



Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente
Especialização em Engenharia Sanitária e Ambiental

Monitoramento de água e águas residuárias

PROFESSOR: GLAUCIO HONORIO

O que você entende por qualidade da água?



Usos da água:

Grupo 1. Usos que impõe a retirada da água das coleções.

abastecimento doméstico;

abastecimento industrial;

irrigação;

dessedentação de animais;



Grupo 2. Usos não consuntivos (não há necessidade de retirada de água das coleções).

- preservação da flora e fauna;
- recreação e lazer*;
- geração de energia elétrica;
- navegação;
- diluição de despejos.



*piscinas representam exceção a classificação proposta.

Qualidade da água:

- aspecto determinante para assegurar o uso ou conjunto de usos da água.
- representada por características intrínsecas, geralmente mensuráveis, de natureza física, química e biológica.
 - critérios ou padrões da qualidade da água: limites que viabilizam determinado uso.
- é função das condições naturais e antropogênicas da bacia hidrográfica:
 - Condições naturais: escoamento superficial, infiltração no solo, precipitação atmosférica
 - atividades antropogênicas: geração de efluentes, uso e ocupação do solo.

QUALIDADE DA ÁGUA

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-
QUÍMICAS E BIOLÓGICAS

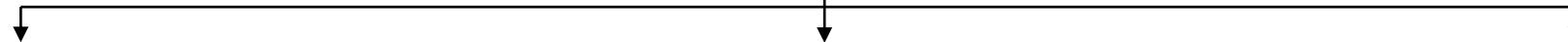
USOS

POLUIÇÃO

CONSTITUINTES

FONTES

ASPECTOS LEGAIS



- indicadores de poluição orgânica: DBO, DQO, OD, cloretos e fenóis;
 - indicadores de poluição inorgânica: metais, testes de toxicidade;
 - contaminação bacteriana: coliformes totais e fecais;
 - processos de eutrofização: nitrogênio, fósforo, transparência e clorofila;
 - poluição geral: pH, temperatura, resíduo total e turbidez.
-
- como a água pode ser destinada a variados usos, os índices desenvolvidos são voltados para usos específicos.
 - também foram desenvolvidos índices de uso geral da água.

- Obtenção de dados da água recomendados pela OMS:
 - Monitoramento/ diagnóstico: levantamento sistemático de dados em pontos de amostragem selecionados de modo a acompanhar a evolução das condições de qualidade da água ao longo do tempo;
 - Monitoramento/ vigilância: avaliação contínua da qualidade da água. Detecção de alterações instantâneas, permitindo providências imediatas para resolver ou contornar determinado problema (ex. suspender o abastecimento público);
 - levantamento especial: atendimento das necessidades de um estudo em particular.



Exclusivo: água da torneira foi contaminada com produtos químicos e radioativos em 763 cidades

Por Ana Aranha e Hélen Freitas - Repórter Brasil/Agência Pública | 07/03/22

Moradores de São Paulo e Florianópolis estão entre os que beberam água imprópria entre 2018 e 2020. Levantamento revela que 1 em cada 4 cidades que fizeram testes encontraram substâncias acima do limite.

