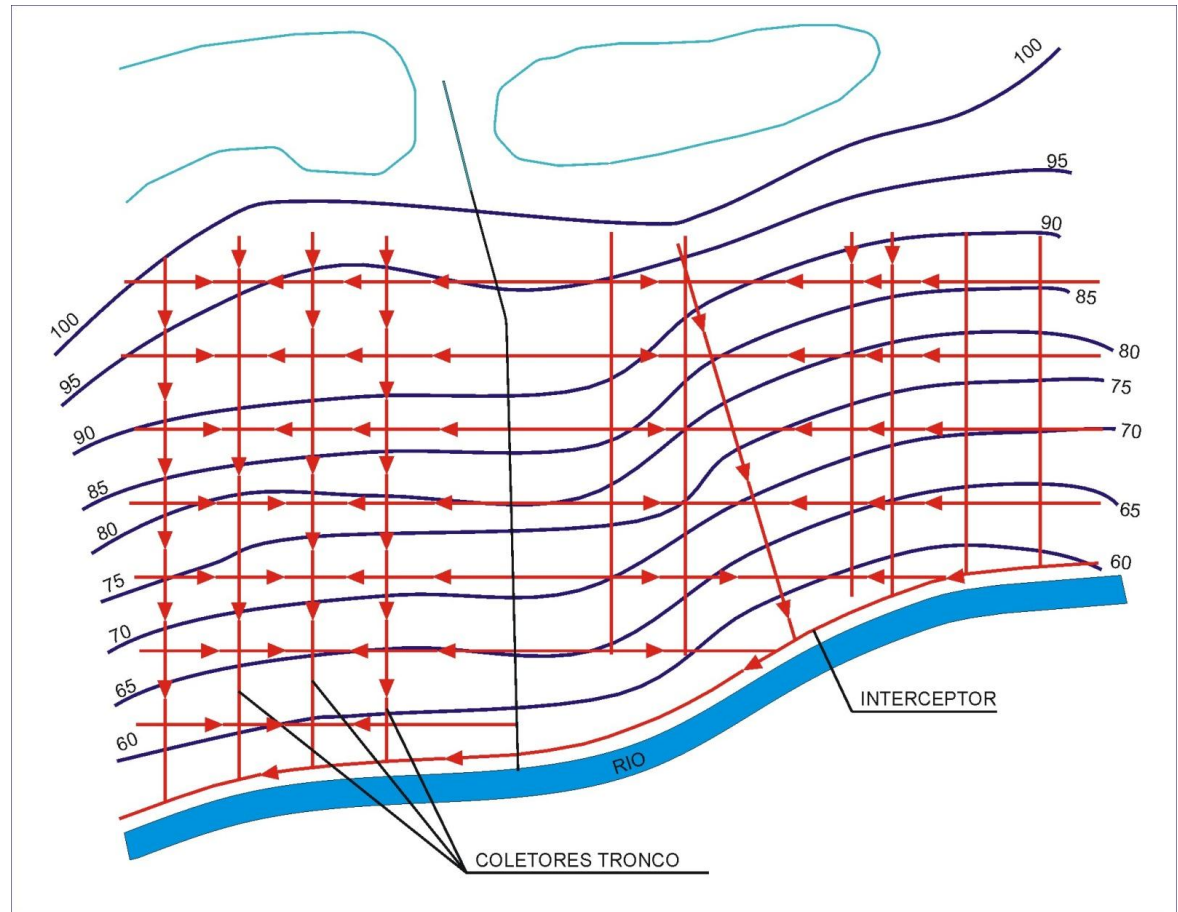
- ▶ Esgoto doméstico: grande quantidade, composição relativamente uniforme
- ▶ Esgoto industrial: menor quantidade, composição específica para cada caso

