



ESCOLA POLITÉCNICA DA USP
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
HIDRÁULICA E AMBIENTAL

PHA 3360 – POLUIÇÃO E
QUALIDADE DA ÁGUA

PROF. DR. SIDNEY SECKLER FERREIRA FILHO





POLUIÇÃO E QUALIDADE DA ÁGUA

- **Introdução**
- **Importância da caracterização da qualidade da água**
- **Características físicas da água**
- **pH**
- **Condutividade**





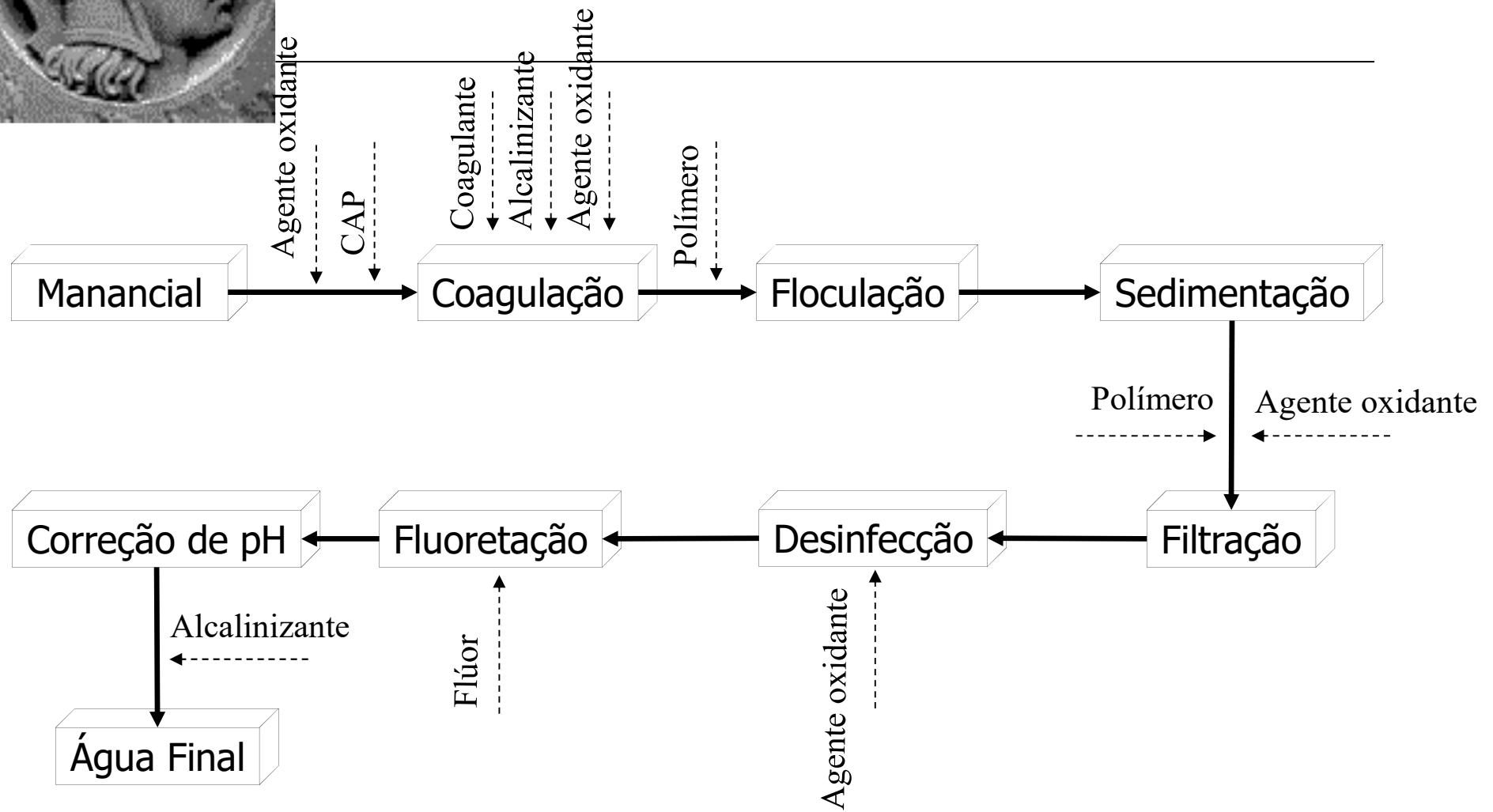
POLUIÇÃO E QUALIDADE DA ÁGUA

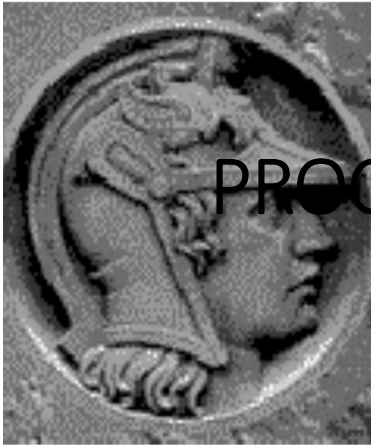
- **Sólidos dissolvidos totais (SDT)**
- **Turbidez**
- **Cor real e cor aparente**
- **Aplicações**
- **Comentários Finais**

--

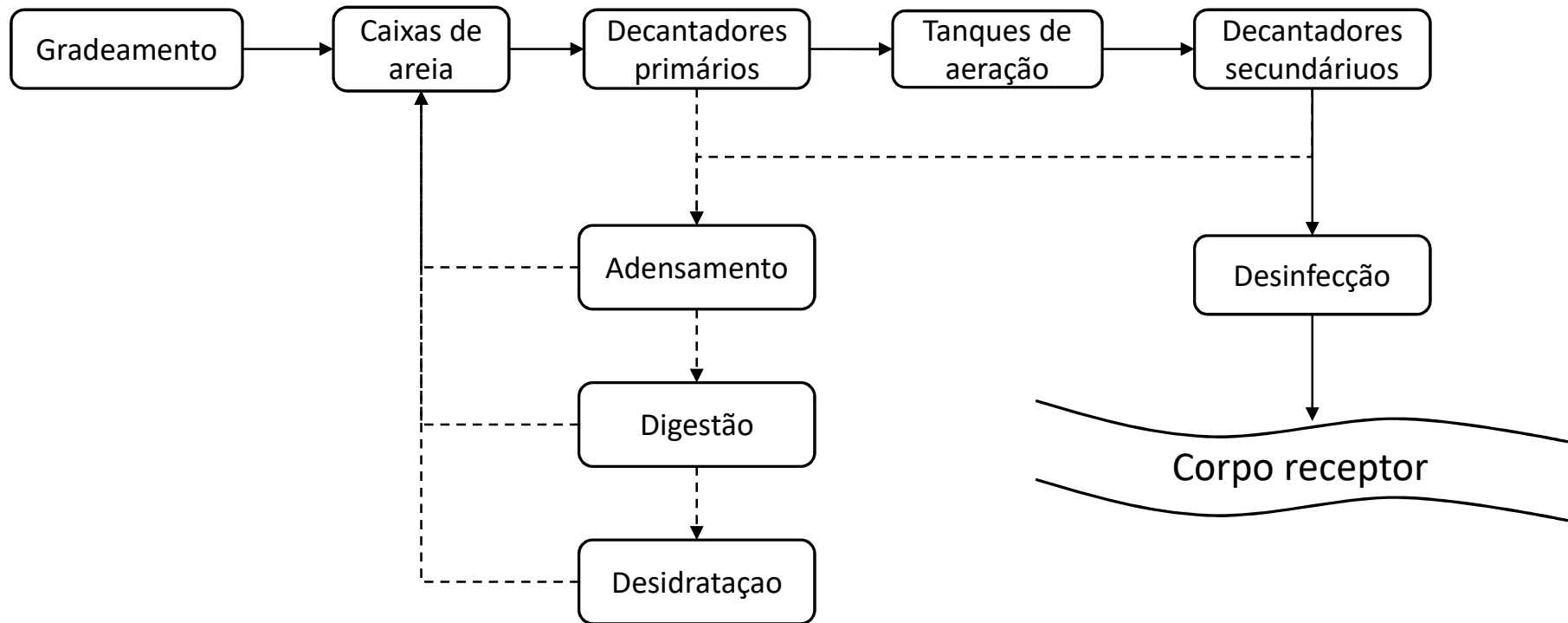


TRATAMENTO CONVENCIONAL DE ÁGUAS DE ABASTECIMENTO





PROCESSO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS POR LODOS ATIVADOS





AVALIAÇÃO DE CORPOS D'ÁGUA E CORPOS RECEPTORES

- Vídeo 1 – Rio Baixo Cotia
- Vídeo 2 – Captações Litoral Norte





POLUIÇÃO E QUALIDADE DA ÁGUA

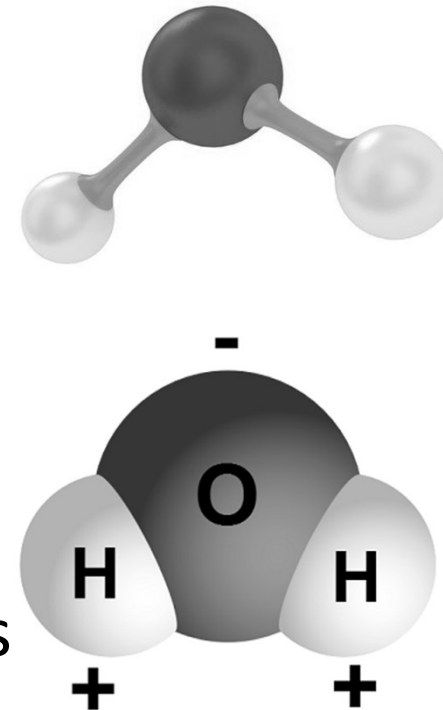
- **Padrões de potabilidade**
- **Padrões de lançamento de efluentes em corpos receptores**
- **Padrões de lançamento de efluentes em redes coletoras de esgotos sanitários**
- **Padrões de qualidade da água**





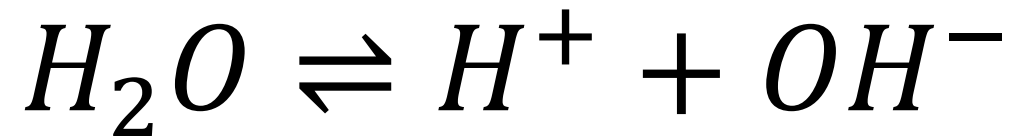
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA

- Massa molecular: 18,02 g/mol
- Molécula polar
- Massa específica: 998,02 kg/m³
- Temperatura de fusão: 0 C
- Temperatura de ebulição: 100 C
- Viscosidade dinâmica: 1,0.10⁻³ Pa.s





CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA: pH



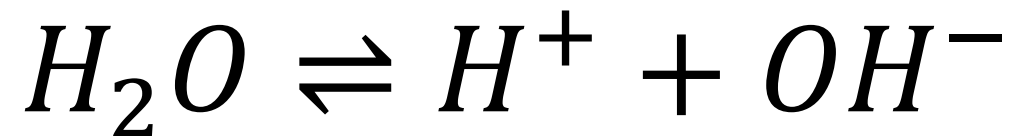
$$K_w = \{H^+\} \cdot \{OH^-\}$$

$$K_w = 1,008 \cdot 10^{-14}$$

(25°C)



CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA: pH



$$pH = -\log\{H^+\}$$

$$pOH = -\log\{OH^-\}$$

$$pH + pOH = 14$$

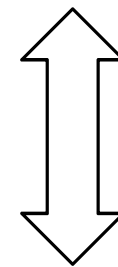




CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA: pH

$$pK_w = \left(\frac{4.470,99}{T} \right) + 0,017060(T) - 6,0875$$

Temperatura	K_w	pH de uma solução neutra
0	$0,12 \cdot 10^{-14}$	7,47
15	$0,45 \cdot 10^{-14}$	7,18
20	$0,68 \cdot 10^{-14}$	7,08
25	$1,01 \cdot 10^{-14}$	7,00
30	$1,47 \cdot 10^{-14}$	6,92
40	$2,95 \cdot 10^{-14}$	6,76



Constante de equilíbrio é
função da temperatura
!!!