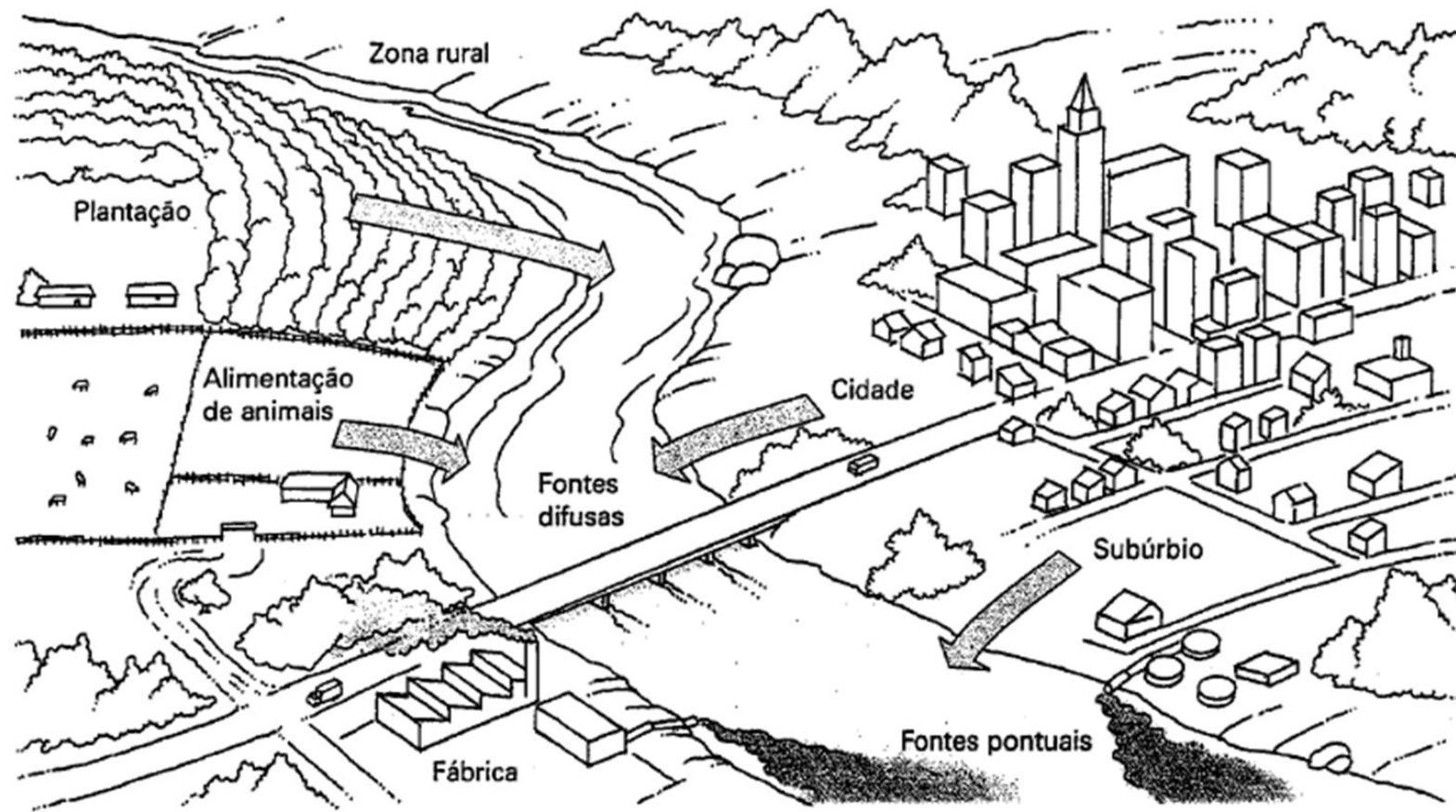
<https://mapadaagua.reporterbrasil.org.br/>

Etapas na caracterização de um recurso hídrico:

- definição dos objetivos de amostragem;
- seleção dos parâmetros;
- seleção dos locais de coleta;
- fixação do número de amostras e da frequência da amostragem;
- seleção dos métodos de coletas e preservação das amostras;
- seleção dos métodos analíticos;
- aplicação dos métodos de controle de qualidade dos dados.

AMOSTRAGEM

POLUIÇÃO DA ÁGUA



Fontes de poluição:

- **Poluição natural:** não associada a atividade humana.
 - chuvas e escoamento superficial;
 - salinização;
 - decomposição de vegetais e animais mortos.
- foge ao alcance de medidas controladoras diretas.



Rio Taquari, bacia do Alto Paraguai, MS

Poluição urbana:

- proveniente dos habitantes de uma cidade.
 - lançamento direto ou indireto de esgotos domésticos em corpos d'água.

Poluição industrial:

- resíduos gerados no processo industrial de maneira geral.
 - papel e celulose, petróleo, usinas de açúcar e álcool, siderúrgicas e metalúrgicas, químicas e farmacêuticas, frigoríficos e abatedouros, têxteis, curtumes.

