

1º SEMESTRE DE 2024

Prof. Dr. Davi Gasparini Fernandes Cunha

Estagiários PAE (monitores)

João Miguel Mercedes Bega (joamiguelbega@gmail.com) e Jose Antonio Calvetty Ayllón (ja.calvetty@usp.br)

Técnica de laboratório

Juliana Gonçalves dos Santos Custódio (jucust@sc.usp.br)

AULA PRÁTICA 1: “Análise da qualidade da água: amostragem e parâmetros básicos”

Entrega do questionário: 11/04/2024 (Turma 1) e 18/04/2024 (Turma 2)

Objetivos: Serão avaliadas nesta prática cinco variáveis que possuem importância ambiental e sanitária: oxigênio dissolvido, pH, condutividade elétrica, cor e turbidez. A medição de vazão em sistemas lóticos é importante por refletir a disponibilidade hídrica e permitir, se for o caso, o cálculo de cargas. Os objetivos principais da aula são: 1) familiarizar os alunos com normas e diretrizes para coleta e preservação de amostras ambientais; 2) efetuar coleta de amostras de água em diferentes riachos localizados no Campus 2 da USP-São Carlos; 3) realizar, em laboratório, os procedimentos necessários para quantificação das concentrações de oxigênio dissolvido e dos valores de pH, condutividade elétrica, cor aparente, cor verdadeira e turbidez; 4) estimar a vazão de um dos riachos por meio de diferentes métodos.

1

Aprender noções básicas sobre coleta e preservação de amostras

Monitoramento e amostragem:

- O quê? Quais variáveis? Por quê? Elas se relacionam com o problema estudado? Elas são úteis para responder às perguntas da pesquisa ou da avaliação?
- Como? Quais os métodos que serão empregados? Coleta, laboratório, transporte
- Onde? Pontos de coleta
- Quando? Períodos de coleta, sazonalidade?

Frascos (material depende da variável a ser quantificada):

- Vidro borosilicato
- Vidro borosilicato âmbar
- Polietileno
- * Frasco de oxigênio dissolvido: **tampa esmerilhada; selo líquido**
- * Preparação dos frascos: **limpeza, identificação**

<p><u>Oxigênio dissolvido</u></p> <p>Frasco: vidro</p> <p>Preservação: refrigeração</p> <p>4°C</p> <p>Prazo para análise: 4-8h</p>	<p>Sobre o oxigênio dissolvido (OD): o oxigênio se dissolve na água como resultado da diferença de pressão parcial. A Lei de Henry estabelece a concentração de saturação dos gases na água de acordo com a temperatura. A manutenção das concentrações de oxigênio na água é fundamental para a sobrevivência de organismos aeróbios e depende de um equilíbrio entre mecanismos de incremento (fotossíntese e reaeração) e depleção/consumo de oxigênio na água (respiração, demanda bentônica e nitrificação). As concentrações de oxigênio influenciam processos químicos e biológicos nos corpos de água, assim como os processos biológicos de tratamento de águas residuárias</p>
<p><u>pH</u></p> <p>Frasco: polietileno ou vidro</p> <p>Preservação: -</p> <p>Prazo para análise: análise imediata</p>	<p>Sobre o pH: o pH é o logaritmo negativo da concentração de íons hidrogênio. O pH influencia diversos equilíbrios químicos que ocorrem nos cursos de água, altera a fisiologia de diversas espécies e interfere na solubilização de nutrientes e na precipitação de elementos químicos tóxicos. Por influenciar diversos processos e operações unitárias, incluindo aqueles em reatores aeróbios e anaeróbios para tratamento de efluentes, o pH também é fundamental na área de saneamento.</p>
<p><u>Condutividade Elétrica</u></p> <p>Frasco: polietileno ou vidro</p> <p>Preservação: refrigeração</p> <p>4°C</p> <p>Prazo para análise: 24h</p>	<p>Sobre a condutividade elétrica (CE): a CE está relacionada com a capacidade da água em conduzir corrente elétrica. Por estar associada à quantidade de sais na coluna de água, indica, indiretamente, a concentração de poluentes. A CE depende dos sólidos dissolvidos na água, sejam de caráter aniônico ou catiônico, e elevados valores podem sugerir que a água possui características corrosivas.</p>
<p><u>Cor</u></p> <p>Frasco: polietileno ou vidro</p> <p>Preservação: refrigeração</p> <p>4°C</p> <p>Prazo para análise: 24h</p>	<p>Sobre a cor: a cor é oriunda da presença de material dissolvido na água, sobretudo em estado coloidal, e se refere à atenuação que um feixe de luz sofre ao atravessar a amostra. A cor é influenciada por fatores naturais (pode ser proveniente de substâncias húmicas, por exemplo) e antrópicos (lançamento de efluentes específicos, como de indústrias têxteis). A cor aparente é devida às substâncias dissolvidas e em suspensão na água. Já a cor verdadeira é aquela somente devida às substâncias dissolvidas. Do ponto de vista de tratamento de água para consumo, a remoção de cor é necessária para que a água seja adequada do ponto de vista estético.</p>
<p><u>Turbidez</u></p> <p>Frasco: polietileno e vidro âmbar</p> <p>Preservação: refrigeração</p> <p>4°C, evitando exposição à luz</p> <p>Prazo para análise: 24h</p>	<p>Sobre a turbidez: a turbidez é oriunda da presença de material em suspensão na água (algas, areia, silte, argila), e se refere à atenuação que um feixe de luz sofre ao atravessar uma amostra. A turbidez pode diminuir sensivelmente a transparência da água e alterar as taxas de fotossíntese, além de prejudicar os usos múltiplos da água. Do ponto de vista de tratamento, a turbidez da água bruta influencia a escolha das tecnologias em ETAs.</p>