IMPORTÂNCIA NA ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

- **Monitoramento de processos de tratamento de água (controle do processo de coagulação)**
- **Monitoramento de processos de tratamento de esgotos sanitários (tanques de aeração, digestores de lodo, etc...)**
- **Padrão de potabilidade**
- **Padrão de lançamento de efluentes em corpos d'água e rede coletora**





DETERMINAÇÃO DO pH EM FASE LÍQUIDA

▪ Métodos eletrométricos (eletrodo de vidro combinado)





DETERMINAÇÃO DO pH EM FASE LÍQUIDA

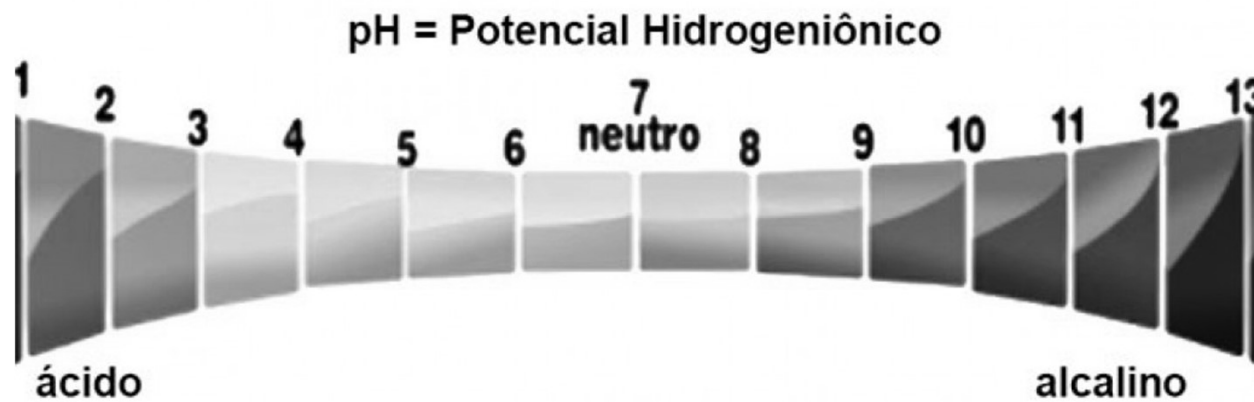
▪ Indicadores universais de pH





DETERMINAÇÃO DO pH EM FASE LÍQUIDA

▪ Indicadores ácido base





DETERMINAÇÃO DO pH EM FASE LÍQUIDA

■ Vídeio 1 – Determinação de pH

--



CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA: CONDUTIVIDADE

- Definição: Capacidade de uma determinada fase líquida permitir a passagem de corrente elétrica
- Origem: Presença de cátions e ânions na fase líquida





CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA: CONDUTIVIDADE

- Principais cátions: Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^{+} , K^{+}
- Principais ânions: Cl^{-} , SO_4^{-2} , HCO_3^{-}
- Quanto maior for a condutividade de uma amostra maiores tenderão a ser a sua concentração de cátions e ânions na fase líquida

--



IMPORTÂNCIA NA ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

- Parâmetro de controle na produção de água ultra-pura em determinados processos industriais
- Indicador de fontes de poluição antropogênica
- Tratamento de efluentes industriais





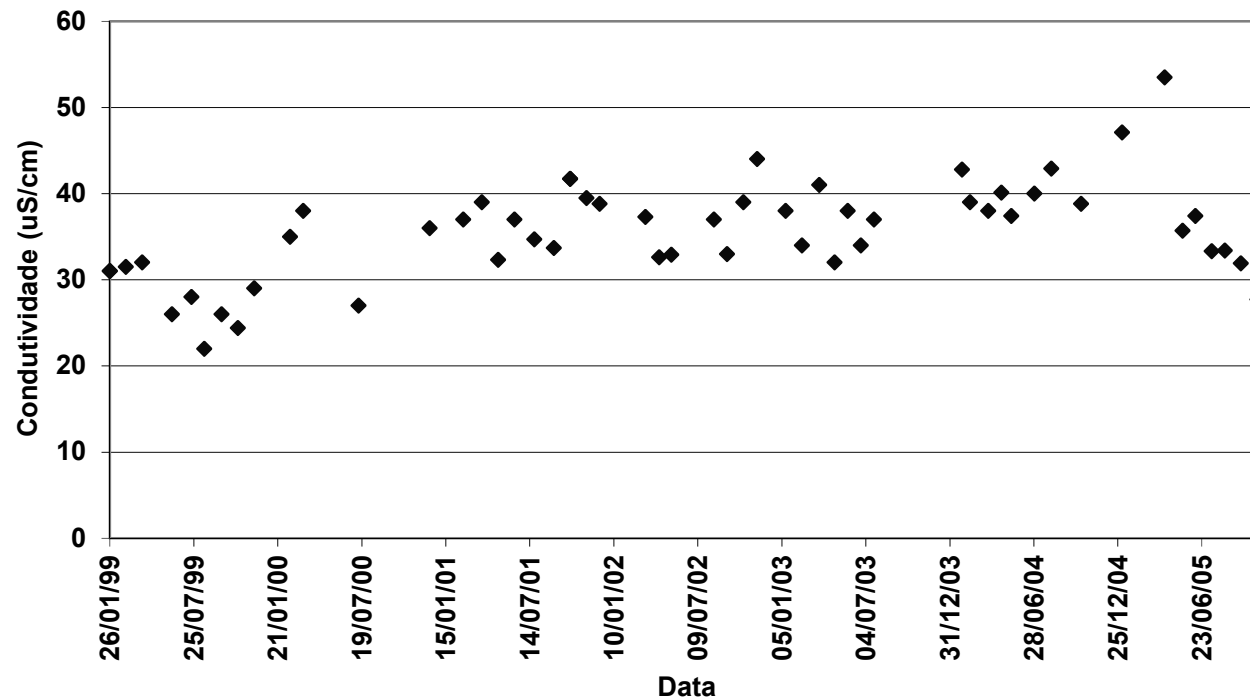
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA: CONDUTIVIDADE

- Unidade: $\mu\text{S}/\text{cm}$
- Água destilada: 0,5 a 3,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- Água de chuva: $< 15 \mu\text{S}/\text{cm}$
- Águas naturais: 20 a 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- Água salobra: 1.000 a 5.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$

--



CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA: CONDUTIVIDADE

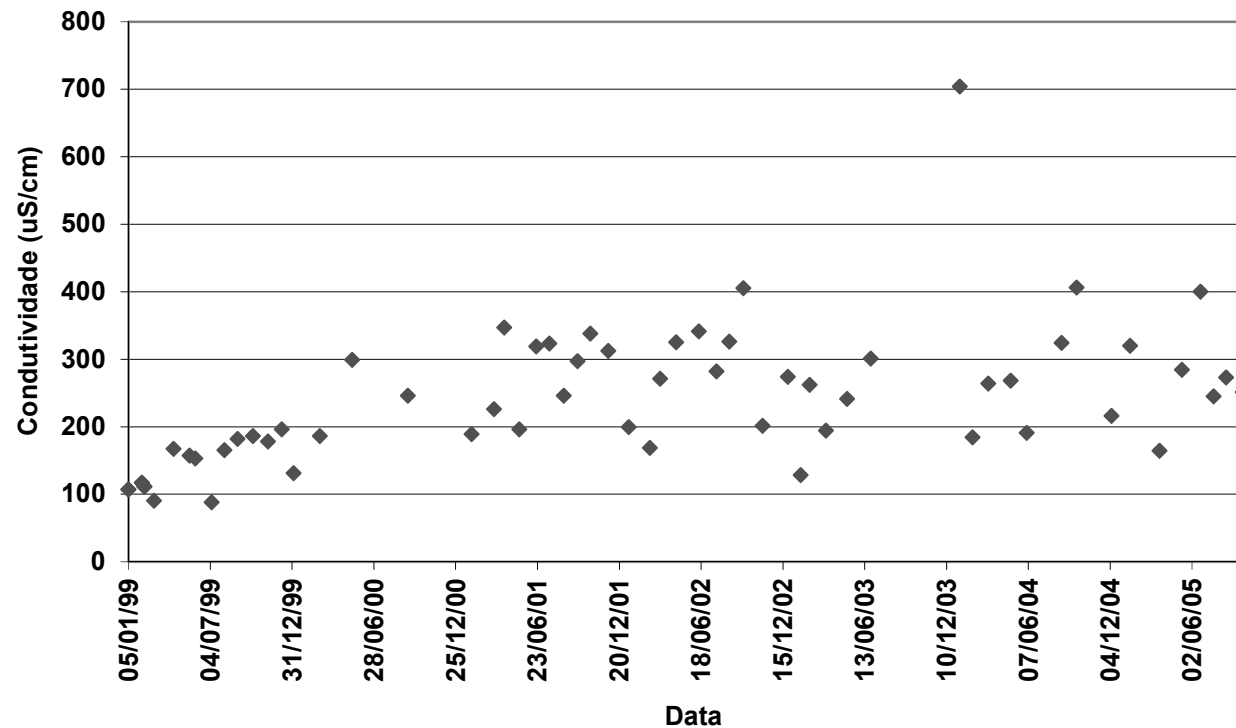


Sistema Cantareira

--



CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA: CONDUTIVIDADE



Sistema Baixo Cotia



DETERMINAÇÃO DA CONDUTIVIDADE EM FASE LÍQUIDA

▪ Eletrodos específicos





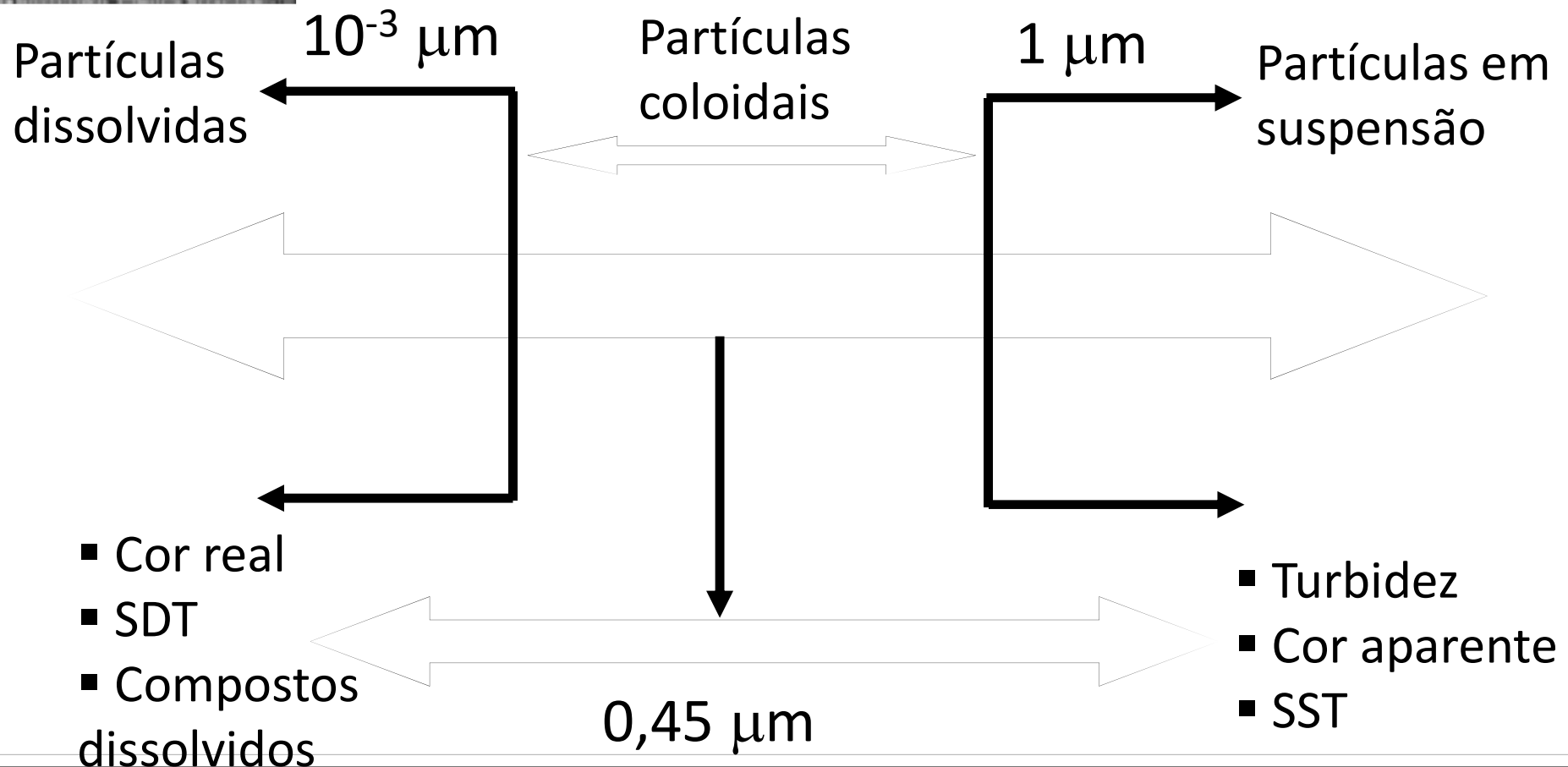
DETERMINAÇÃO DA CONDUTIVIDADE EM FASE LÍQUIDA

- Vídeo 1 – Determinação de condutividade



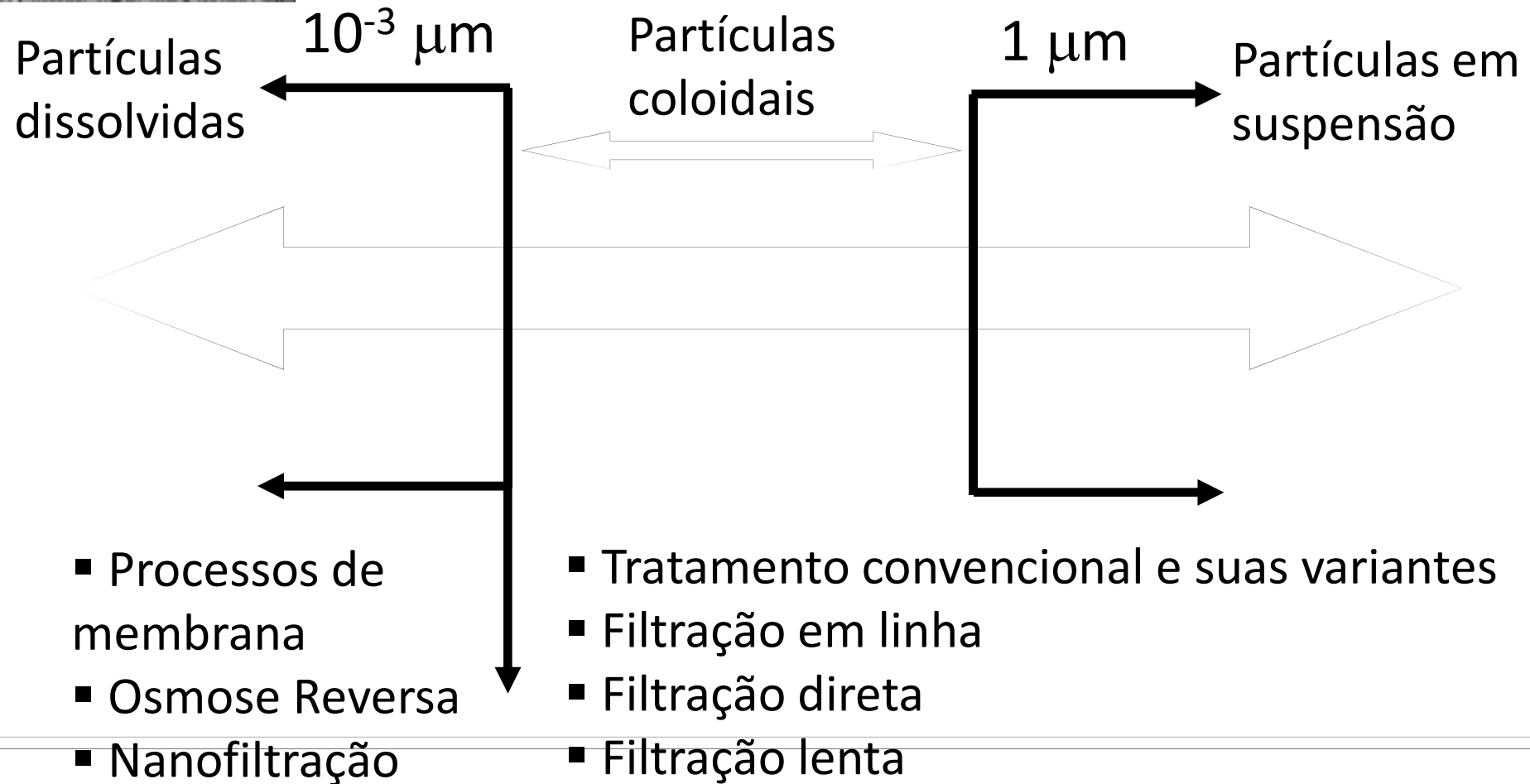


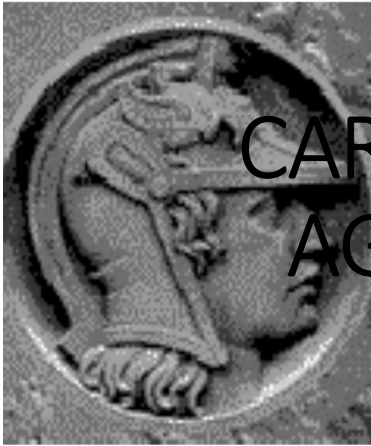
DISTRIBUIÇÃO DE TAMANHO DE PARTÍCULAS EM ÁGUAS NATURAIS



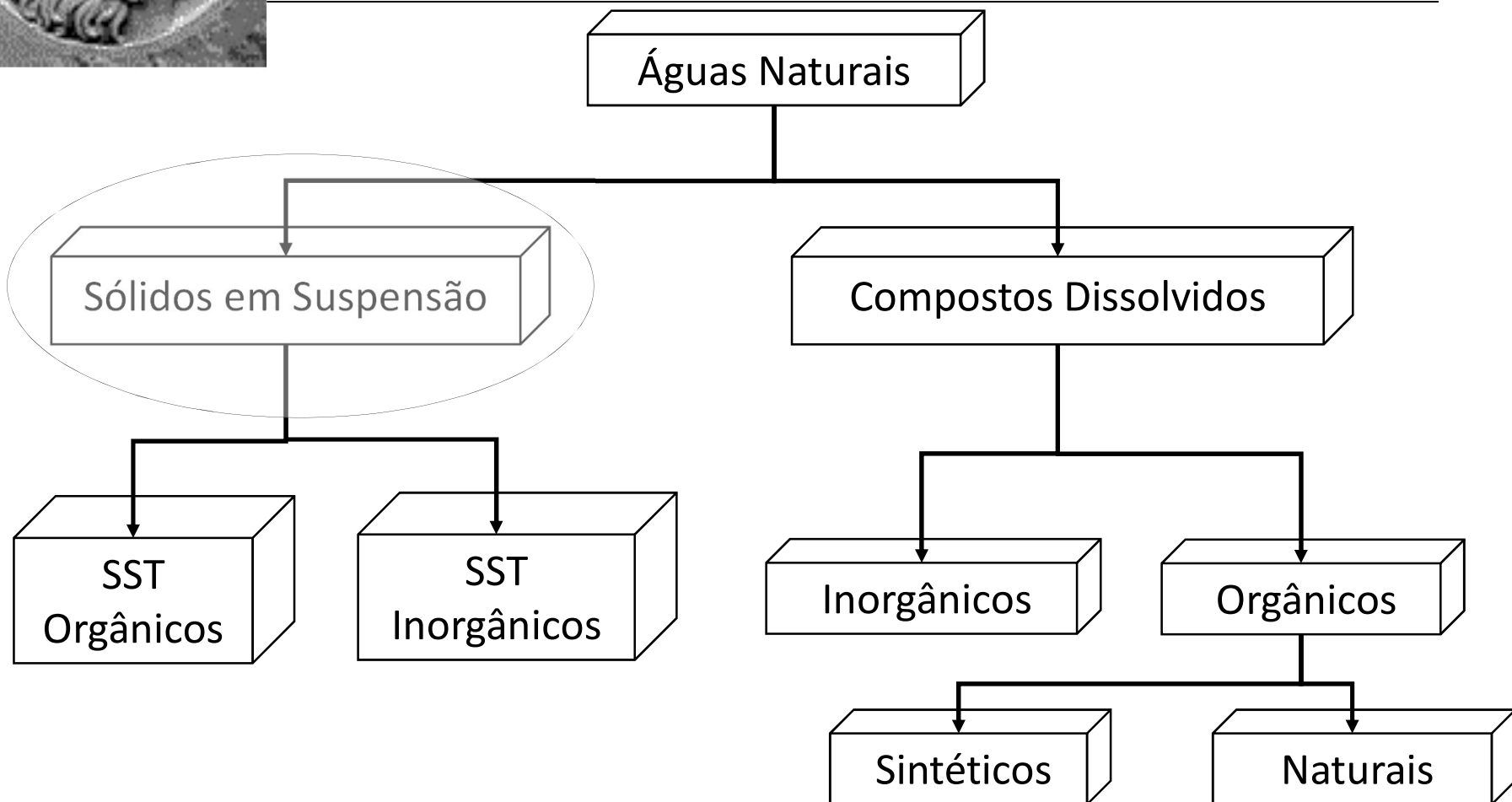


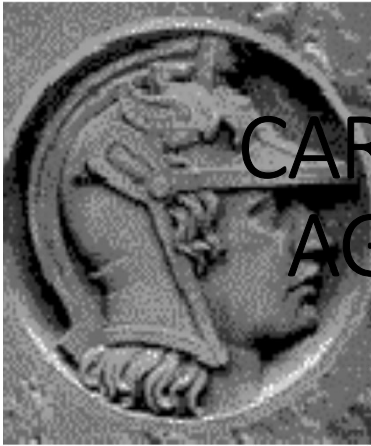
DISTRIBUIÇÃO DE TAMANHO DE PARTÍCULAS EM ÁGUAS NATURAIS



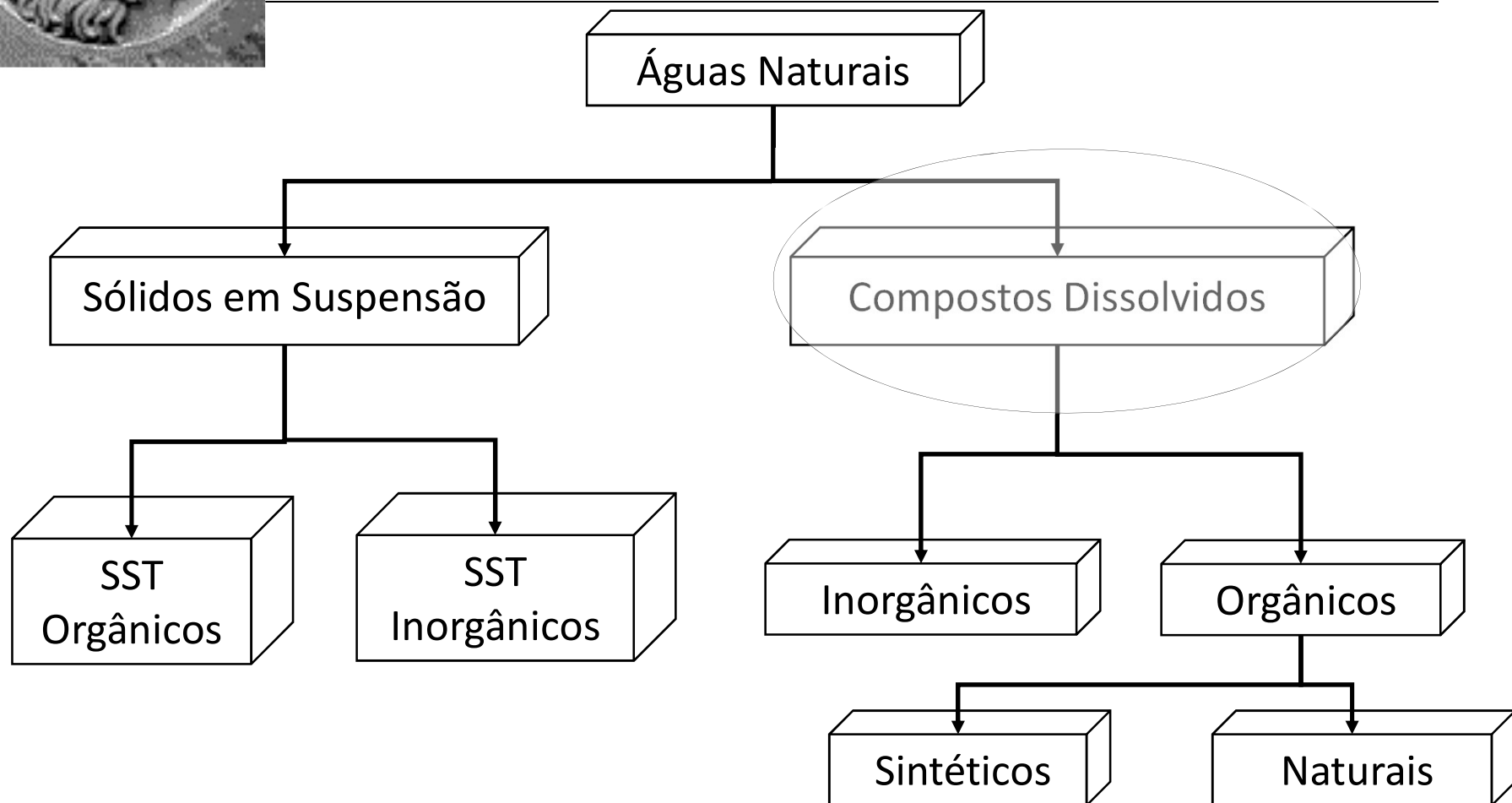


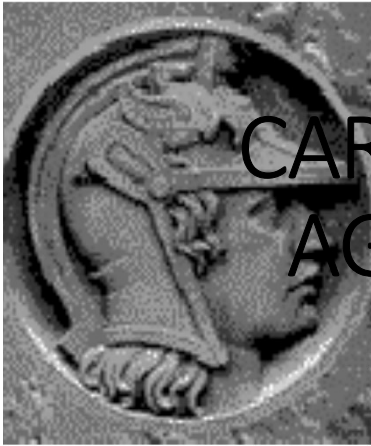
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA: SÓLIDOS DISSOLVIDOS TOTAIS





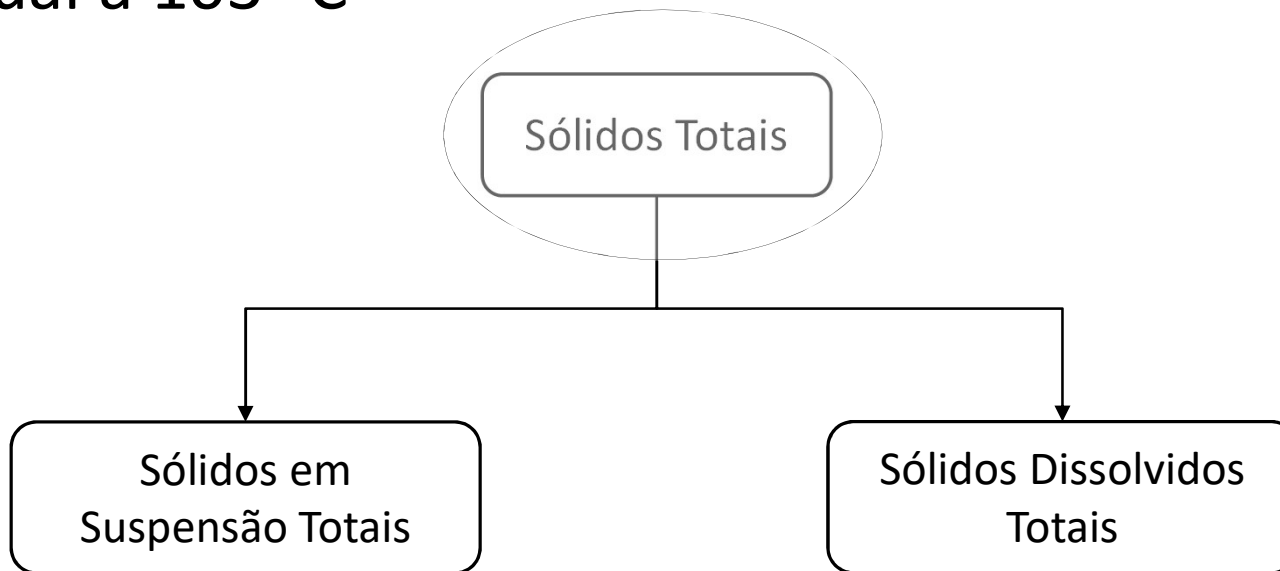
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA: SÓLIDOS DISSOLVIDOS TOTAIS

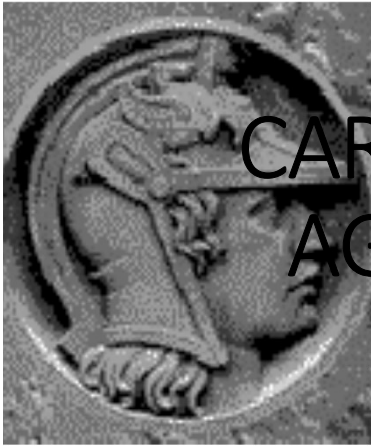




CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA: SÓLIDOS DISSOLVIDOS TOTAIS

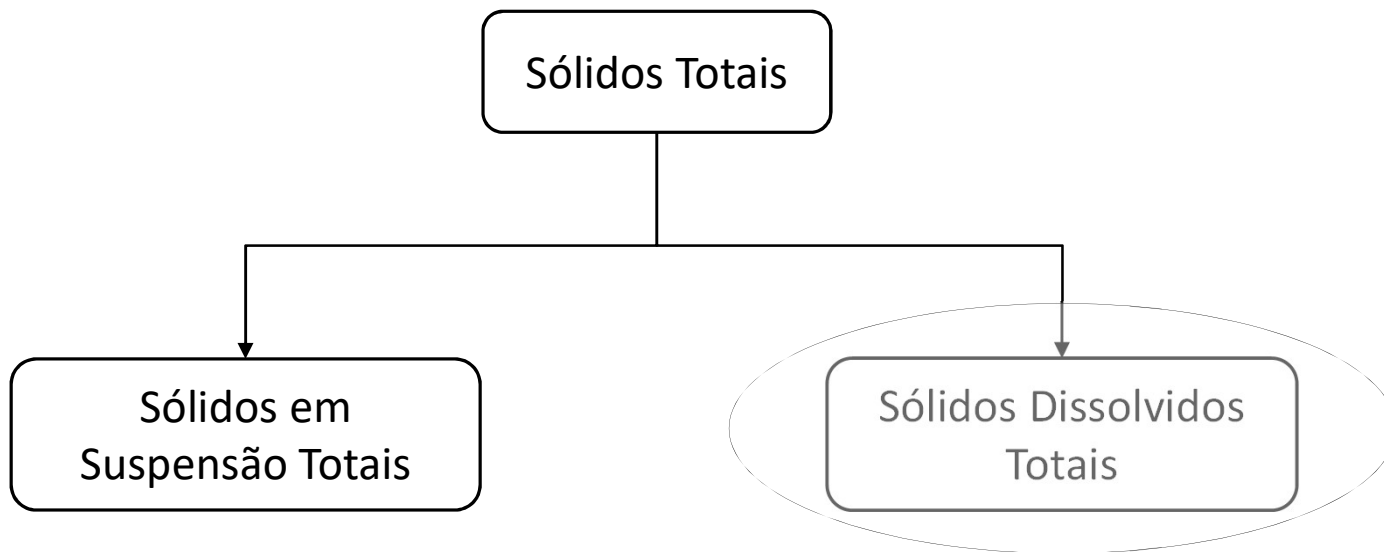
Definição: Material remanescente após a evaporação da fase líquida a temperatura igual a 103 °C

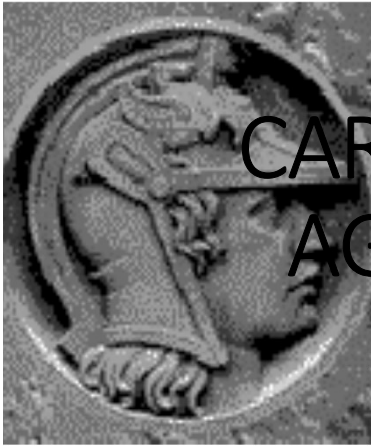




CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA: SÓLIDOS DISSOLVIDOS TOTAIS

Definição: Material remanescente após a evaporação da fase líquida a temperatura igual a 180 °C

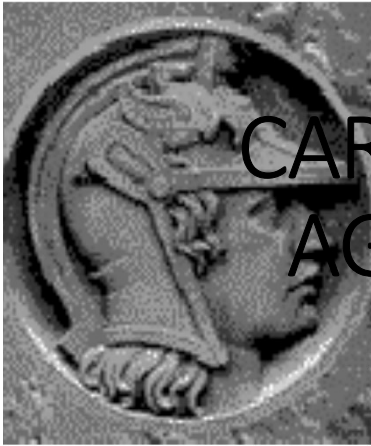




CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA: SÓLIDOS DISSOLVIDOS TOTAIS

- Origem: Presença de cátions e ânions na fase líquida e demais contaminantes remanescentes após a evaporação da fase aquosa a 180°C
- Apresenta relação com o parâmetro condutividade

--



CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA: SÓLIDOS DISSOLVIDOS TOTAIS

- Análise gravimétrica
- Unidade: mg/L

$$SDT\left(\frac{mg}{L}\right) = k \cdot Cond\left(\frac{\mu S}{cm}\right)$$

- k situa-se entre 0,5 a 0,9 e varia conforme a qualidade da água



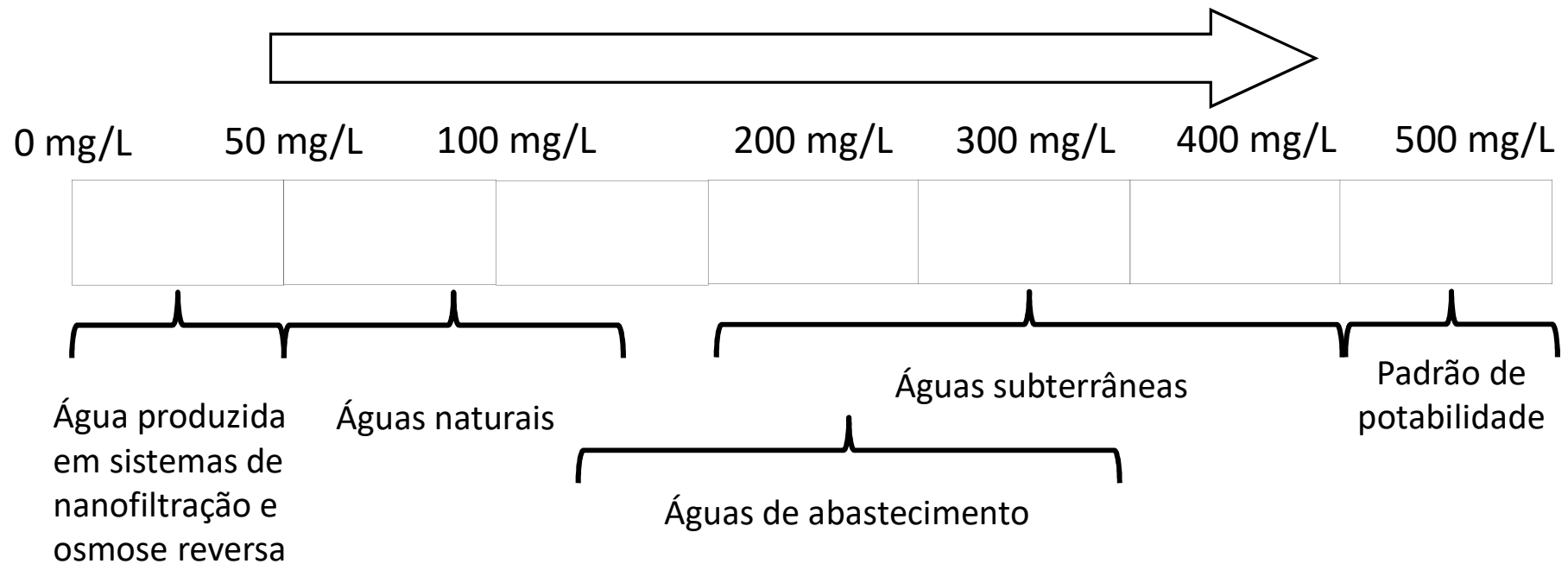


IMPORTÂNCIA NA ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

- Parâmetro de controle na produção de água ultra-pura em determinados processos industriais
- Indicador de fontes de poluição antropogênica
- Padrão de potabilidade: 1.000 mg/L
- Padrão de potabilidade: 500 mg/L (USEPA)



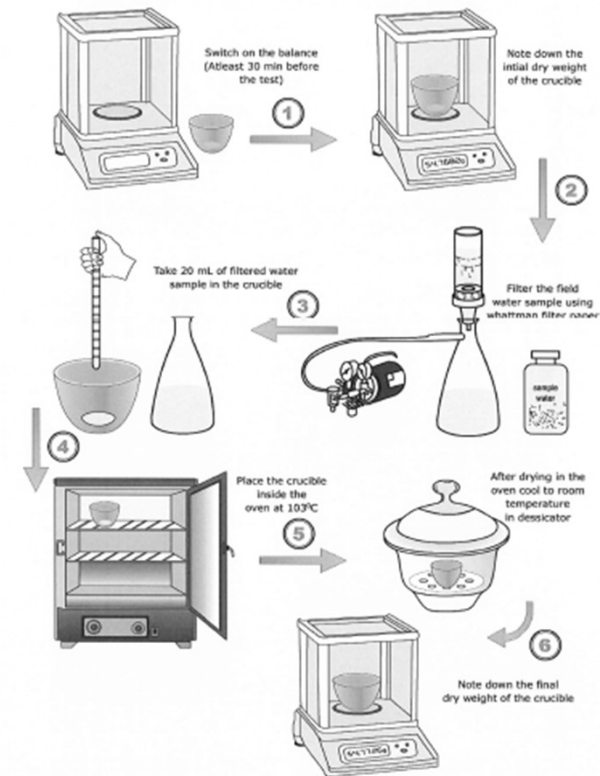
IMPORTÂNCIA NA ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL





DETERMINAÇÃO DE SÓLIDOS DISSOLVIDOS TOTAIS NA FASE LÍQUIDA

- Análise gravimétrica
- Preparação da cápsula de porcelana
- Filtração (opcional)
- Secagem em estufa
- Pesagem

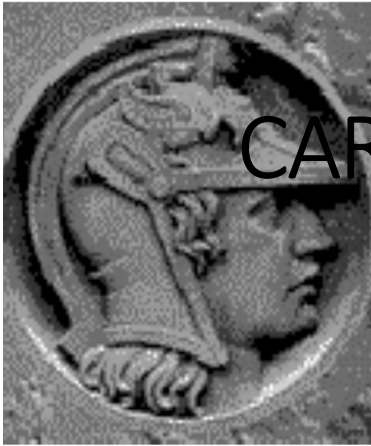




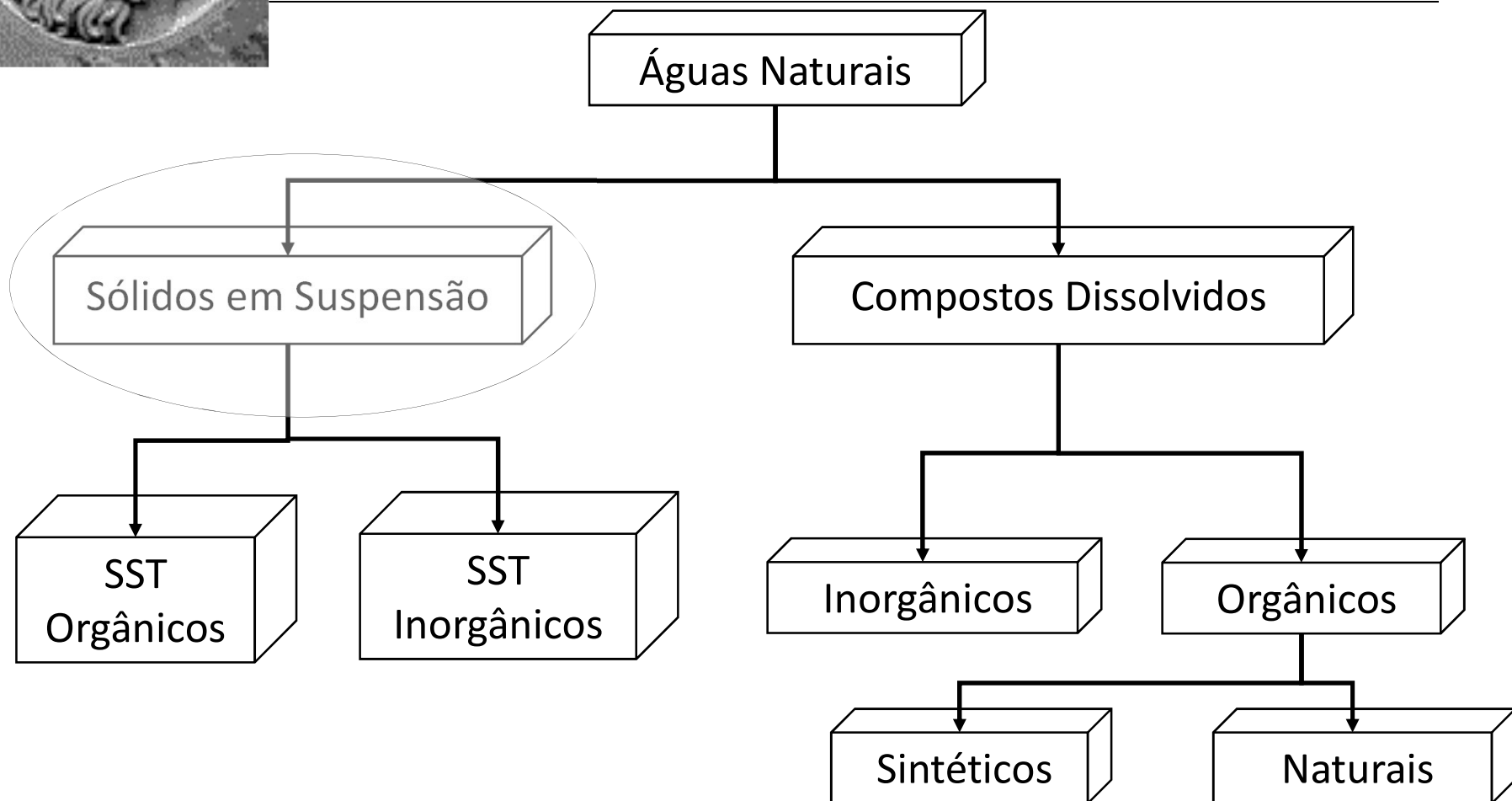
DETERMINAÇÃO DE SÓLIDOS DISSOLVIDOS TOTAIS NA FASE LÍQUIDA

- Vídeo 1 – Determinação de sólidos dissolvidos totais

--

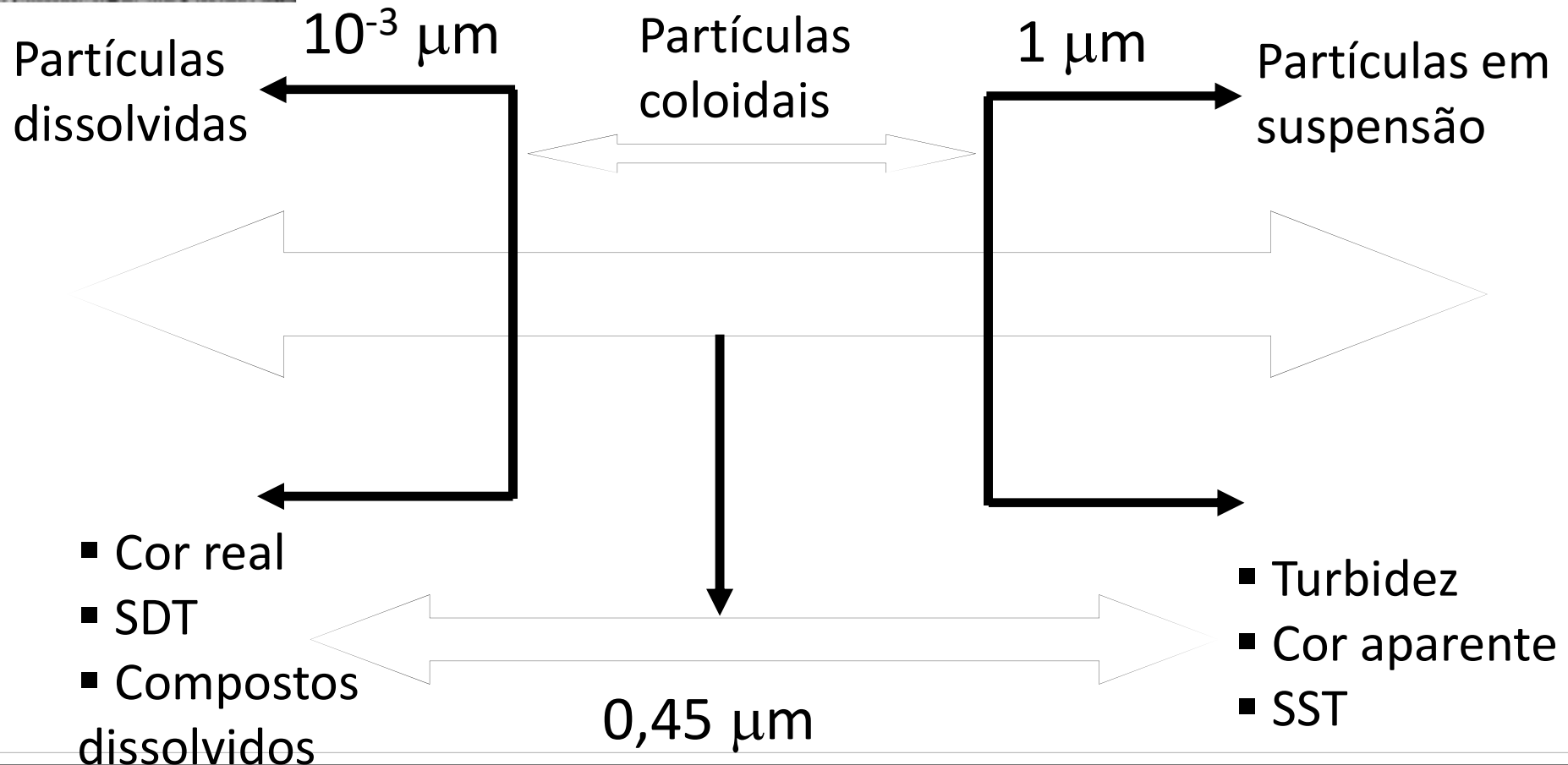


CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA: TURBIDEZ





DISTRIBUIÇÃO DE TAMANHO DE PARTÍCULAS EM ÁGUAS NATURAIS

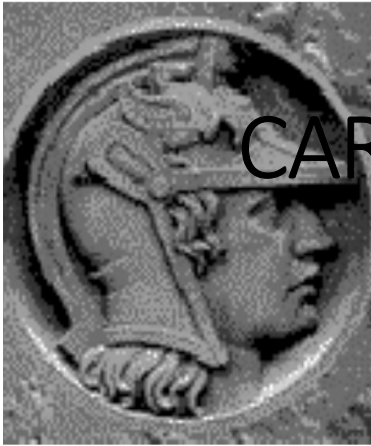




CARACTERÍSTICAS DOS SISTEMAS COLOIDAIS

- Movimento Browniano: Bombardeamento pelas moléculas de água.
- Efeito Tyndall: Propriedade de dispersar a luz. A quantificação desta propriedade de um sistema coloidal é denominada nefelometria.
- Comportamento Elétrico: Existência de cargas negativas e positivas na superfície do colóide (Eletroforese).

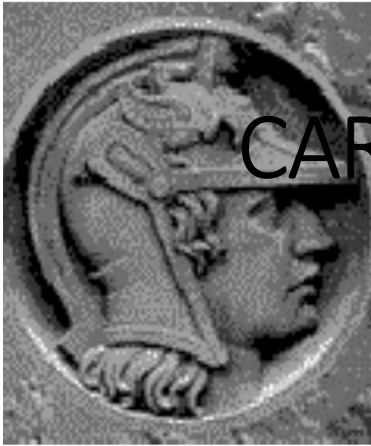




CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA: TURBIDEZ

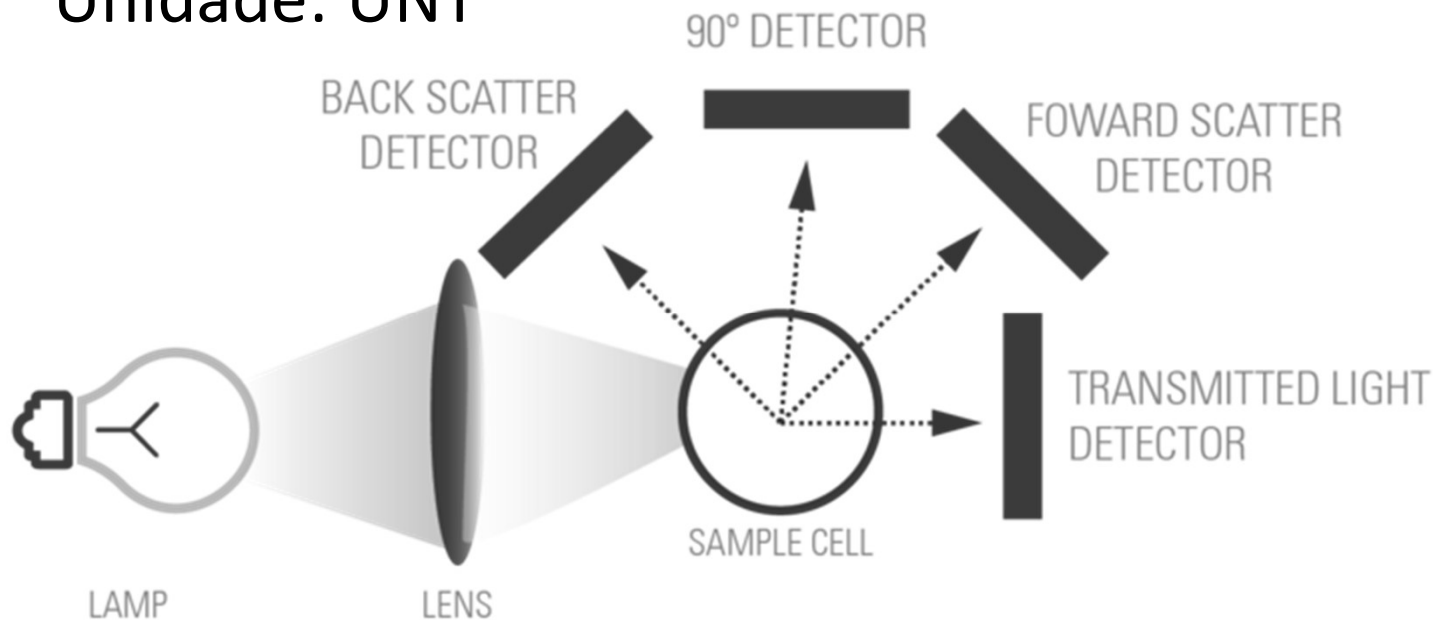
Definição: Capacidade de interferência de passagem de luz em uma amostra em função da presença de material coloidal e em suspensão





CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA: TURBIDEZ

- Princípio: Quantidade de luz dispersa por um sistema coloidal
- Unidade: UNT





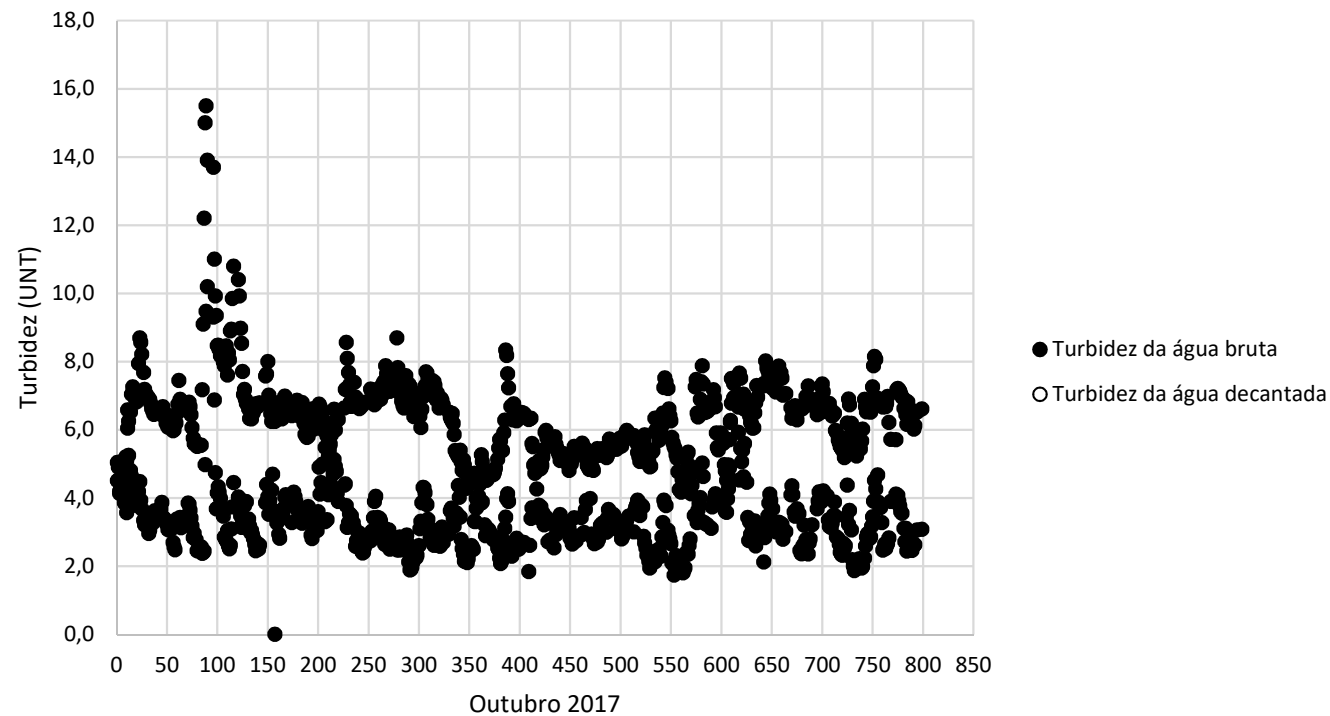
IMPORTÂNCIA NA ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

- Parâmetro indireto que possibilita a avaliar a concentração de partículas coloidais presentes na fase líquida
- Parâmetro de determinação muito rápida
- Padrão de potabilidade: 0,5 UNT (Água filtrada)
- Padrão de potabilidade: <5,0 UNT (No sistema de distribuição)



IMPORTÂNCIA NA ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

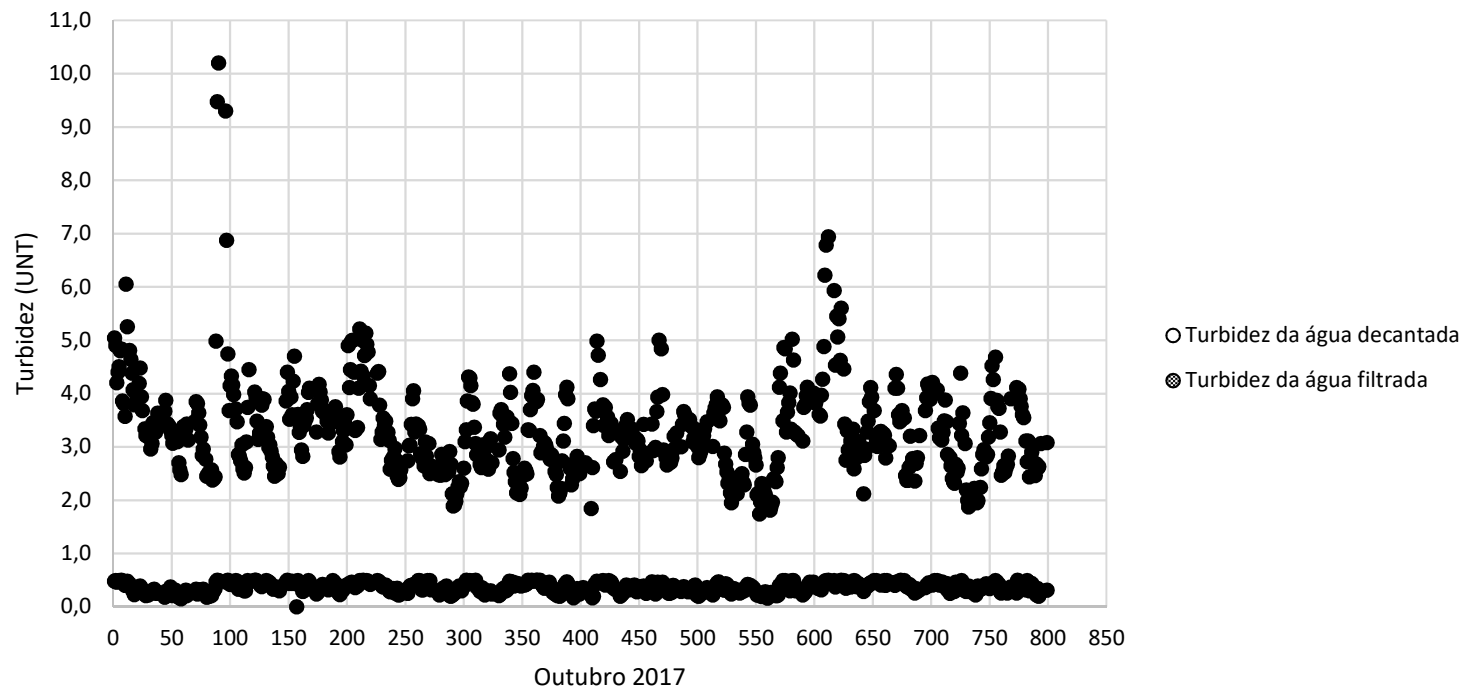
■ Monitoramento de estações de tratamento de água





IMPORTÂNCIA NA ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

■ Monitoramento de estações de tratamento de água





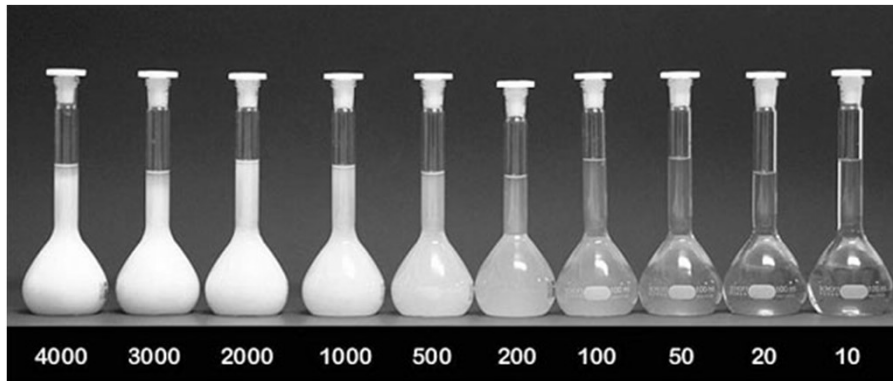
DETERMINAÇÃO DO PARÂMETRO TURBIDEZ

- Turbidímetro
- Calibração do equipamento
- Inserção da amostra
- Leitura
- Parâmetro de rápida execução, podendo ser efetuado por equipamentos de bancada ou “on line”





PADRÕES DE TURBIDEZ PARA CALIBRAÇÃO DE EQUIPAMENTOS



$$1 \text{ mg} \frac{\text{SiO}_2}{\text{L}} = 1 \text{ UNT}$$

- Calibração: solução padrão de formazina

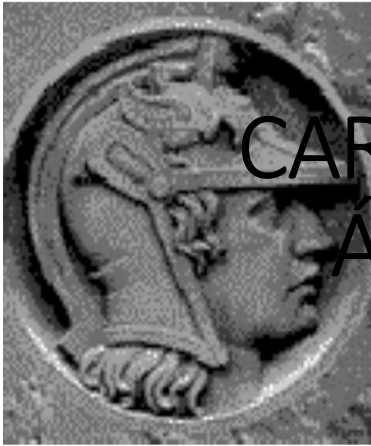




DETERMINAÇÃO DO PARÂMETRO TURBIDEZ

- Vídeo 1 – Determinação de turbidez

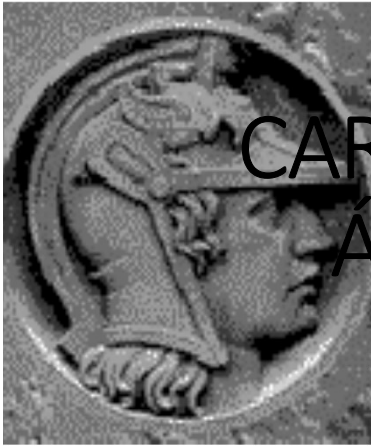
--



CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA: COR REAL E COR APARENTE

Definição: Capacidade de uma amostra em transmitir luz visível em um comprimento de onda sensível ao olho humano

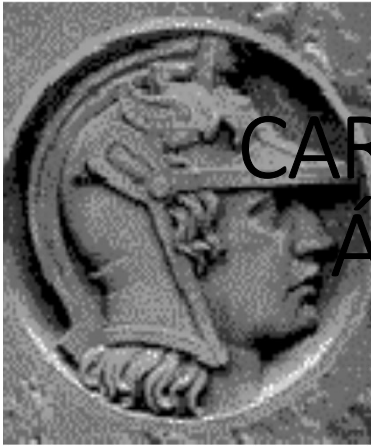




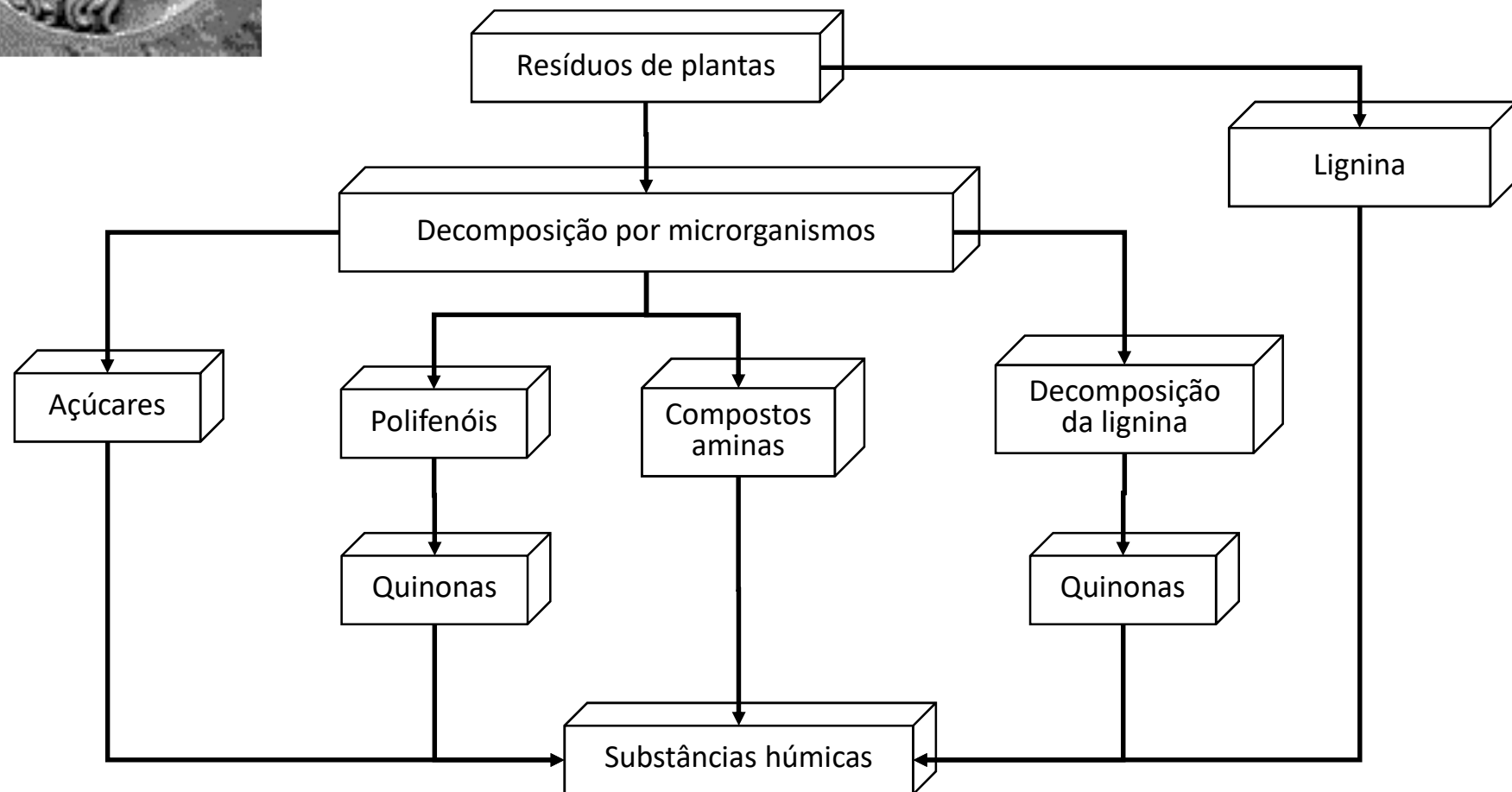
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA: COR REAL E COR APARENTE

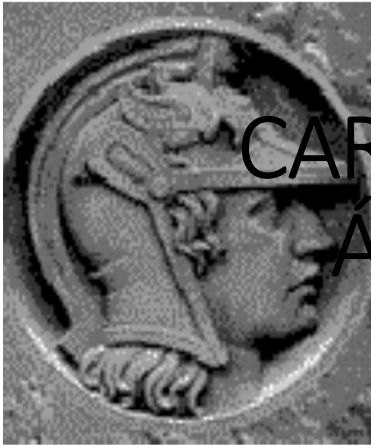
- Vídeio 1 – Rio Negro
- Vídeio 2 – Captação ETA
Paranaguá



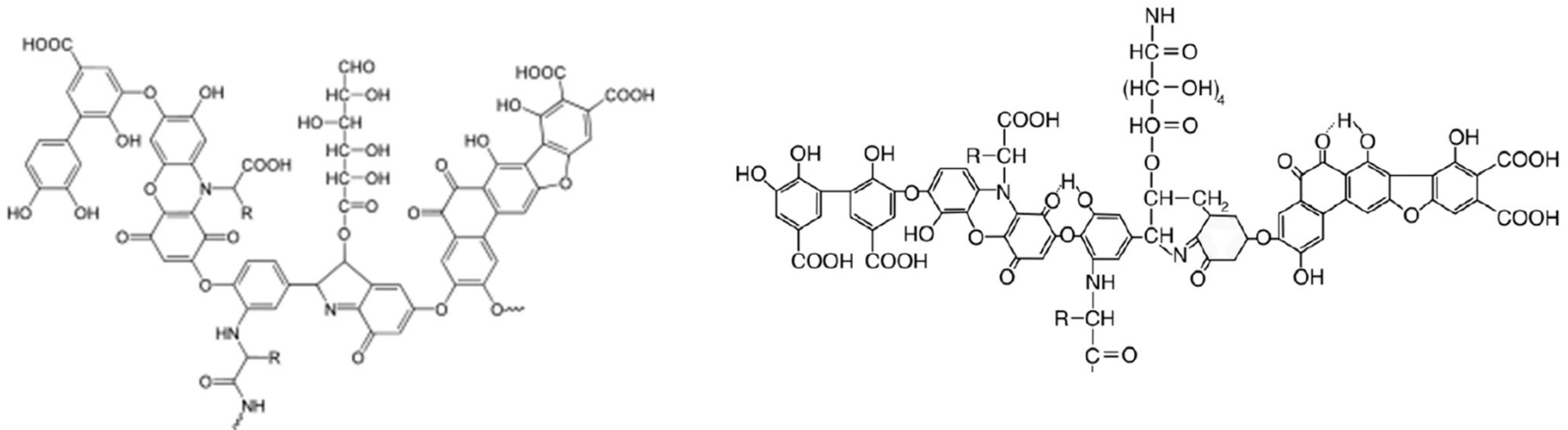


CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA: COR REAL E COR APARENTE

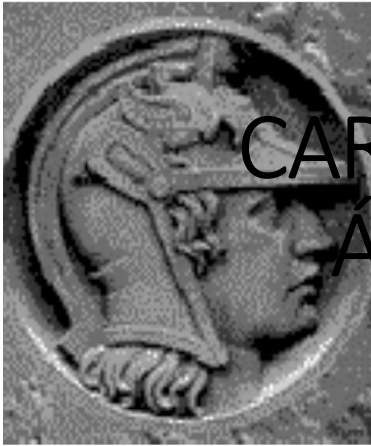




CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA: COR REAL E COR APARENTE

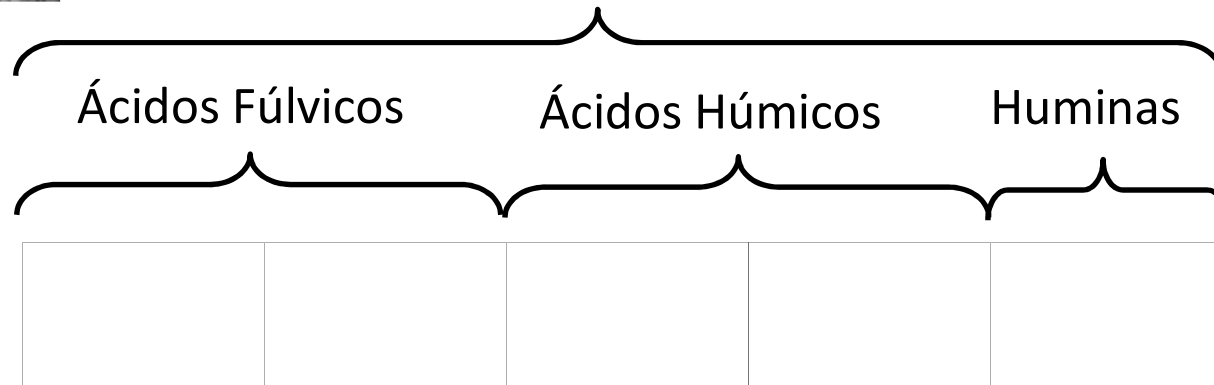


- Estruturas químicas propostas para substâncias húmicas



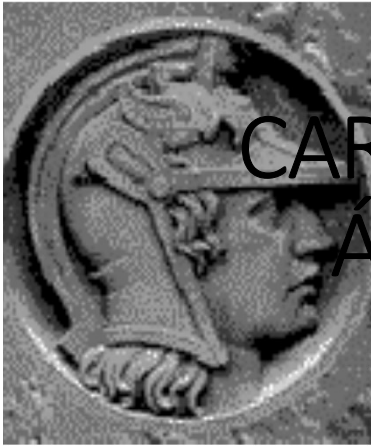
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA: COR REAL E COR APARENTE

Substâncias Húmicas

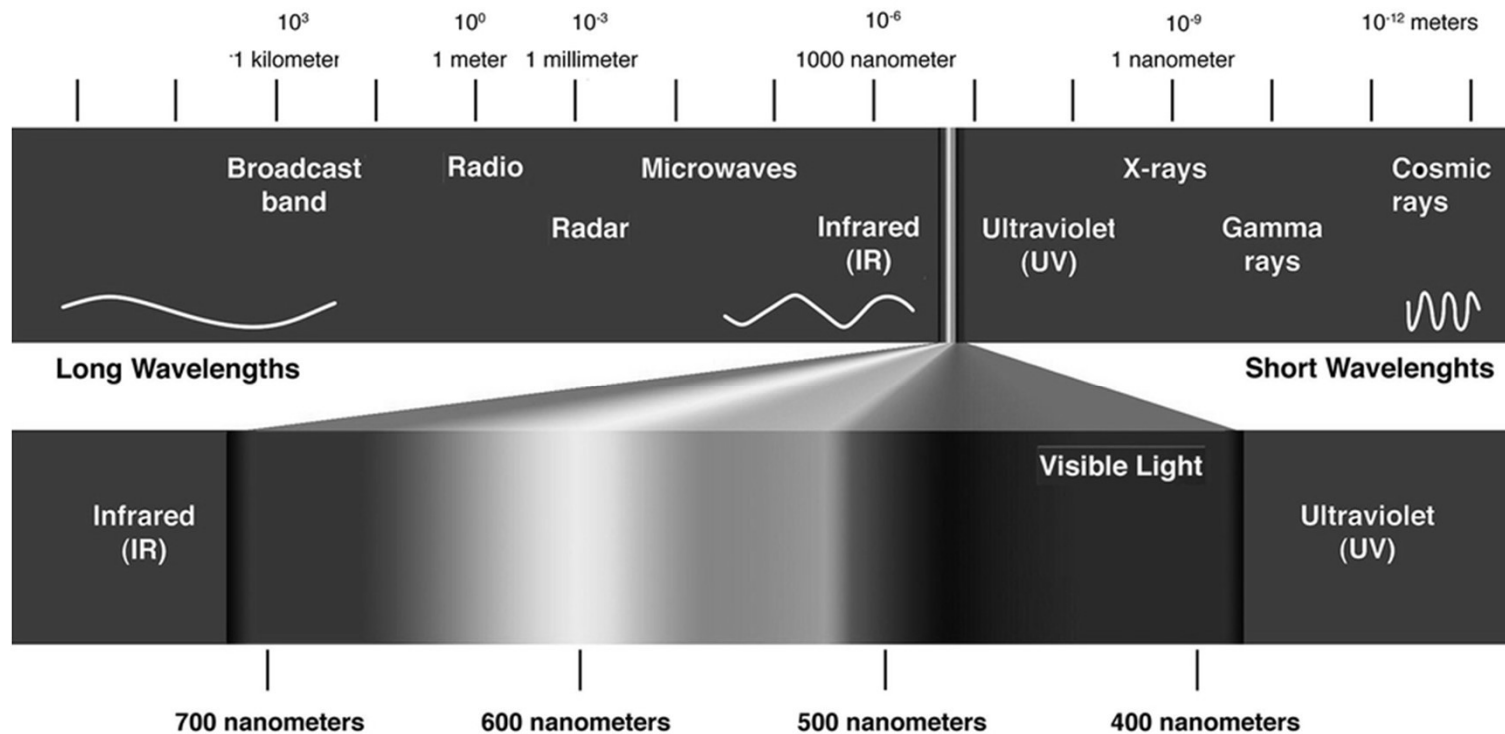


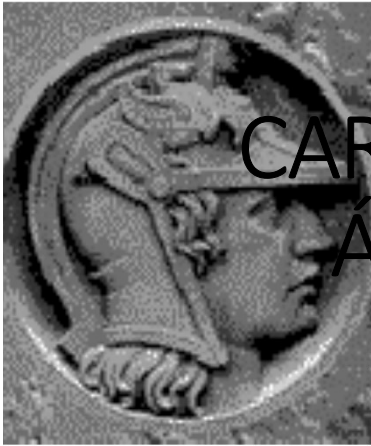
————→ Aumento na intensidade de cor —————→
————→ Aumento no grau de polimerização —————→
2.000 —————→ Aumento no peso molecular —————→ 300.000 ???
45% —————→ Aumento na porcentagem de C —————→ 62%
48% —————→ Decréscimo na porcentagem de O —————→ 30%
————→ Decréscimo de solubilidade —————→

--

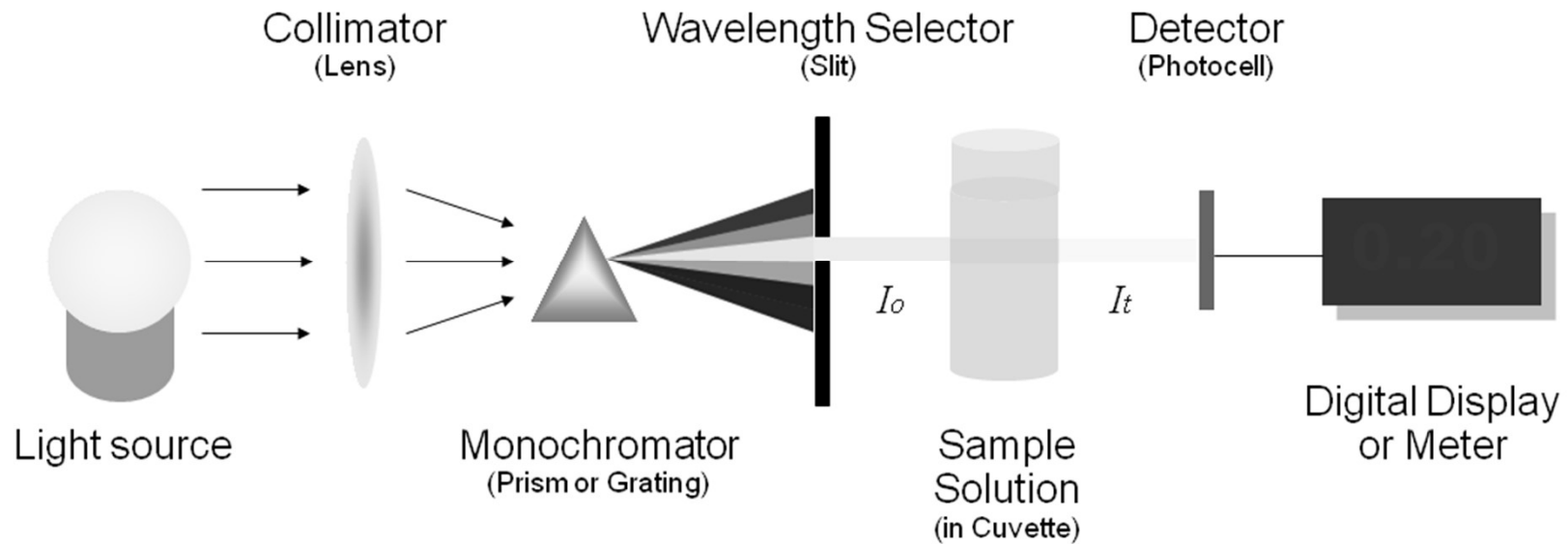


CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA: COR REAL E COR APARENTE





CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA: COR REAL E COR APARENTE





IMPORTÂNCIA NA ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

- Parâmetro indicativo da qualidade estética da água
- Padrão de potabilidade: <15 UC (No sistema de distribuição)
- Altas concentrações de cor real apresentam efeitos deletérios ao processo de tratamento de água

--



DETERMINAÇÃO DO PARÂMETRO COR REAL E APARENTE

- Colorímetro
- Calibração do equipamento
- Inserção da amostra
- Leitura
- Parâmetro de rápida execução, podendo ser efetuado por equipamentos de bancada ou “on line”





PADRÕES DE COR PARA CALIBRAÇÃO DE EQUIPAMENTOS



$$1 \text{ mg} \frac{K_2PtCl_6}{L} = 1 \text{ UC}$$

- Calibração: solução padrão de cloro platinato de potássio





DETERMINAÇÃO DO PARÂMETRO COR REAL E APARENTE

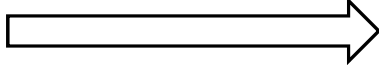
- Vídeo 1 – Determinação de cor real e aparente

--

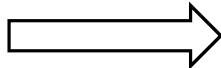


DETERMINAÇÃO DO PARÂMETRO COR REAL E APARENTE

- Diferenciação entre os parâmetros cor real e cor aparente

▪ Cor real 

Associada a compostos orgânicos dissolvidos e sem a influência da turbidez

▪ Cor aparente 

Associada a partículas coloidais e mais compostos orgânicos dissolvidos





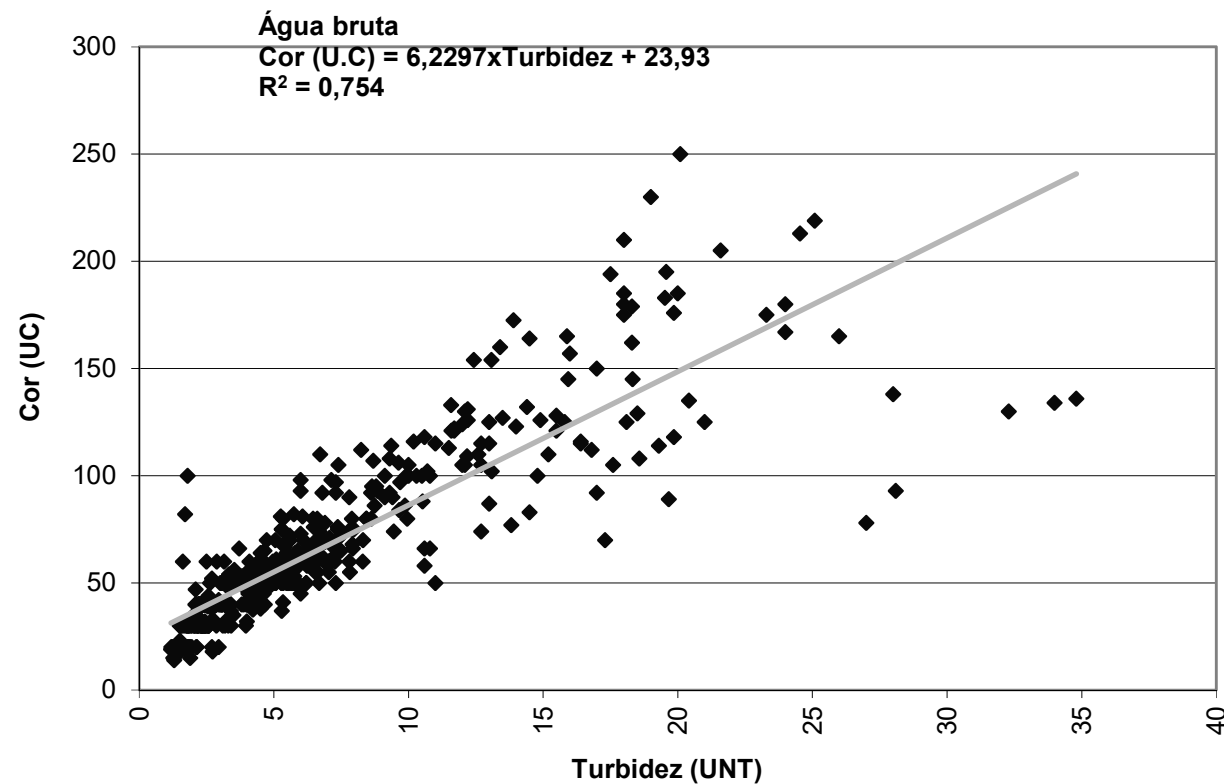
DETERMINAÇÃO DO PARÂMETRO COR REAL E APARENTE

- A determinação da cor real em amostras que apresentem turbidez requer a sua prévia filtração ou centrifugação
- O parâmetro cor real apresenta mais relevância do que a cor aparente
- Existe uma intrínseca relação entre os parâmetros turbidez e cor aparente





IMPORTÂNCIA NA ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

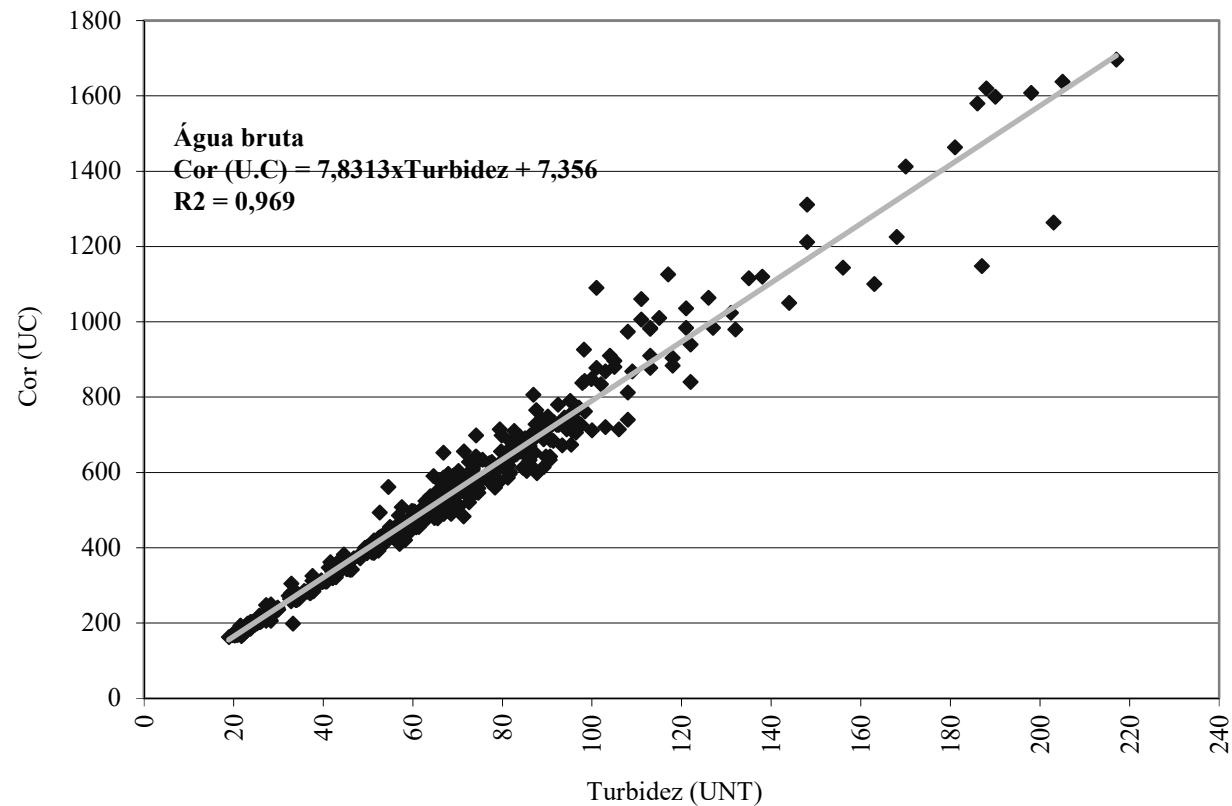


Estação de tratamento de água Ribeirão da Estiva

--



IMPORTÂNCIA NA ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL



Estação de tratamento de água Anhangabaú



Muito
Obrigado !!!