Poluição agropastoril:

- decorrente das atividades ligadas a agricultura e pecuária.
 - defensivos agrícolas, fertilizantes, excrementos de animais e erosão.
 - fonte mais difícil de se controlar, dependente de conscientização.

Poluição acidental:

- decorrente de derramamento de materiais prejudiciais a qualidade da água.
 - substâncias químicas: ácidos, álcalis, solventes orgânicos, petróleo, etc.

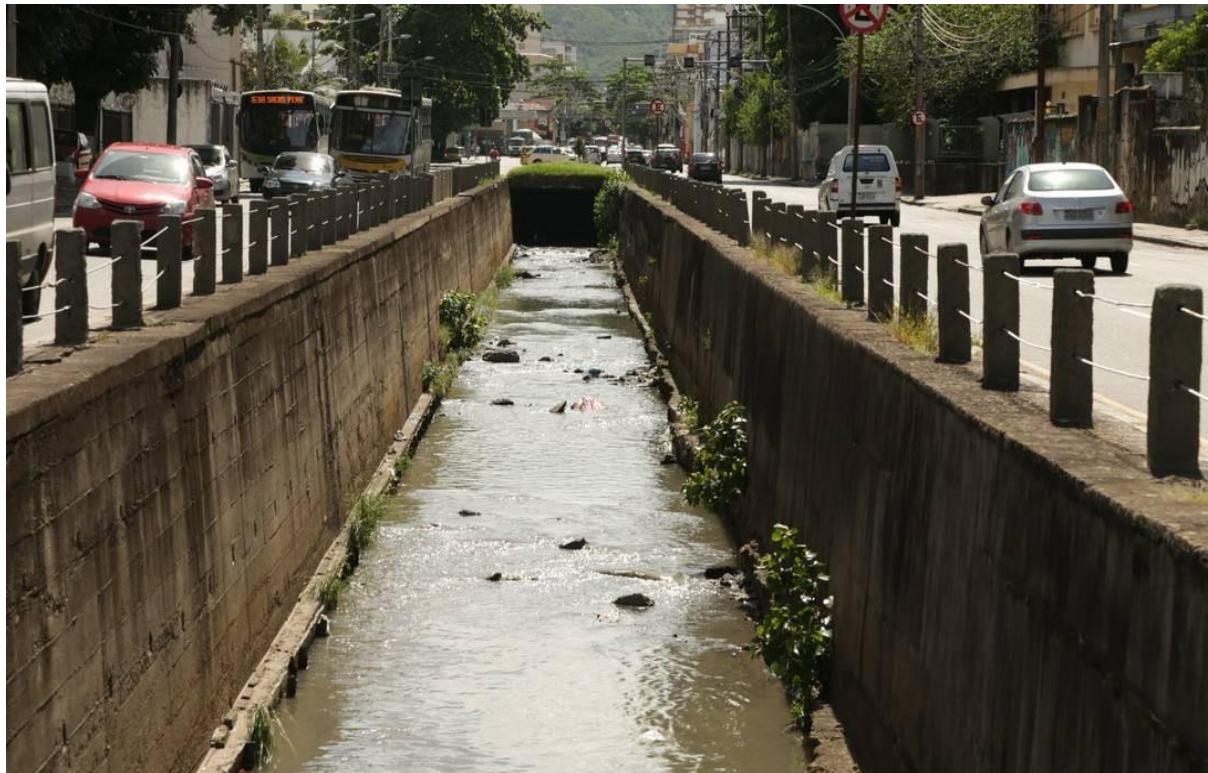


© picture-alliance/dpa/brasiliisches Umweltamt

Manchas de petróleo apareceram no litoral nordestino em outubro de 2019.

POLUIÇÃO URBANA:

- Águas destinadas ao abastecimento público: mais importante de todos os usos da água.
 - sistema de abastecimento depois de locais de descarga de esgoto sujeito a uma série de danos:
 - contaminação por bactérias, vírus, protozoários e helmintos;
 - poluição química, com introdução de substâncias NÃO removíveis por processos convencionais de tratamento:
 - corrosão de canalizações;
 - cor, odor e sabor desagradáveis;
 - favorecimento no desenvolvimento de algas;
 - elevação do custo do tratamento em razão da adição de produtos químicos.