Coletar amostras e determinar, em laboratório, as concentrações de oxigênio dissolvido e os valores de pH, condutividade elétrica, cor e turbidez

2.1) OXIGÊNIO DISSOLVIDO

Método: Winkler modificado pela azida sódica (APHA, 2012)

Procedimentos:

- Coletar amostra de água em frasco com boca esmerilhada (preencher por completo);
- Adicionar, ao frasco com amostra, 2 mL de sulfato manganoso ($MnSO_4$) e 2 mL de solução álcali-iodeto-azida ($NaOH + NaI + NaN_3$);
- Fechar o frasco sem a formação de bolhas e inverter algumas vezes para homogeneização;
- Manter o frasco em repouso para que o precipitado sedimente até a metade do volume do frasco;
- Adicionar 1 mL de ácido sulfúrico concentrado. Tampar o frasco e misturar até que ocorra total dissolução do precipitado previamente formado;
- Colocar 100 mL da amostra em um Erlenmeyer e titular com tiosulfato de sódio até que se desenvolva uma coloração amarelo palha;
- Adicionar 1 mL de solução indicadora de amido e continuar a titulação até que a cor azul desapareça;
- Anotar o volume gasto de tiosulfato de sódio e calcular a concentração de oxigênio na amostra pela seguinte equação:

$$OD = 8000 \times [tio] \times V_{tio}/V_a$$

Em que:

OD – oxigênio dissolvido na amostra (mg/L)

[tio] – concentração de tiosulfato de sódio (N)

V_{tio} – volume de tiosulfato de sódio gasto na titulação (mL)

V_a – volume de amostra titulada (mL)

OD (mg/L) - Ponto 1: _____

OD (mg/L) - Ponto 2: _____

2.2) pH

Método: Potenciométrico (medição direta com pHmetro de bancada)

Procedimentos:

- Calibrar o pHmetro;
- Dispor a amostra em frasco apropriado, mergulhar o eletrodo e efetuar a leitura do pH.

pH - Ponto 1: _____

pH - Ponto 2: _____

2.3) CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

Método: Condutivimétrico (medição direta com condutivímetro de bancada)

Procedimentos:

- Calibrar o condutivímetro;
- Homogeneizar a amostra;
- Dispor a amostra em frasco apropriado, mergulhar o eletrodo e efetuar a leitura da condutividade elétrica.

Condutividade Elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) - Ponto 1: _____

Condutividade Elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) - Ponto 2: _____

2.4) COR

a) Cor verdadeira

Método: Filtração seguida de método espectrofotométrico (APHA, 2012)

Procedimentos:

- No conjunto de filtração, enxaguar o filtro pela veiculação de 50 mL de água deionizada e descartar a água de enxágue;
- Filtrar 50 mL de água deionizada e transferir o filtrado para a cubeta (esse será o branco);
- Descartar o restante do filtrado e remontar o conjunto de filtração;
- Filtrar 50 mL da amostra e transferir o filtrado para outra cubeta;
- Efetuar as leituras no espectrofotômetro HACH 2500 em dois comprimentos de onda, 455 nm e 465 nm. Os resultados serão expressos em mg PtCo/L.

Cor verdadeira (mg PtCo/L) - Ponto 1: _____ (455 nm) e _____ (465 nm)

Cor verdadeira (mg PtCo/L) - Ponto 2: _____ (455 nm) e _____ (465 nm)

b) Cor aparente

Método: Espectrofotométrico (APHA, 2012)

Procedimentos:

- Analogamente aos procedimentos para cor verdadeira, repetir os passos SEM filtrar a água deionizada nem a amostra.

Cor aparente (mg PtCo/L) - Ponto 1: _____ (455 nm) e _____ (465 nm)

Cor aparente (mg PtCo/L) - Ponto 2: _____ (455 nm) e _____ (465 nm)

2.5) TURBIDEZ

Método: Nefelométrico (medição direta com turbidímetro de bancada)

Procedimentos:

- Homogeneizar a amostra;
- Dispor a amostra em frasco apropriado e efetuar a leitura da turbidez (UNT).

Turbidez (UNT) - Ponto 1: _____

Turbidez (UNT) - Ponto 2: _____

3

Estimar a vazão de um dos riachos

1) Método: Objeto flutuante

Procedimentos:

- Medir uma determinada distância (m) no curso de água;
- Lançar um objeto flutuante e cronometrar o tempo (s) necessário para que ele percorra essa distância;
- Repetir o procedimento três vezes e considerar a média aritmética dos tempos;
- Medir, em vários transectos, a largura (m) e a profundidade (m) do curso de água;
- Calcular a vazão de acordo com a seguinte equação:

$$Q = V \cdot A_m$$

Em que:

Q – vazão (m³/s);

V – velocidade da água (m/s);

A_m – área do perímetro transversal molhado (m²).

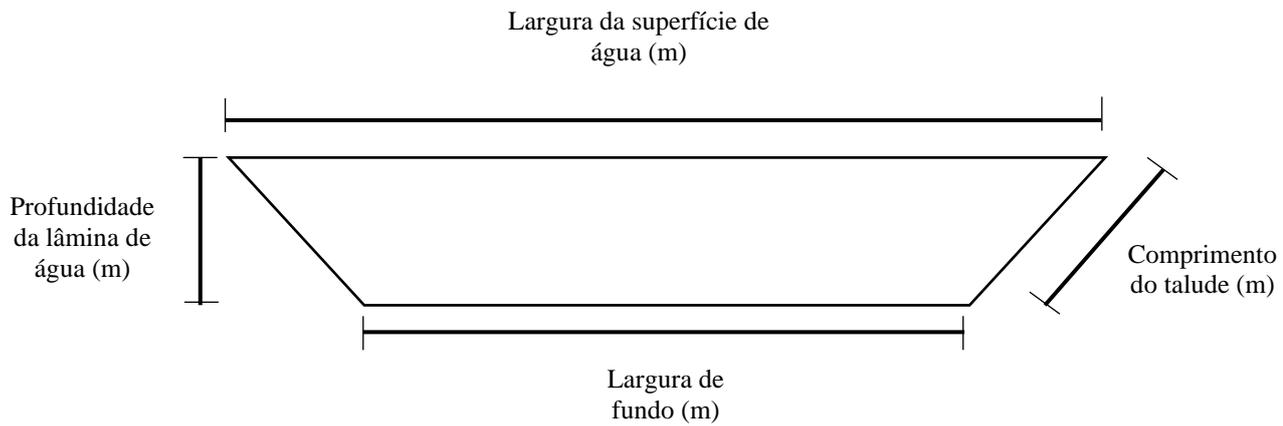
$$A_m = \frac{(\text{Largura da superfície de água} + \text{Largura de fundo}) * (\text{Profundidade da lâmina de água})}{2}$$

(caso a forma se assemelhe a um trapézio)

$$A_m = (\text{Largura da superfície de água}) * (\text{Profundidade da lâmina de água})$$

(caso a forma de assemelhe a um retângulo)

Corte transversal da seção do riacho (assumindo forma trapezoidal):



2) Método: Equação de Manning (Porto, 2006)

Procedimentos:

- Medir, em vários transectos, a largura, comprimento dos taludes e a profundidade do curso de água;
- Adotar o coeficiente de rugosidade adequado;
- Calcular a vazão por meio da Equação de Manning.

$$R_h = \frac{A_m}{P_m} \quad \frac{nQ}{\sqrt{I_0}} = A_m * R_h^{2/3}$$

Em que:

R_h – raio hidráulico (m);

A_m – área do perímetro transversal molhado (m²);

P_m – perímetro molhado (m);

$$P_m = \text{Largura de fundo} + (2 \cdot \text{Comprimento do talude})$$

I_0 – declividade de fundo (m/m);

n – coeficiente de Manning (Tabela 2);

Q – vazão da seção (m³/s).

Dados:

- Estimar a declividade de fundo por meio de software adequado (Ex. Google Earth®, SIG®)
- A estimativa de I_0 é baseada na seguinte equação:

$$I_0 = \frac{h_m - h_j}{\Delta L}$$

Em que:

h_m - altura em relação ao nível do mar do trecho a montante do trecho considerado (m)

h_j - altura em relação ao nível do mar do trecho a jusante do trecho considerado (m)

ΔL - Comprimento do trecho considerado (m)

Para esta prática, considerar:

$$I_0 = 0,014 \text{ m/m}$$

Tabela 2. Valores do coeficiente de rugosidade da fórmula de Manning para rios e riachos

Natureza das paredes	n
Canais de terra, com vegetação rasteira no fundo e nos taludes	0,025
Canais de terra, com vegetação normal, fundo com cascalhos ou irregular por causa de erosão; revestido com pedregulhos e vegetação	0,030
Leitos naturais, cobertos de cascalhos e vegetação	0,035
Leitos naturais, com destaque para meandros	0,040

Fonte: Adaptado de PORTO, Rodrigo de Melo. **Hidráulica Básica**. 4. ed. São Carlos: EEEC/USP, 2006.

Questionário

(1) Os pontos de coleta estudados na presente aula prática possuem características distintas (profundidade, largura, morfologia, vegetação ripária, etc.). Faça uma breve descrição dos locais e, se possível, apresente imagens. Desconsiderar, nesse primeiro momento, os resultados dos parâmetros de qualidade da água.

(2) Considerando as características de cada ponto de coleta discutidas no item 1, quais são os principais fatores que você considera que resultaram na diferença das concentrações de oxigênio dissolvido e nos valores de condutividade elétrica e turbidez entre os pontos de coleta? Qual ponto você considera menos impactado com base exclusivamente nestes três parâmetros?

(3) Para um dos trechos estudados, calcule a vazão pelo método flutuante. Na sequência, para o mesmo trecho, calcule a vazão pela equação de Manning, utilizando os quatro valores do coeficiente de Manning disponíveis na Tabela 2 (quatro valores de vazão para o mesmo trecho). Na sua opinião, qual o valor de coeficiente que apresentou a melhor estimativa da vazão e por quê?

(4) Dos parâmetros físico-químicos analisados, qual você considera mais crítico e que merece uma maior atenção para os pontos de coleta? Baseie a sua resposta na comparação dos resultados obtidos com os padrões de qualidade para rios (CONAMA 357/2005) e/ou valores bases encontrados na literatura.