

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC



Tecnologias alternativas de tratamento de água e efluentes

Prof. Rodrigo de Freitas Bueno

rodrigo.bueno@ufabc.edu.br

2017

Poluição das Águas e Saneamento



Considerações:

Fixação do Homem em função das disponibilidades, quantitativa e qualitativa, das fontes de energia necessárias à sua subsistência ex. (luz solar, ar, água e alimento)

Água



Principal fator de fixação do homem e formação de novas comunidades

A definição legal de **poluição** é:

Degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente: a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; c) afetem desfavoravelmente a biota; **d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;** e) *lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos* (BRASIL, 1981).

Usos da água

Abastecimento público



Industrial



Irrigação



Energia elétrica



Navegação



Aquicultura



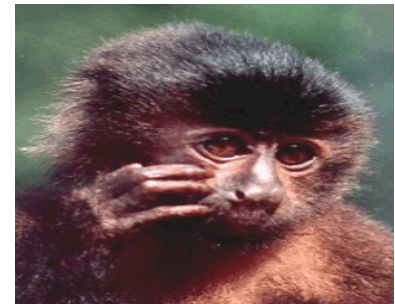
Recreação



Flora



Fauna



Saneamento do meio



Saúde Pública: Ciência e arte com o objetivo de promover saúde, de maneira ampla e irrestrita.

Saneamento: Controle de todos os fatores do meio físico do homem que exercem ou podem exercer efeito deletério sobre o seu bem estar físico, social e mental

Engenharia Sanitária: Campo da engenharia relativo às obras de saneamento.

Saneamento do Meio: Conjunto de obras e medidas que promovam o saneamento.

- | | |
|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Abastecimento de água | <input type="checkbox"/> Controle de insetos |
| <input type="checkbox"/> Coleta, tratamento e disposição dos esgotos sanitários | <input type="checkbox"/> Poluição atmosférica |
| <input type="checkbox"/> Drenagem e águas pluviais | <input type="checkbox"/> Higiene das habitações |
| <input type="checkbox"/> Proteção contra inundações | <input type="checkbox"/> Higiene industrial |
| <input type="checkbox"/> Coleta, tratamento e disposição final do lixo | <input type="checkbox"/> Educação sanitária |

Com o crescimento populacional desordenado ...



**Doenças de veiculação
hídrica: cólera,
hepatite, etc..**

Loteamento clandestino em áreas de preservação de mananciais



Esgoto a céu aberto

Poluição das Águas e Saneamento



Principal problema: lançamento de esgotos *in natura*

Eutrofização dos corpos d'água

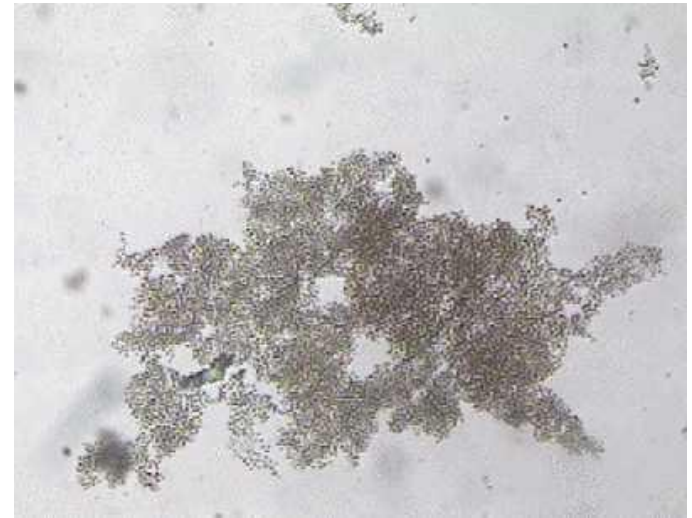
EUTROFIZAÇÃO



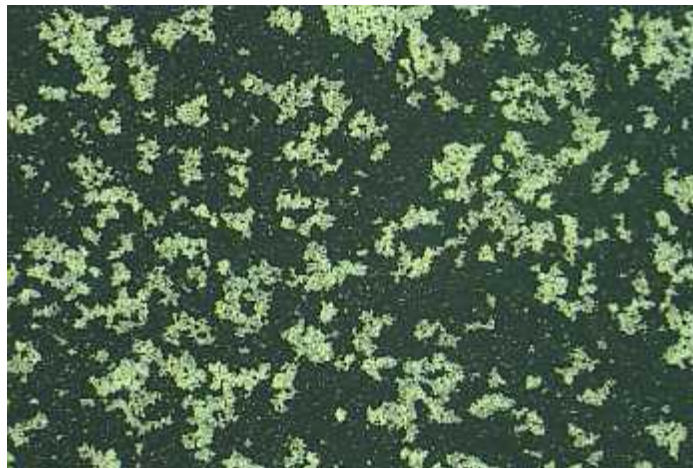
EUTROFIZAÇÃO



Diatomáceas



Microcistina



Cianobactéria

Poluição das Águas e Saneamento



Formação de espuma no município de Pirapora de Bom Jesus



Poluição das Águas e Saneamento



**Formação de espuma no
município de Pirapora
de Bom Jesus**



Poluição das Águas e Saneamento



Disposição inadequada de resíduos sólidos domiciliares



Contaminação da água subterrânea

Poluição das Águas e Saneamento



**Resíduos Sólidos
Domiciliares**

Poluição das Águas e Saneamento



Com a industrialização ...

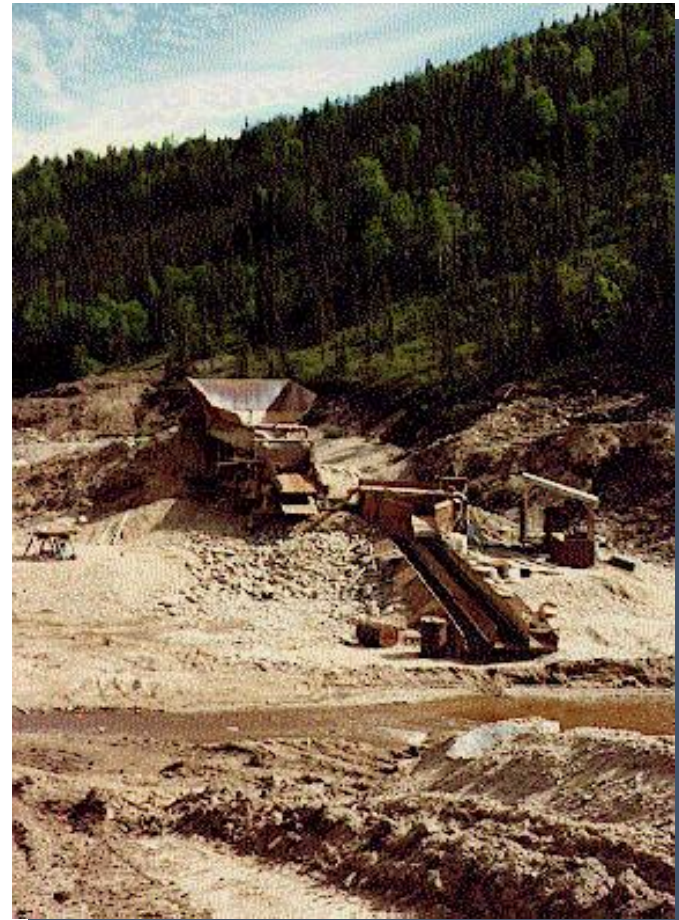
**Metais pesados e
compostos orgânicos
tóxicos
Carcinogênese e
mutagênese**



Poluição das Águas e Saneamento

Com as atividades extrativas ...

**Poluição difusa
Assoreamento**

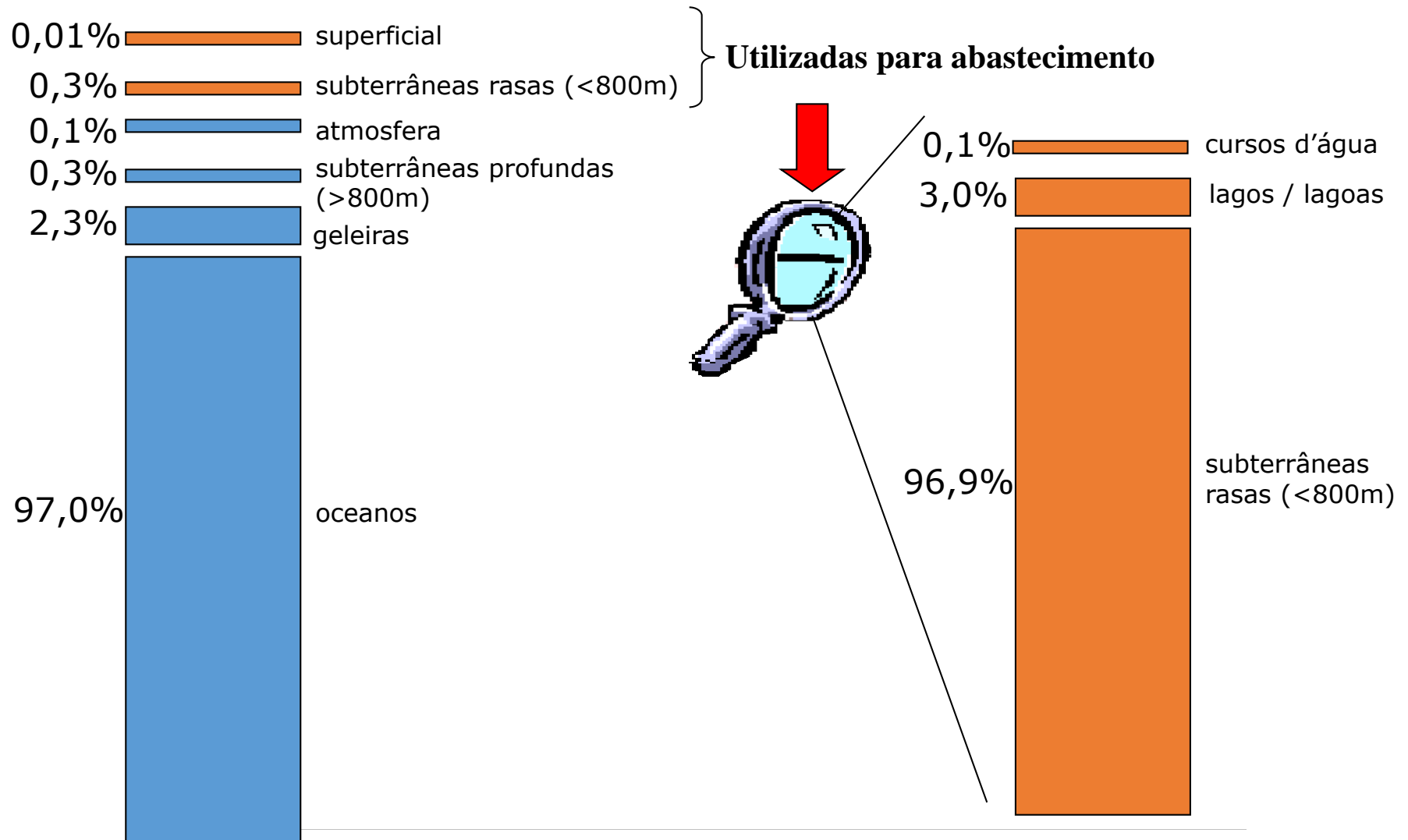


Poluição das Águas e Saneamento

Com as atividades agrícolas...



Distribuição da água na Terra



Ciclo do Saneamento



Características dos esgotos...



Esgoto:

Termo usado para caracterizar os despejos provenientes das diversas modalidades do uso e da origem das águas

Classificação:

Esgotos Sanitários: Constituídos essencialmente de despejos domésticos , uma parcela de águas pluviais, águas de infiltração, e eventualmente uma parcela não significativa de despejos industriais

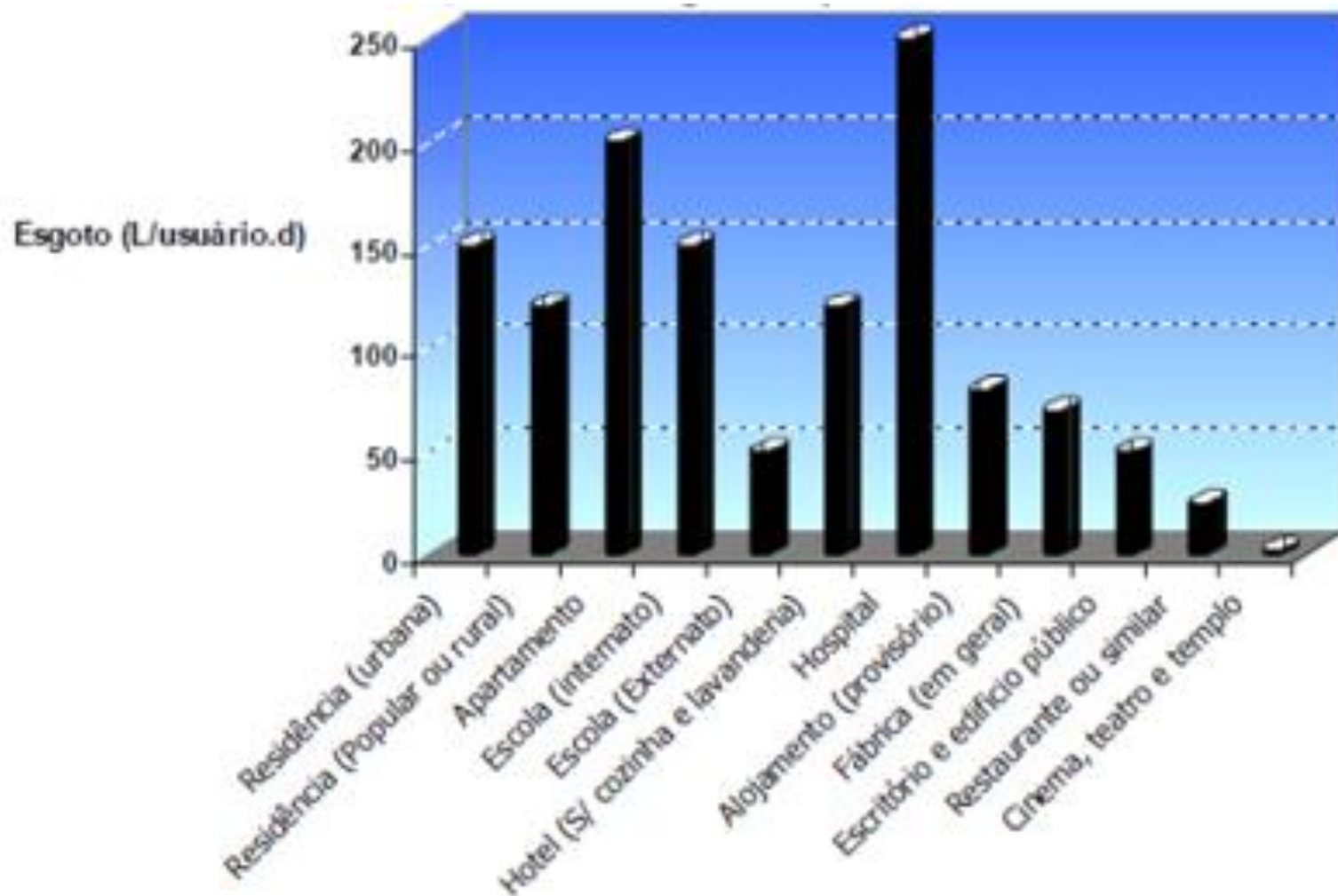
Esgotos Domésticos: Provêm principalmente de residências, edifícios comerciais, instituições, etc. Compõem-se essencialmente da água de banho, urina, fezes, papel, restos de comida, detergentes águas de lavagem, etc.

Esgotos Industriais: Extremamente diversos, provêm de qualquer utilização da água para fins industriais, e adquirem características próprias em função do processo industrial empregado.

Vazões de Esgoto Doméstico

- A vazão (Q) ou descarga de esgotos expressa a relação entre a quantidade do esgoto transportado em um período de tempo.
- Trata-se da mais importante característica dos esgotos, indicando o transporte conjunto de todos os seus componentes, tais como água, matéria sólida (mineral ou orgânica), poluentes químicos, microorganismos, etc.
- A contribuição de esgotos depende de inúmeros fatores (disponibilidade de água, região atendida, atividades desenvolvidas, atividades industriais, hábitos de higiene, nível socioeconômico, nível cultural, etc.

Produção de esgotos por atividade e usuário

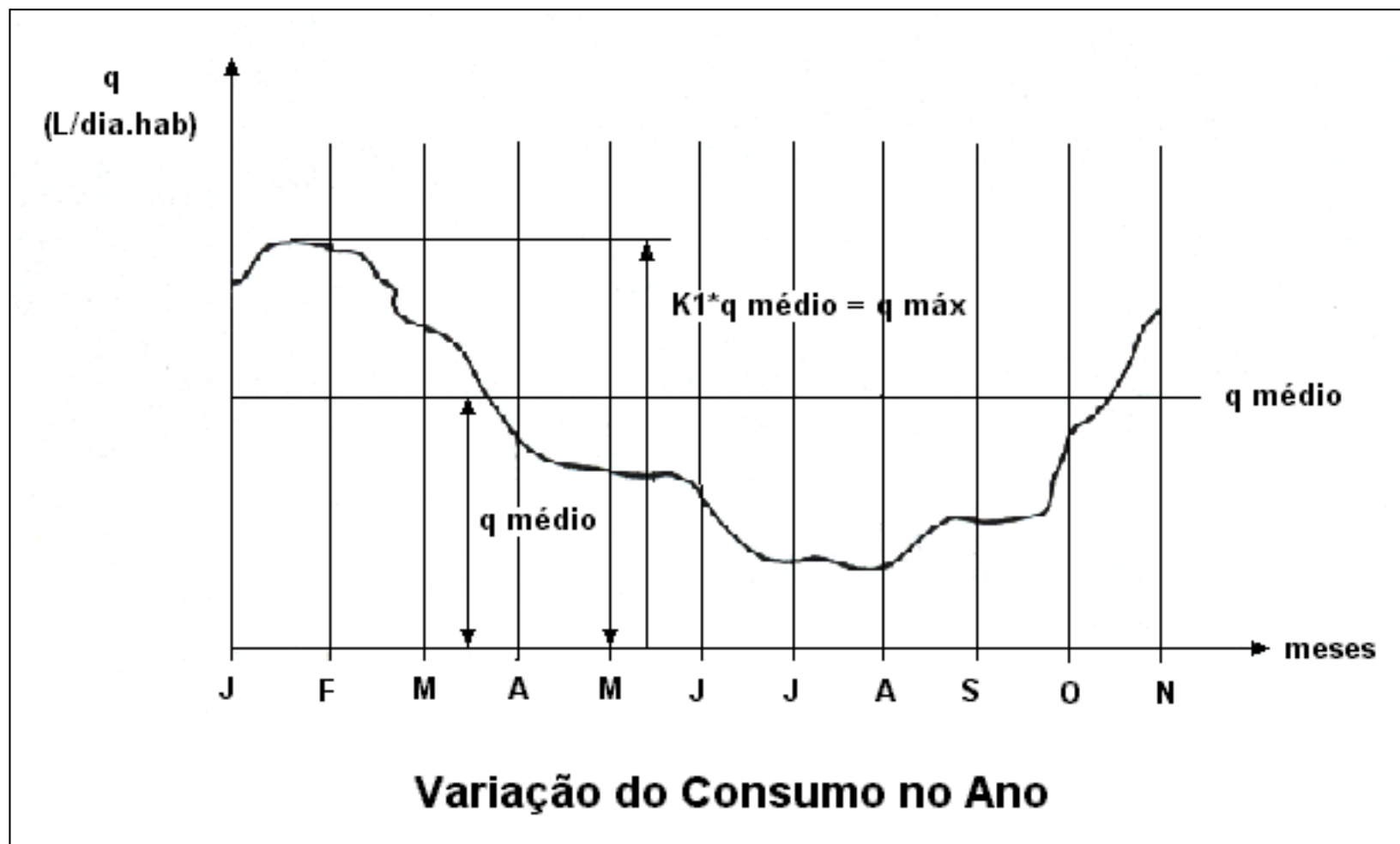


Vazões de Esgoto Doméstico

Independente dos aspectos inerentes ao consumo de água , a vazão de esgoto afluente a uma ETE é afetada pelos seguintes fatores:

- Tipo de esgoto coletado (doméstico ou misto)
- Sistema de coleta (unitário ou separador)
- Condições climáticas (temperaturas e condições do ano)
- Regime de escoamento (por gravidade ou sob pressão)
- Tipo de material das canalizações
- Qualidade de execução das obras
- Quantidades de poços de visitas
- Concepção e quantidade de elevatórias e extravasores
- Qualidade de serviços (conservação, manutenção, etc.)

Vazões de Esgoto Doméstico



No caso de indisponibilidade de dados, é recomendado considerar as variações típicas indicadas na NBR-9649

Vazões de Esgoto Doméstico



No caso de indisponibilidade de dados, é recomendado considerar as variações típicas indicadas na NBR-9649

Vazões de Esgoto Doméstico

➤ Vazões de Esgoto Doméstico:

Vazão Média: $Q_{MÉD,ED} = q_A \times c \times \text{População atendida}$

q_A : consumo “per capita” de água (ex: $q_A = 200 \text{ L/hab.x dia}$)

c : Coeficiente de retorno água/esgoto ($c = 0,8$)

Vazão Máxima: $Q_{MÁX,ED} = Q_{MÉD,ED} \times k_1 \times k_2$ ($k_1 = 1,2$ e $k_2 = 1,5$)

Infiltração: $Q_{INFILTRAÇÃO} = (\text{extensão da rede}) \times (\text{coef. inf.})$