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

O tratamento de esgoto 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

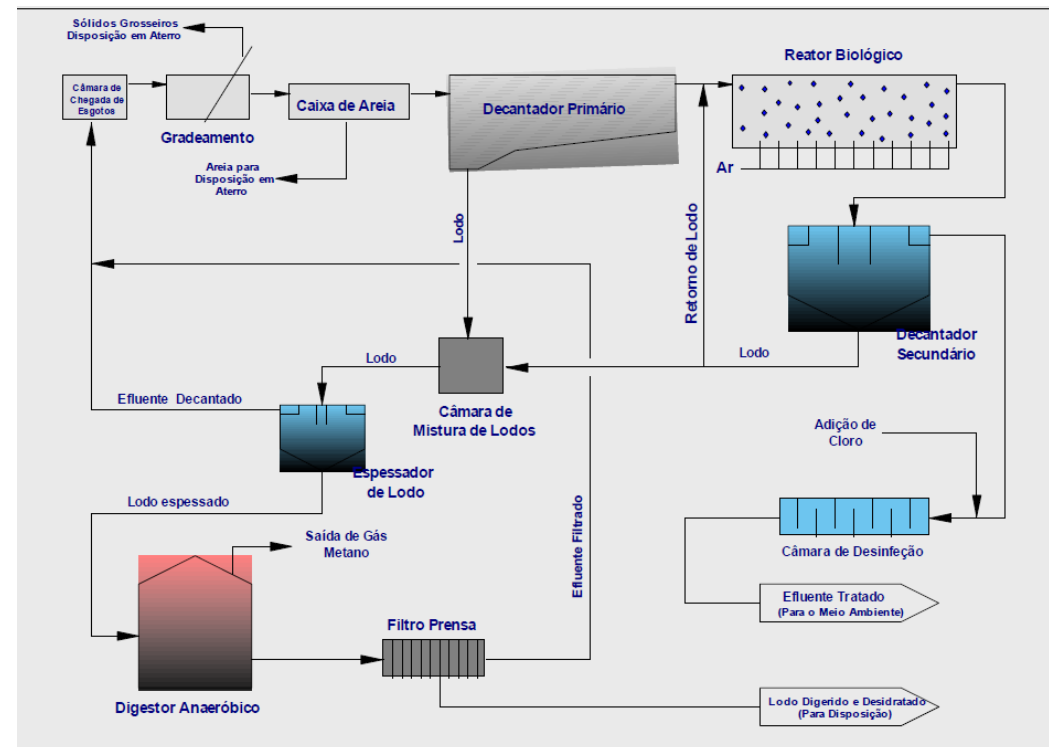
- ▶ Remoção de sólidos sedimentáveis
- ▶ Decantador/flotador/digestor de lodo

Tratamento secundário

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

Tratamento terciário

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



Reúso



Reúso

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

REÚSO POTÁVEL DIRETO

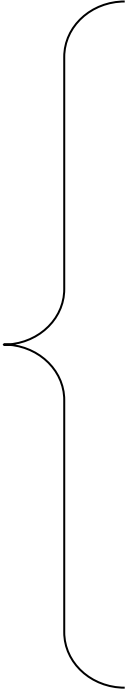
- ▶ Esgoto recuperado por meio de tratamento avançado é injetado diretamente no sistema de água potável
- ▶ **Muito arriscado**

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

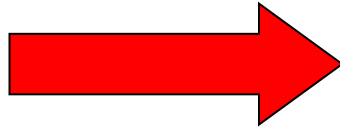
Reúso

Padrão de Qualidade



USO

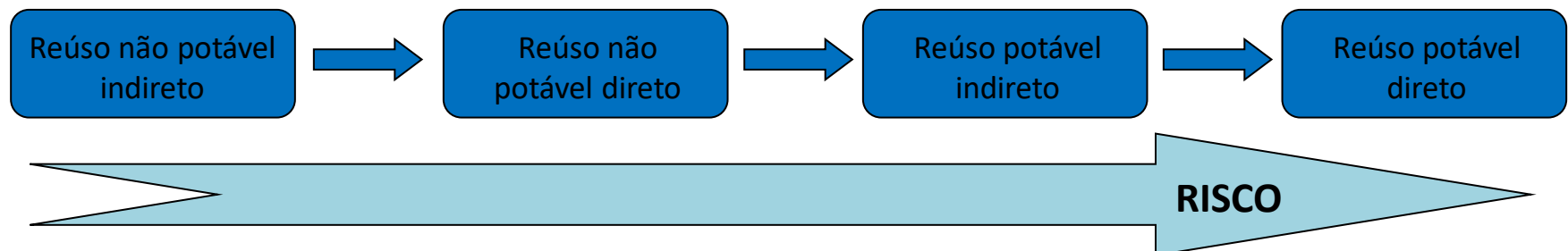
Qualidade excessiva para
determinado uso