- 35% das pessoas não tem acesso a água tratada no Brasil, coletando diretamente de rios e lagoas.
 - propagação de doenças: cólera, hepatite A, amebíase, giardíase, leptospirose, etc.
- Esgoto altera toda a composição química da água, impactando diretamente a vida aquática, devido o acúmulo de matéria orgânica, que diminui a quantidade de oxigênio dissolvido na água.
- Eutrofização: devido a presença de nitrogênio e fósforo presente no esgoto.
 - luz solar não penetra na água, impedindo a fotossíntese de plantas ali presentes, diminuindo ainda mais a concentração de oxigênio. Animais morrem e microorganismos aumentam.



Poluição industrial

- resíduos gerados no processo industrial.
- fator mais significativo em termos de poluição.
 - principais indústrias poluidoras: papel e celulose, petróleo, usinas de açúcar e álcool, siderúrgicas e metalúrgicas, químicas e farmacêuticas, frigoríficos e abatedouros, têxteis, curtumes.



Resíduos da indústria metalúrgica



Resíduos da indústria farmacêutica



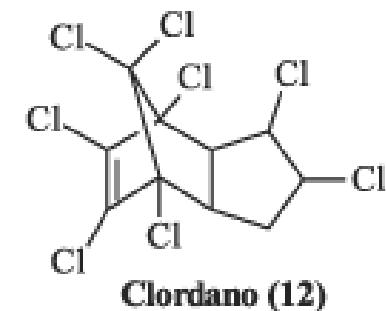
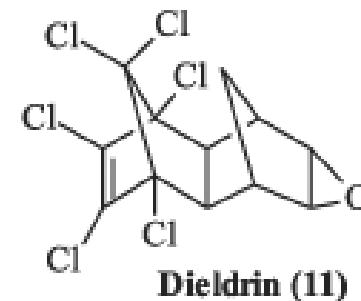
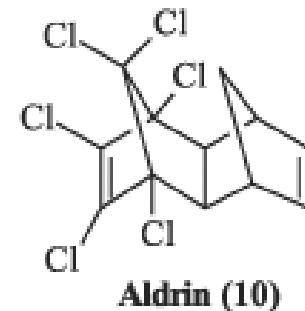
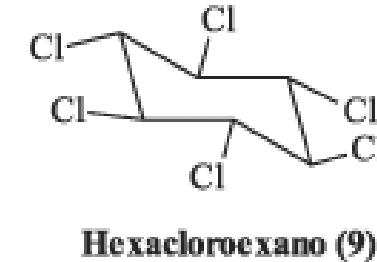
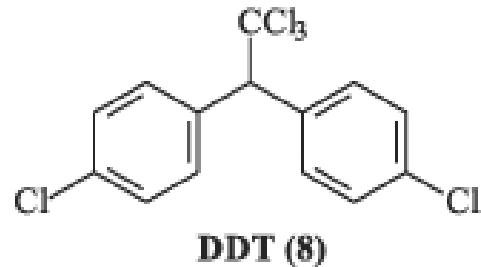
Resíduos da indústria de celulose no Amapá

Poluição agropastoril

- Praguicidas (defensivos agrícolas), excrementos de animais, fertilizantes e erosão (atividade agrícola mal orientada).



- Praguicidas organoclorados: possui na composição química carbono, hidrogênio e cloro.
 - baixa solubilidade em água,
 - alta estabilidade química,
 - persistentes no ambiente, acumulando-se nos tecidos dos seres vivos,