(Exemplo de coef. de infiltração na rede coletora: $0,1 \text{ L/s x km}$)

Vazão Mínima: $Q_{MÍN} = Q_{MÉD,ED} \times k_3$ ($k_3 = 0,5$)

➤ Vazões de Esgoto Sanitário:

Vazão Média: $Q_{MÉD,ES} = Q_{MÉD,ED} + Q_{INFILTRAÇÃO} + Q_{INDUSTRIAL}$

Vazão Máxima: $Q_{MÁX,ES} = Q_{MÁX,ED} + Q_{INFILTRAÇÃO} + Q_{INDUSTRIAL}$

Vazão Mínima: $Q_{MÍN,ES} = Q_{MÍN,ED} + Q_{INFILTRAÇÃO} + Q_{INDUSTRIAL}$

Vazões de Esgoto Doméstico



Para os dados abaixo relativos à **bacia contribuinte da ETE Norte**, em Maringá, calcular as vazões de projeto média e máxima:

Dados:

- População de fim de plano = 160.000 hab
- Percapita de esgotos = 120 L/hab.d
- Extensão final da rede coletora = 227 km
- Taxa de infiltração = 0,3 L/s.km

Cálculos:

$$\text{Vazão média (Qm)} = 160.000 \text{ hab} \times 120 \text{ L/hab.d} = 222 \text{ L/s}$$

$$\text{Vazão de infiltração (Qi)} = 227 \text{ km} \times 0,3 \text{ L/s.km} = 68 \text{ L/s}$$

$$\text{Vazão de projeto média} = (Qm + Qi) = 290 \text{ L/s} = 25.056 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$\begin{aligned} \text{Vazão de projeto máxima adotando } K = 1,8 \text{ (} K_1 \times K_2 \text{)} &= Q_{\text{máx}} = (Qm \times K) + Qi \\ &= (222 \times 1,8) + 68 = 468 \text{ L/s} = 40.400,64 \text{ m}^3/\text{d} \end{aligned}$$

Características dos esgotos sanitários...

| Parâmetro de qualidade | Descrição | Faixa de concentração mais comum |
|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Sólidos Totais (mg/l) | Matéria orgânica e inorgânica, suspensa e dissolvida. | 400 a 1.000 |
| Sólidos Sedimentáveis (ml/l) | Parcela dos sólidos orgânicos e inorgânicos em suspensão, que sedimentam em 1h em um cone Imhoff. Representa uma medida aproximada do lodo que é removido em um decantador primário. | 2 a 20 |
| Sólidos Suspensos Totais (SST) | Parcela dos sólidos orgânicos e inorgânicos que não estão dissolvidos. É a parcela não filtrável. Podem ser removidos (os sedimentáveis e os não sedimentáveis) por coagulação e filtração. Pode ser estimada uma contribuição na faixa de 50 a 60 gSST/hab.dia para o esgoto sanitário brasileiro, que não utiliza triturador em pias de cozinha. | 120 a 400 |
| Sólidos Suspensos Fixos (SSF) | Parcela não volátil, ou mineral dos SST. Representa de 15% a 25% (média de 20%) dos SST. | 20 a 150 |
| Sólidos Suspensos Voláteis (SSV) | Parcela volátil dos SST. Representa de 75% a 85% (média de 80%) dos SST. | 100 a 300 |

Características dos esgotos sanitários...



| Parâmetro de qualidade | Descrição | Faixa de concentração mais comum |
|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) | Parcela dos sólidos orgânicos e inorgânicos que é filtrável em papel de filtro de 1,2 µm. | 280 a 700 |
| Sólidos Dissolvidos Fixos (SDF) | Parcela mineral, ou não volátil dos SDT. | 150 a 400 |
| Sólidos Dissolvidos Voláteis (SDV) | Parcela volátil dos SDT. | 130 a 300 |
| DBO | Demanda Bioquímica de Oxigênio (5 dias e 20°C). Representa a parcela biodegradável da matéria orgânica do esgoto. É uma medida do oxigênio dissolvido requerido pelos microrganismos para estabilizar a parcela da matéria orgânica que ocorre em 5 dias. A contribuição de DBO é na faixa de 40 a 60 g/hab.dia. Valores mais baixos são para áreas mais pobres. Valor tipicamente utilizado em cidades médias e grandes no Brasil é 54 g/hab.dia. | 120 a 450 |
| DQO | Demanda Química de Oxigênio. É uma medida da matéria orgânica do esgoto. Representa a quantidade de oxigênio requerido para oxidar a matéria orgânica por um oxidante químico forte (dicromato de potássio em meio ácido). A contribuição média de DQO é cerca de 2 vezes a de DBO. | 240 a 900 |

Características dos esgotos sanitários...



| Parâmetro de qualidade | Descrição | Faixa de concentração mais comum |
|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| COT | Carbono Orgânico Total – Representa a quantidade de carbono orgânico em uma amostra de líquido. De acordo com Metcalf & Eddy (2003), a relação DBO/TOC = 1,2 a 2,0. (Para esgoto decantado DBO/TOC = 0,8 a 1,20 e para esgoto tratado por via aeróbia DBO/TOC = 0,2 a 0,5) | 150 a 800 |
| Nitrogênio Total | Nitrogênio Total inclui o nitrogênio nas formas orgânica, amoniacal, nitrito e nitrato. Nitrogênio e fósforo, com carbono e traços de outros elementos servem como nutrientes e aceleram o crescimento de plantas aquáticas. | 15 a 70 |
| Nitrogênio Orgânico | É o N presente nas proteínas, amino ácidos e uréia. | 6 a 28 |
| Nitrogênio Amoniacal | É produzido como primeiro estágio da decomposição do nitrogênio orgânico. | 7 a 42 |
| NKT – Nitrogênio Kjeldhal Total | É a soma do nitrogênio nas formas orgânica e amoniacal. A contribuição de N-NKT é na faixa de 5 a 10 g/hab.dia. Valor típico de cidades com maior consumo de proteínas é de 8 a 9 g/hab.dia | 15 a 70 |
| Nitrogênio como nitrito e nitrato | Nitrito e nitrato são formas mais oxidadas de nitrogênio. Ambas essas formas de N são ausentes em esgoto sanitário bruto. Podem aparecer em efluentes de ETEs, especialmente os nitratos, quando se tem a oxidação biológica do N amoniacal (nitrificação) | 0 |

Características dos esgotos sanitários...



| Parâmetro de qualidade | Descrição | Faixa de concentração mais comum |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Fósforo Total (P) | O fósforo existe na forma orgânica e inorgânica. Fósforo em águas naturais é uma fonte para eutrofização. A contribuição estimada no Brasil é de 0,9 a 1,3 g/hab.dia, devendo aumentar futuramente com o aumento do uso de detergentes em pó. | 2 a 10 |
| Fósforo Orgânico | É a parcela de fósforo ligado à matéria orgânica. | 0,7 a 3,5 |
| Fósforo inorgânico | Aparece nas formas de ortofosfato e polifosfato. | 1,3 a 6,5 |
| Óleos e Graxas | É a parcela da matéria orgânica que é solúvel em hexano. Suas fontes são as gorduras e óleos usados na alimentação. | 50 a 150 |

Características dos esgotos sanitários...

| CARACTERÍSTICA | FORTE | MÉDIO | FRACO |
|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| DBO _{5,20} (mg/L) | 400 | 220 | 110 |
| DQO (mg/L) | 1.000 | 500 | 250 |
| Carbono Org. Total (mg/L) | 290 | 160 | 80 |
| Nitrogênio total – NTK (mg/L) | 85 | 40 | 20 |
| Nitrogênio Orgânico (mg/L) | 35 | 15 | 08 |
| Nitrogênio Amoniacal (mg/L) | 50 | 25 | 12 |
| Fósforo Total (mg/L) | 15 | 08 | 04 |
| Fósforo Orgânico (mg/L) | 05 | 03 | 01 |
| Fósforo Inorgânico (mg/L) | 10 | 05 | 03 |
| Cloreto (mg/L) | 100 | 50 | 30 |
| Sulfato (mg/L) | 50 | 30 | 20 |
| Contribuições Unitárias: Óleos e Gorduras (mg/L) | DBO: 54 g DBO / habitante x dia DQO: 100 g / habitante x dia | DBO: 54 g DBO / habitante x dia DQO: 100 g / habitante x dia | DBO: 54 g DBO / habitante x dia DQO: 100 g / habitante x dia |

Características dos esgotos sanitários...

| CARACTERÍSTICA | FORTE | MÉDIO | FRACO |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|
| Sólidos Totais (mg/L) | 1.200 | 720 | 350 |
| Sólidos Dissolvidos (mg/L) | 850 | 500 | 250 |
| Sólidos Dissolvidos Fixos (mg/L) | 850 | 500 | 250 |
| Sólidos Dissolvidos Voláteis (mg/L) | 525 | 300 | 145 |
| Sólidos em Suspensão Totais (mg/L) | 350 | 220 | 100 |
| Sólidos em Suspensão Fixos (mg/L) | 75 | 55 | 20 |
| Sólidos em Suspensão Voláteis (mg/L) | 275 | 165 | 80 |
| Sólidos Sedimentáveis (mL/L) | 20 | 10 | 05 |

Contribuições Unitárias:

SST: 60 g / habitante x dia

Características dos esgotos sanitários...



| CARACTERÍSTICA | VALOR MÉDIO |
|-----------------------------------------|------------------|
| Bactérias Totais (/100 mL) | $10^9 - 10^{10}$ |
| Coliformes Totais (NMP/100 mL) | $10^7 - 10^8$ |
| Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL) | $10^6 - 10^7$ |
| Estreptococcus Fecais (NMP/100 mL) | $10^5 - 10^6$ |
| Salmonella Typhosa (/100 mL) | $10^1 - 10^4$ |
| Cistos de Protozoários (/100 mL) | $10^2 - 10^5$ |
| Vírus (/100 mL) | $10^3 - 10^4$ |
| Ovos de Helminthos (/100 mL) | $10^1 - 10^3$ |

PADRÕES DE EMISSÃO

Estado de São Paulo: Decreto 8.468/76



- pH: entre 5 e 9
- Temperatura: inferior a 40°C
- Sólidos Sedimentáveis: inferior a 1 mL/L
- $\text{DBO}_{5,20}$: inferior a 60 mg/L ou 80% de redução

RESOLUÇÃO Nº 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005

Publicada no DOU nº 053, de 18/03/2005, págs. 58-63

- Alterada pela Resolução 410/2009 e pela 430/2011

Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

- pH: entre 5 e 9
- Temperatura: inferior a 40°C
- Sólidos Sedimentáveis: inferior a 1 mL/L
- Amônia total: inferior a 20 mg/L

PADRÕES DE EMISSÃO

Estado de São Paulo: Decreto 8.468/76



Exemplo: Águas Classe 2

- Oxigênio Dissolvido: não inferior a 5 mg/L
- $DBO_{5,20}$: inferior a 5 mg/L
- Coliformes Totais: não superior a 5.000 / 100 mL
- Coliformes Termotolerantes: não superior a 1.000 / 100 mL

PADRÕES DE QUALIDADE RESOLUÇÃO CONAMA 357/2005



Águas classe 1 - amônia total:

- 3,7 mg-N/L para $\text{pH} \leq 7,5$
- 2,0 mg-N/L para $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$
- 1,0 mg-N/L para $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$
- 0,5 para $\text{pH} > 8,5$

PADRÕES DE QUALIDADE RESOLUÇÃO CONAMA 357/2005



Águas classe 1 – Fósforo Total

- 0,02 mg P/L para ambientes lênticos,
- 0,025 mg P/L para ambientes intermediários, com tempo de residência entre 2 e 40 dias e tributários diretos de ambiente lêntico
- 0,1 mg P/L para ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários.

RESOLUÇÃO Nº 410, DE 04 DE MAIO DE 2009

Publicada no DOU nº 83, de 05/05/2009, pág. 106



Correlações:

- Altera o art. 44 da Resolução nº 357/2005 e o art. 3º da Resolução nº 397/2008.

Prorroga o prazo para complementação das condições e padrões de lançamento de efluentes, previsto no art. 44 da Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, e no art. 3º da Resolução nº 397, de 3 de abril de 2008.



**MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE
CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE**

RESOLUÇÃO Nº 430, DE 13 DE MAIO DE 2011

Correlações:

- Complementa e altera a Resolução nº 357/2005.

Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA.

Seção II

Das Condições e Padrões de Lançamento de Efluentes

Art. 16. Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente no corpo receptor desde que obedeçam as condições e padrões previstos neste artigo, resguardadas outras exigências cabíveis:

I - condições de lançamento de efluentes:

a) pH entre 5 a 9;

b) temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura;

c) materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone *Inmhoff*. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;

d) regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vez a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor, exceto nos casos permitidos pela autoridade competente;

e) óleos e graxas:

1. óleos minerais: até 20 mg/L;

2. óleos vegetais e gorduras animais: até 50 mg/L;

f) ausência de materiais flutuantes; e

g) Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5 dias a 20°C): remoção mínima de 60% de DBO sendo que este limite só poderá ser reduzido no caso de existência de estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor;

MUITO OBRIGADO !!!