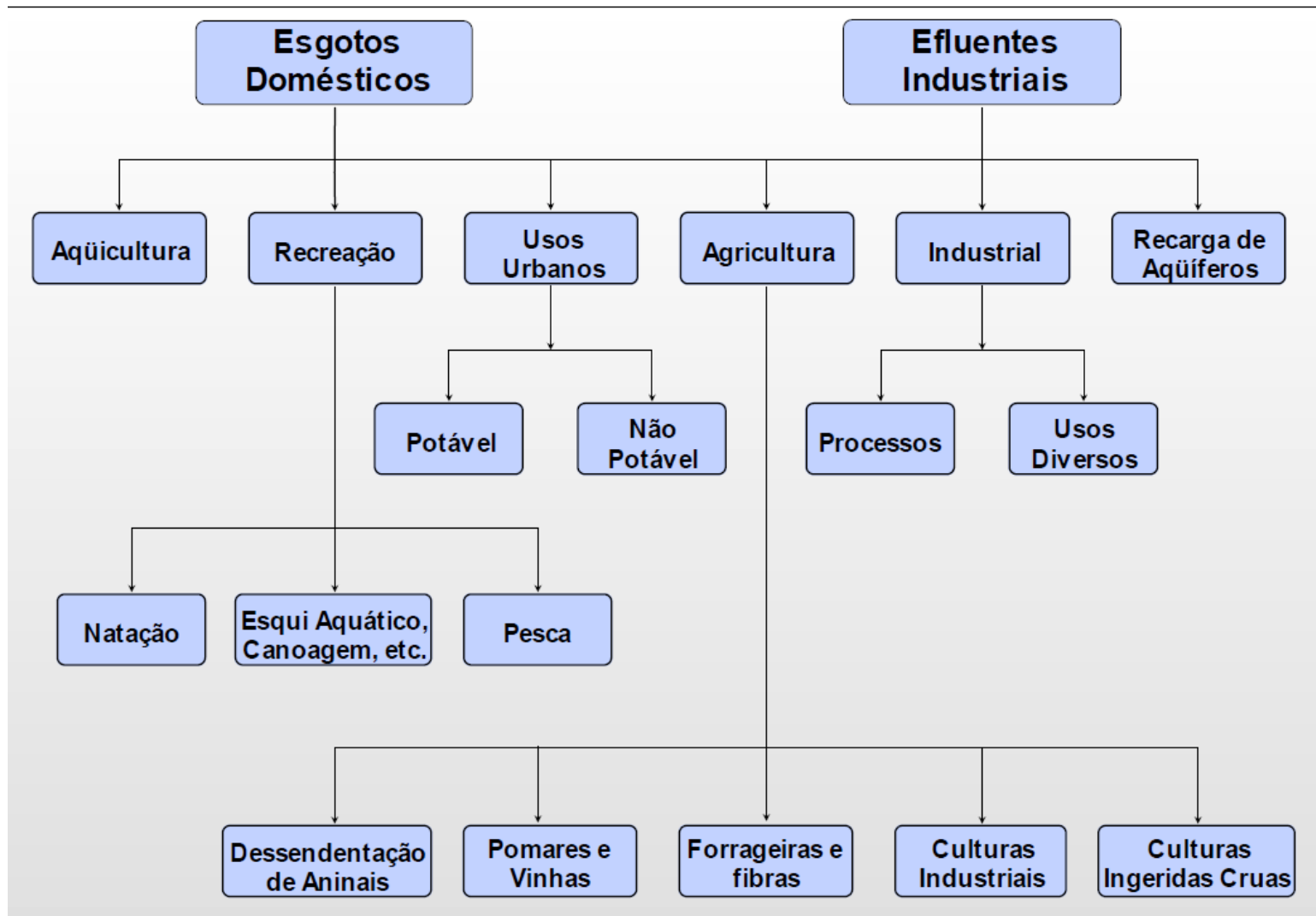
DESPERDÍCIO DE
RECURSOS

Premissas básicas

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



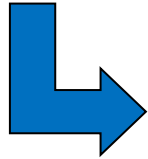
Reúso



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

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