Quadro 7.1 Principais agentes poluidores das águas

Poluente	Principais Parâmetros	Fonte						Possível efeito poluidor	
		Esgotos			Drenagem Superficial				
		Domésticos	Industriais	Reutilizados	Urbana	Agricultura e Pastagens			
Sólidos em suspensão	Sólidos em suspensão totais	xxx	↔		xx	x	<ul style="list-style-type: none"> - Problemas estéticos - Depósitos de lodo - Adsorção de poluentes - Proteção de patogênicos 		
Matéria orgânica biodegradável	Demanda Bioquímica de Oxigênio	xxx	↔		xx	x	<ul style="list-style-type: none"> - Consumo de oxigênio - Mortandade de peixes - Condições sépticas 		
Nutrientes	Nitrogênio Fósforo	xxx	↔		xx	x	<ul style="list-style-type: none"> - Crescimento excessivo de algas - Toxicidade aos peixes (amônia) - Doença em recém-nascidos (nitrato) - Poluição da água subterrânea 		
Patogênicos	Coliformes	xxx			xx	x	<ul style="list-style-type: none"> - Doenças de veiculação hídrica 		
Matéria orgânica não biodegradável	Pesticidas						<ul style="list-style-type: none"> - Toxicidade (vários) - Espumas (detergentes) 		
	Alguns detergentes		↔				<ul style="list-style-type: none"> - Redução da transferência de oxigênio (detergentes) 		
	Outros				xx		<ul style="list-style-type: none"> - Não biodegradabilidade - Maus odores (ex: fenóis) 		

<i>Materia orgânica não biodegradável</i>	Pesticidas	↔	XX	<ul style="list-style-type: none"> - Toxicidade (vários) - Espumas (detergentes) - Redução da transferência de oxigênio (detergentes) - Não biodegradabilidade - Maus odores (ex: fenóis)
	Alguns detergentes			
	Outros			
<i>Metais pesados</i>	Elementos específicos (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn etc)	↔		<ul style="list-style-type: none"> - Toxicidade - Inibição do tratamento biológico dos esgotos - Problemas na disposição do lodo na agricultura - Contaminação da água subterrânea
<i>Sólidos inorgânicos dissolvidos</i>	Sólidos dissolvidos totais	↔	XX	<ul style="list-style-type: none"> - Salinidade excessiva - prejuízo às plantações (irrigação) - Toxicidade a plantas (alguns íons) - Problemas de permeabilidade do solo (sódio)
	Condutividade elétrica			

↓ pouco

xx: médio

xxx: muito

↔: variável

em branco: usualmente não importante

ÁGUAS RESIDUÁRIAS

Classes de esgotos:

Esgotos frescos: matéria sólida intacta;

água com aspecto natural ou acinzentada;

praticamente sem cheiro.

Esgotos velhos: desintegração da matéria sólida;

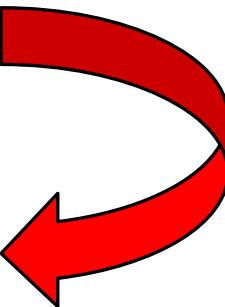
coloração cinza escura;

início de exalação de odores.

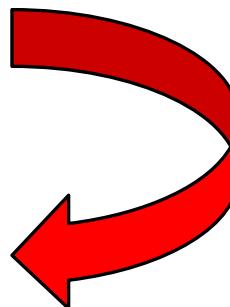
Esgotos sépticos: decomposição total;

cor preta;

produção de odor.



2 horas
(temperatura ambiente)



2 a 4 horas
(temperatura ambiente)



Classificação dos esgotos:

- Sanitário ou doméstico: composição basicamente orgânica.
- Industrial: composição depende do tipo de indústria. Possui matéria orgânica em sua composição.
 - Rico em poluentes emergentes.
- Águas de infiltração: provenientes do lençol freático. Elevação dos níveis em época de chuvas.
- Pluvial: exclusivo nos sistemas de drenagem urbana. Contribuição sazonal. Possui composição variável.

Composição dos esgotos:

- água: 99,9%
- Material sólido: 0,1% - (70% orgânicos).
 - águas de limpeza em geral,
 - águas de higiene e asseio,
 - águas servidas (águas de descarga),
 - resíduos alimentares, microorganismos patogênicos e não patogênicos.
 - coliformes fecais: 10^5 a 10^7 organismos/mL de água.
- Contribuição humana: 50 a 54 g de DBO/dia

Quantificação de cargas poluidoras:

- Avaliação do impacto da poluição e adoção/eficácia de medidas de controle.
 - Levantamento da área de estudo: amostragem de poluentes, análise laboratorial, medição de vazão.
- Poluentes originários de:
 - