

ABASTECIMENTO E TRATAMENTO DE ÁGUA

QUALIDADE DA ÁGUA PARÂMETROS

Prof. Francisco Lorenzini Neto

E-mail: franciskoneto@ifsul.edu.br

CICLO URBANO DA ÁGUA



Água pura

Água livre de outras substâncias,
apenas H₂O.

Não existe na natureza.

Para consumo humano, é
necessário que seja **potável**.

Livre de contaminantes
orgânicos e inorgânicos e de
bactérias patogênicas.

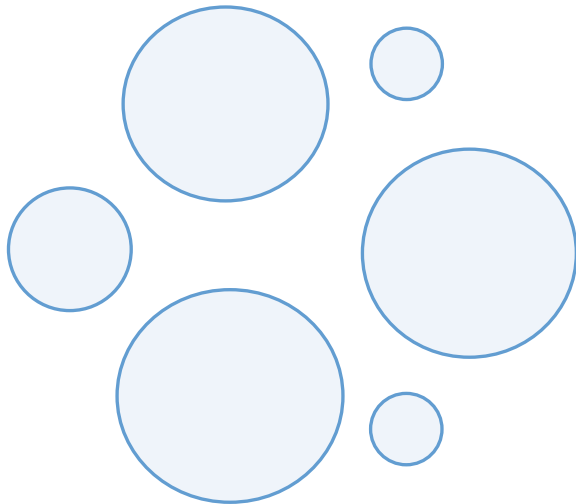
Atraente de aspecto e de sabor
agradável.

Adequada para finalidades
domésticas e atividades
industriais.

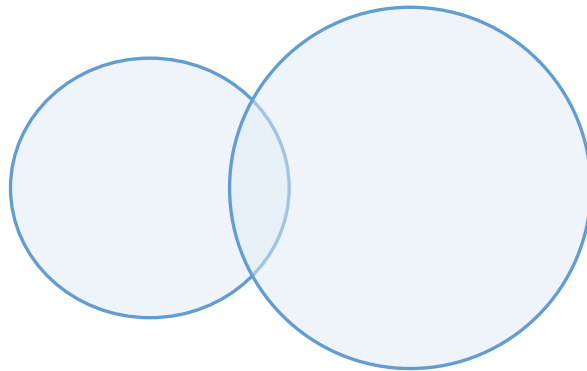
Água potável

PARÂMETROS DE QUALIDADE

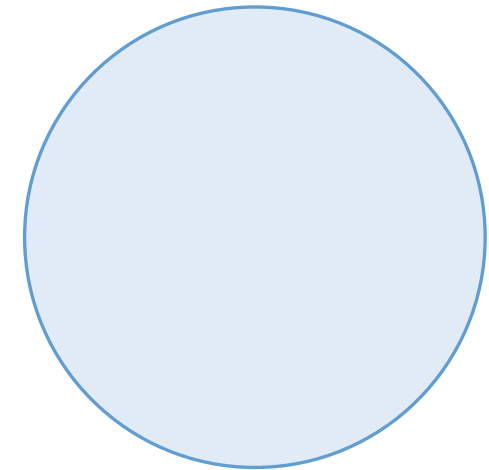
- **Impurezas** são acumuladas na água (matéria mineral e orgânica) durante seu percurso pelo ciclo hidrológico e decorrentes de atividades humanas.
- Podem ser classificadas de acordo com o tamanho das partículas:



Solução: menores de 1 nm.



Estado coloidal: entre 1 e 100 nm.



Suspensão: acima de 100 nm.

PARÂMETROS DE QUALIDADE

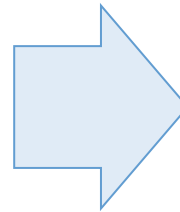
- Para redução ou remoção dessas impurezas a limites aceitáveis pelos padrões de potabilidade: processos de tratamento.



PARÂMETROS DE QUALIDADE

- Para avaliar a qualidade para uso humano, tratada ou *in natura*:

Determinação de parâmetros físicos, químicos, bacteriológicos e indicativos de contaminação orgânica e biológica.



Os **padrões de potabilidade*** fixam valores para os mais representativos.

*Portaria GM/MS nº 888/2021 alterou o Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/2017 (antiga Portaria nº 2.914/2011 do MS).

PARÂMETROS FÍSICOS

COR

- É decorrente da capacidade da água em absorver certas radiações do espectro visível (a água pura não possui cor).
- Está relacionada à presença de substâncias de origem mineral e orgânicas dissolvidas, no estado coloidal ou em suspensão.
- Origem dos compostos orgânicos:
 - decomposição de matéria orgânica de origem vegetal e do metabolismo de microrganismos no solo;
 - atividades antrópicas como descarga de efluentes domésticos ou industriais.

COR

Verdadeira

Substâncias dissolvidas e em estado coloidal. Sua determinação realiza-se após centrifugação ou filtração da amostra em filtro de papel para remoção da matéria em suspensão.

Aparente

Matéria em suspensão (relacionada também à turbidez).

COR

- A cor de uma água pode ser um indicativo do seu grau de poluição. De um modo geral, águas de cor elevada apresentam um alto teor de matéria orgânica.
- Determinação: compara-se amostras com um padrão de cobalto-platina.
- Unidade de cor: em mg/L de Pt-Co ou unidade Hazen (uH).

COR

A cor geralmente não possui significado sanitário, porém, afeta esteticamente a qualidade de uma água.

Isso pode estimular o consumo de uma outra fonte mais atraente, que pode ser mais perigosa.

Por isso, é conveniente a sua redução a um nível aceitável. Valor máximo permitido*: 15 uH (Portaria GM/MS nº 888/2021).

TURBIDEZ

- Representa o grau de interferência da passagem de luz na água, conferindo-lhe uma aparência turva.
- Proveniente da presença de partículas em suspensão, variando em tamanho.
- Podem possuir origem natural ou antrópica:
 - argila, silte, matéria orgânica, material proveniente de descargas de esgoto doméstico e industrial e de galerias de drenagem pluvial, bactérias, algas e outros microrganismos.
- Se, por um lado, a disparidade de tamanho e natureza das partículas reveste a turbidez como um parâmetro fundamental no tratamento da água, por outro, torna difícil a escolha do(s) processo(s) para sua remoção.

TURBIDEZ

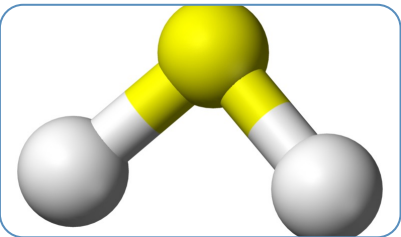
- A turbidez pode ser interpretada como uma medida **indireta da quantidade de sólidos em suspensão**, e é, portanto, importante no controle do tratamento de água potável, em que a sua quantidade é geralmente baixa.
- O tamanho e a concentração das partículas têm grande influência na medição da turbidez, que pode se dar em:
 - Unidades de turbidez (uT);
 - Unidades de Jackson de turbidez (UJT);
 - Unidades nefelométricas de turbidez (UNT).

TURBIDEZ

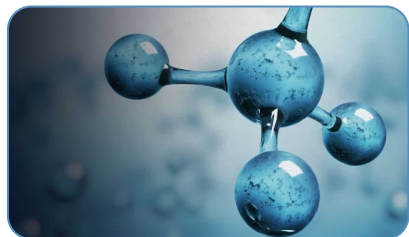
- A turbidez também tem relação direta com a característica geológica do solo. Por exemplo, solos erodíveis apresentam água de turbidez elevada (chuva).
- Portaria GM/MS nº 888/2021:
 - águas para consumo humano: limite máximo 5,0 uT (antes era 1,0 uT).

SABOR E ODOR

- As características de sabor e odor são consideradas em conjunto, pois são intimamente relacionadas e facilmente confundidas.



Substâncias inorgânicas: produzem sabor geralmente sem produzir odor. A água adquire um sabor salino a partir de 300 mg/L de cloretos e um sabor amargo com teores de sulfato superiores a 400 mg/L.



Substâncias orgânicas: podem produzir tanto sabor como odor. Praticamente todos os odores reconhecidos na água são de origem orgânica, com exceção do sulfeto de hidrogênio (H₂S).



Odor a cloro: na maioria das vezes, se deve a compostos formados pela sua ação na matéria orgânica.

SABOR E ODOR

- Os principais constituintes responsáveis pelo sabor e odor são **sólidos em suspensão, sólidos dissolvidos e gases dissolvidos**.
- O sabor e odor sendo sensações de avaliação subjetiva, não são passíveis de medição direta por instrumentos.
- São determinados indiretamente por meio de parâmetros (ver tabela de padrão organoléptico de potabilidade* da Portaria GM/MS nº 888/2021).

*Conjunto de valores permitidos para os parâmetros caracterizados por provocar estímulos sensoriais que afetam a aceitação para consumo humano, mas que não necessariamente implicam risco à saúde.

SABOR E ODOR

- Quando existem problemas de sabor e odor na água, a **aeração** pode ser empregada com sucesso em alguns casos (H_2S , compostos voláteis).
- Em outros casos, pode ser necessária a aplicação de **carvão ativado**, com ou sem aeração prévia.
- A presença de sabor e odor **nem sempre significa que a água está contaminada!**
As análises de sabor e odor apresentam dificuldades intrínsecas relacionadas à variedade de compostos químicos que não causam malefícios à saúde, mas que constituem aspecto visual da água.

CONDUTIVIDADE

Não é um parâmetro integrante do padrão de potabilidade brasileiro!

- A condutividade elétrica é a capacidade da água em conduzir eletricidade.
- Depende da concentração e da carga dos íons na solução e é determinada medindo-se a diferença de potencial, em volts, entre dois eletrodos imersos na amostra de água, e a corrente elétrica, em amperes.
- A maior parte das substâncias dissolvidas na água se encontra na forma iônica.
- Como a condutividade depende da quantidade de matéria ionizável total presente na água, é aproximadamente proporcional à quantidade de sólidos dissolvidos totais (SDT).

TEMPERATURA

Não é estabelecido um limite de temperatura para potabilidade.

- É um dos fatores que determina a distribuição de espécies.
- É importante para os animais pecilotermos.
- É essencial para o funcionamento das proteínas (enzimas).
- Influencia nas demais características (físicas: densidade, viscosidade, solubilidade de gases, etc.; químicas: reações; biológicas: manutenção das características de um ecossistema, aparecimento de algas, cor e odor).

PARÂMETROS QUÍMICOS

pH

- Consiste na concentração dos íons H^+ nas águas.
- Representa a intensidade das condições ácidas ou alcalinas do ambiente aquático.
- Constitui o parâmetro de maior eficiência de monitoramento na rotina operacional das estações de tratamento.

pH

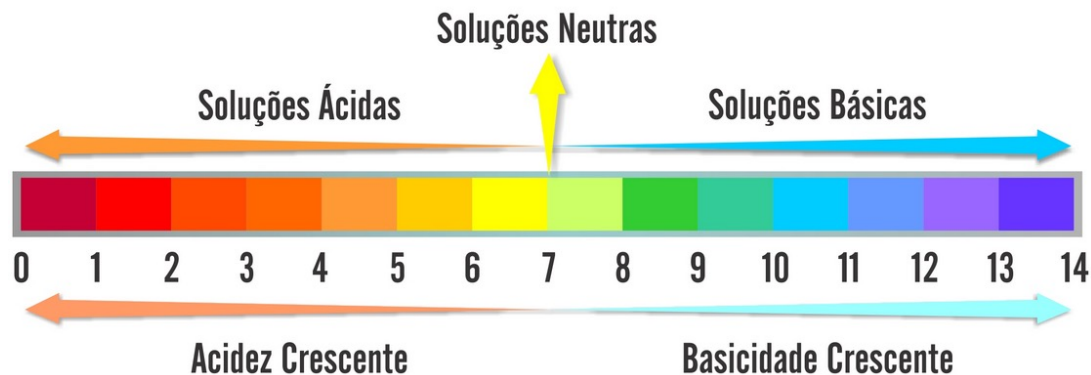
- Medição: pHmetro ou por métodos colorimétricos.
- pHmetros: medem a diferença de potencial elétrico entre eletrodo e solução:



Solução ácida com uma
concentração $[H^+]_1$

pH

- Medição: pHmetro ou por métodos colorimétricos.
- Métodos baseados em indicadores colorimétricos: são simples e rápidos, porém sofrem interferência em águas turvas ou com traços de alguns elementos. Algumas gotas do indicador adicionadas a uma amostra dão a esta certa coloração, correspondente ao valor de pH.



Padrão de potabilidade: 6 a 9.

ALCALINIDADE

- Traduz a capacidade de neutralizar ácidos (os íons H^+) ou a capacidade de minimizar variações significativas de pH, constituindo-se principalmente de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos.
- Em função do pH, podem estar presentes estes tipos de alcalinidade:
 - $11,0 < \text{pH} < 9,4 \rightarrow$ hidróxidos e carbonatos;
 - $9,4 < \text{pH} < 8,3 \rightarrow$ carbonatos e bicarbonatos;
 - $8,3 < \text{pH} < 4,6 \rightarrow$ somente bicarbonatos;
 - $\text{pH} < 4,6 \rightarrow$ ácidos minerais.

ALCALINIDADE

Entretanto, não tem significado sanitário, não sendo contemplado pelo padrão de potabilidade.

- Origem:
 - dissolução de rochas;
 - reação de CO_2 com a água (atmosfera ou decomposição da matéria orgânica);
 - despejos industriais.
- Importância no tratamento:
 - regulação da dosagem de coagulantes, redução da dureza e prevenção da corrosão em tubulações.

ACIDEZ

- Capacidade da água em resistir a mudanças de pH causadas pelas bases.
- Proveniente da presença de sólidos e gases dissolvidos.
- Águas superficiais ácidas geralmente têm sua acidez originada em esgotos industriais ácidos ou por lixiviação ou infiltração de águas de minas.
- Desagradável ao paladar e pode ocasionar corrosão de tubulações.
- Pode ser corrigida com a adição de cal ou de carbonato de sódio, em quantidade suficiente para neutralizar o ácido.

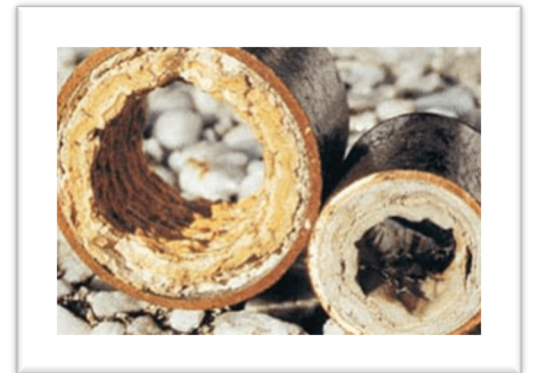
ACIDEZ

Não tem significado sanitário, não sendo contemplado pelo padrão de potabilidade.

- Três formas de acidez:
 - $\text{pH} < 4,5 \rightarrow$ acidez devido a ácidos minerais fortes;
 - pH entre 4,5 e 8,2 \rightarrow acidez devido a CO_2 livre;
 - $\text{pH} > 8,2 \rightarrow$ CO_2 livre ausente.

DUREZA

- Forma principal: **sólidos dissolvidos**.
- Característica conferida à água pela presença de alguns íons metálicos bivalentes, principalmente os de cálcio Ca^{++} e de magnésio Mg^{++} e, em menor grau, os de ferro Fe^{++} e de estrôncio Sr^{++} .
- É reconhecida pela sua propriedade de **impedir a formação de espuma com o sabão** e também de ocasionar problemas de **incrustação nas canalizações** (inconvenientes de natureza econômica).



DUREZA

- A dureza é expressa em termos de CaCO_3 (carbonato de cálcio):
 - $< 50 \text{ mg/L}$ → água mole;
 - entre 50 e 150 mg/L → dureza moderada;
 - entre 150 e 300 mg/L → água dura;
 - $> 300 \text{ mg/L}$ → água muito dura.
- Padrão de potabilidade $\leq 300 \text{ mg/L}$ (era $\leq 500 \text{ mg/L}$).

Do ponto de vista da saúde pública, não há objeções ao consumo de águas duras. Pelo contrário, há pesquisas que sugerem que há uma correlação entre águas moles e certas doenças cardíacas.

CLORETOS E SULFATOS

- Sais normalmente dissolvidos na água que podem, em grandes concentrações, conferir à água **sabor salino e propriedades laxativas**.
- Origem:
 - dissolução de minerais;
 - intrusão de águas salinas;
 - esgotos.
- Padrão de potabilidade ≤ 250 mg/L (para ambos).

Cloretos:

- concentrações mais altas, mesmo superiores a 1.000 mg/L, não são prejudiciais ao homem, a menos que sofra de doença cardíaca ou renal;
- a restrição está ligada ao gosto que o sal confere à água, perceptível a partir de 300 mg/L;
- em concentrações maiores que as normalmente encontradas nas águas superficiais de uma região é uma indicação de poluição por esgotos domésticos.

Sulfatos:

- restrição devido a suas propriedades laxativas;
- em concentrações superiores prejudicam sensivelmente a resistência do concreto.

FERRO E MANGANÊS

- Encontram-se frequentemente associados, e os seus problemas e processos de tratamento para remoção são semelhantes.
- Origem:
 - dissolução de compostos do solo; despejos industriais.
- Padrão de potabilidade:
 - Ferro (Fe) $\leq 0,3$ mg/L e Manganês (Mn) $\leq 0,1$ mg/L;
 - limites estabelecidos mais por **razões estéticas e econômicas do que por riscos fisiológicos**, pois ambos são necessários à nutrição humana. Causam dureza (sensação de adstringência), sabor, e manchas em roupas e objetos (avermelhadas ou marrons).

FÁRMACOS

- Produtos farmacêuticos podem ser detectados em fontes de água:
 - produtos de higiene pessoal;
 - antibióticos;
 - compostos que podem desorganizar o sistema hormonal;
 - são resistentes à biodegradação e não são removidos no tratamento convencional dos esgotos (tendem a se concentrar causando a **feminização de peixes machos e níveis elevados de resistência a antibióticos**).

OXIGÊNIO DISSOLVIDO

- Parâmetro mais importante para expressar a qualidade de um ambiente aquático.
- Varia com a temperatura e condições do ambiente.
- O oxigênio é fornecido pelo ar atmosférico à superfície líquida (lentamente) e por atividade fotossintética.
- Pode-se aumentar a aeração por turbulência: cachoeiras, quedas d'água, obstáculos, ou por processos como borbulhamento com ar comprimido, etc.

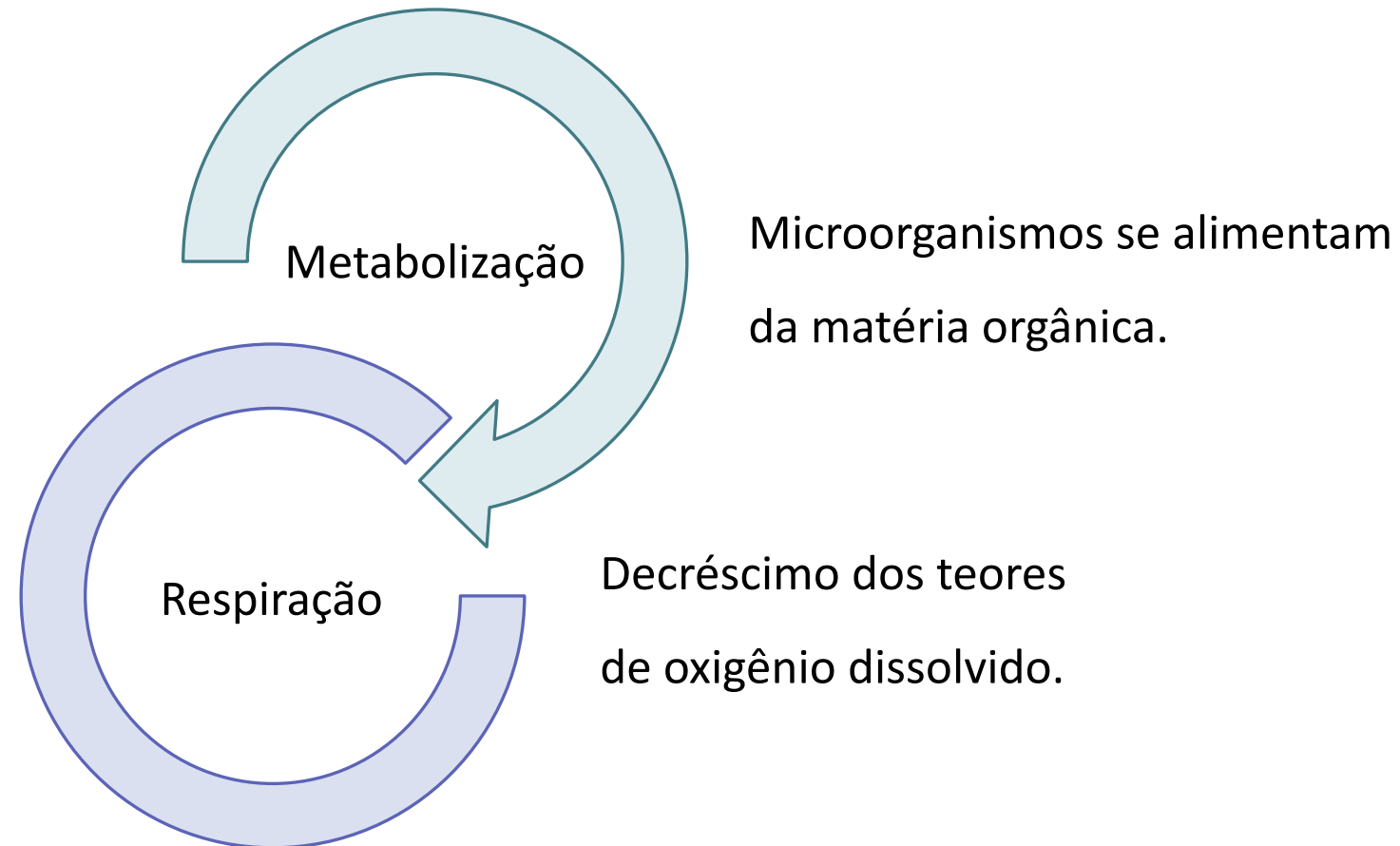
DEMANDA DE OXIGÊNIO

- É uma medida da quantidade de matéria orgânica presente na água.
- Relaciona o consumo de oxigênio em um rio ou lago como resultado de uma descarga de poluição.
- Medida de várias formas:
 - Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO);
 - Demanda Química de Oxigênio (DQO);
 - Carbono Orgânico Total (TOC).

Métodos diretos ou indiretos para estimar a concentração de matéria orgânica.

DEMANDA DE OXIGÊNIO - DBO

- É a quantidade de oxigênio molecular necessária à estabilização da matéria orgânica carbonácea decomposta aerobicamente por via biológica.



DEMANDA DE OXIGÊNIO - DBO

- Ideia de medir o potencial de poluição de um determinado despejo pelo consumo de oxigênio que ele traria, ou seja, uma **quantificação indireta** da potencialidade da geração de um impacto, e não a medição direta do impacto em si.
- A estabilização completa demora na prática vários dias (> 20 dias). Para evitar demoras e permitir comparações se utiliza uma **padronização: DBO_{5,20}**, referente a um período de tempo de 5 dias numa temperatura de incubação de 20°C.

$$\text{DBO} = [\text{O}_2]_0 - [\text{O}_2]_5 \quad \text{Exemplo: DBO} = 7 \text{ mg/L} - 4 \text{ mg/L} = 3 \text{ mg/L}$$

DEMANDA DE OXIGÊNIO - DBO

- Críticas: condições ambientais de laboratórios não reproduzem aquelas dos corpos d'água (temperatura, luz solar, população biológica e movimento das águas). Mesmo assim é considerado como um parâmetro significativo para avaliação da carga orgânica lançada nos recursos hídricos (diluição para garantir condições).
- Valores de OD e DBO_{5,20}, segundo Resolução CONAMA 357/2005*.

Classe	OD Teor mínimo (mg/L)	DBO ₅ Teor máximo (mg/L)
Especial	Não estabelecido	Não estabelecido
1	6	3
2	5	5
3	4	10

**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.*

DEMANDA DE OXIGÊNIO - DQO

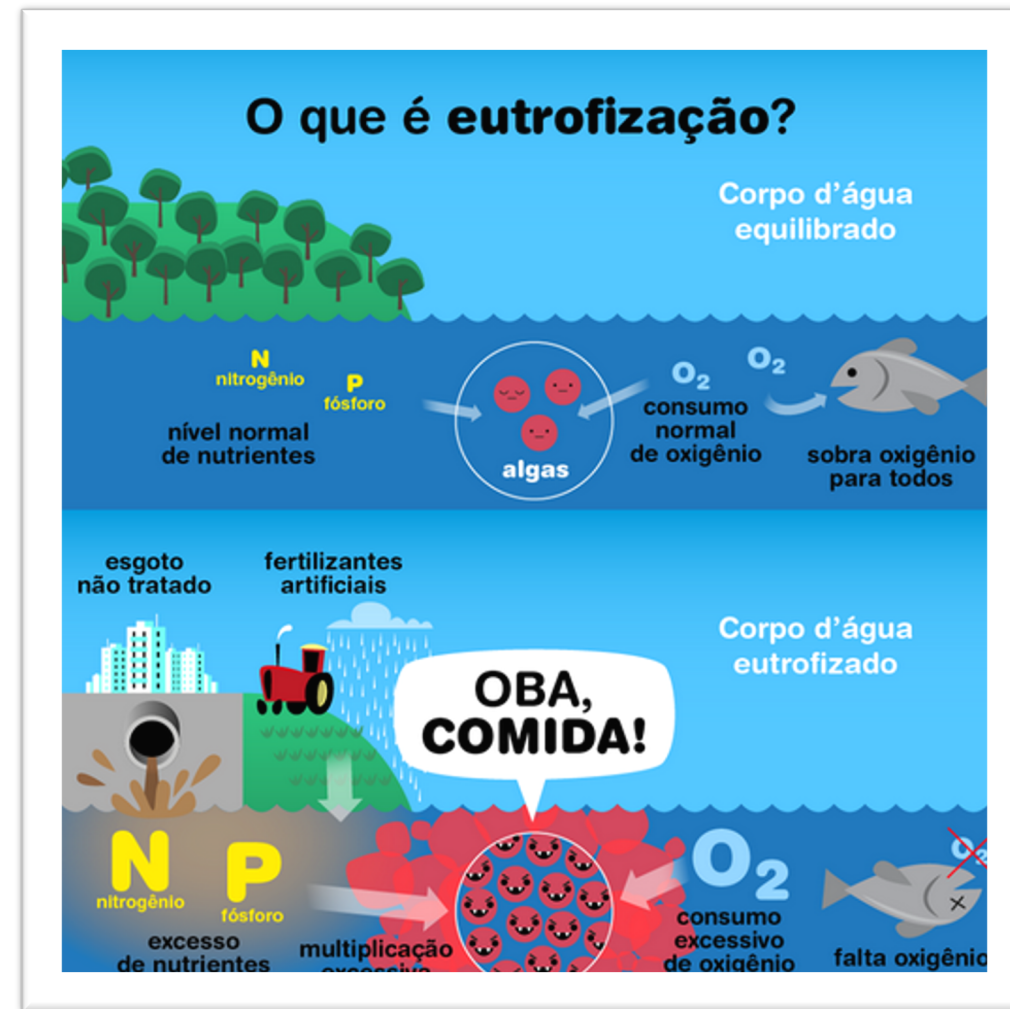
- É uma **medida indireta** da quantidade de compostos orgânicos presentes na amostra de água. Expressa a quantidade de oxigênio ($\text{mg O}_2/\text{L}$) necessária para a oxidação da matéria orgânica, **biodegradável ou não**, através de um agente químico (dicromato de potássio).
- Duração de 2 a 3 horas, contra 5 dias da $\text{DBO}_{5,20}$. Legislação nacional não há limite estabelecido.
- Empregado principalmente para operação de sistemas de tratamento de efluentes e caracterização de efluentes industriais.

DEMANDA DE OXIGÊNIO - DQO

- Desvantagens:
 - no processo de avaliação da DQO são oxidadas ambas as frações biodegradável e inerte do efluente, superestimando o oxigênio consumido ($DQO > DBO$);
 - certos constituintes inorgânicos podem ser oxidados e interferir no resultado;
 - o teste não fornece informação sobre a taxa de consumo da matéria orgânica ao longo do tempo.

NITROGÊNIO E FÓSFORO

- Presentes nos esgotos sanitários e nos efluentes industriais, são essenciais às diversas formas de vida, causando problema devido à proliferação de plantas aquáticas nos corpos receptores.



METAIS

- São analisados de forma elementar.
- Tóxicos: alumínio, cobre, cromo, chumbo, estanho, níquel, mercúrio, vanádio, zinco, etc. Limites: Anexo IX da Portaria GM/MS nº 888/2021.

PARÂMETROS BIOLÓGICOS

BACTÉRIAS

- Uma grande variedade de microrganismos vivem nas águas superficiais, a **maior parte inofensiva** ao ser humano. Porém, há vírus, bactérias, protozoários e helmintos (parasitas) causadores de doenças infecciosas.
- A pesquisa direta destes patogênicos é difícil e demorada. Por isso, a possibilidade de **contaminação fecal** é avaliada pela determinação do número de **bactérias coliformes**. Elas estão sempre presentes quando o esgoto está presente e vice-versa.

BACTÉRIAS COLIFORMES

- **Coliformes totais:** referentes à decomposição da matéria orgânica. São encontrados naturalmente no meio ambiente como no solo, na água e nos dejetos humanos ou de animais. A presença de coliformes totais, por si só, não implica que a água esteja comprometida, mas pode indicar a presença de bactérias potencialmente patogênicas.
- **Coliformes fecais ou termotolerantes:** são o grupo dos coliformes totais que estão presentes especificamente no intestino e nas fezes de animais de sangue quente. A bactéria *Escherichia coli* (*E. coli*) é a principal espécie do grupo dos coliformes termotolerantes e é considerada o melhor indicador de poluição fecal.
- Portaria GM/MS nº 888/2021: ausência em 100 mL (coliformes totais na saída do tratamento e fecais no sistema de distribuição e pontos de consumo).

ALGAS

- Em pequenas quantidades, não apresentam inconvenientes. Em grandes quantidades, sobretudo quando predominam certos gêneros, podem ser nocivas aos sistemas de abastecimento de água:
 - aumento da turbidez;
 - sabor e odor desagradáveis;
 - danos aos filtros das estações de tratamento de água.

RESOLUÇÃO CONAMA 357/2005












RESOLUÇÃO CONAMA 357/2005

- Caracterização da qualidade das águas naturais: uso que se faz do recurso hídrico.

A resolução CONAMA 357/2005 classifica as águas como:

- doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,50%;
- salobras: águas com salinidade entre 0,50% e 30%;
- salinas: águas com salinidade igual ou superior a 30%.



USOS DAS ÁGUAS DOCES		ESPECIAL	1	2	3	4
Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas		Classe mandatória em Unidades de Conservação de Proteção Integral				
Proteção das comunidades aquáticas			Classe mandatória em Terras Indígenas			
Recreação de contato primário						
Aquicultura						
Abastecimento para consumo humano		Após desinfecção	Após tratamento simplificado	Após tratamento convencional	Após tratamento convencional ou avançado	
Recreação de contato secundário						
Pesca						
Irrigação			Hortalças consumidas cruas e frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película	Hortalças, frutíferas, parques, jardins, campos de esporte e lazer,	Culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras	
Dessedentação de animais						
Navegação						
Harmonia paisagística						

Observação: As águas de melhor qualidade podem ser aproveitadas em uso menos exigente, desde que este não prejudique a qualidade da água.

RESOLUÇÃO CONAMA 357/2005

- Enquadramento dos corpos hídricos em classes visa:
 - assegurar a qualidade da água compatível ao uso prioritário a que forem destinados;
 - diminuir os custos de combate à poluição, usar ações preventivas permanentes;
 - estabelecer metas de qualidade da água a serem atingidas/mantidas em um segmento de corpo d'água.
- Ainda, deve representar os anseios da sociedade, usuários e poder público, que são muitas vezes conflitantes; e é referência para os demais instrumentos de gestão dos recursos hídricos e para outros instrumentos de gestão ambiental como o licenciamento e o monitoramento.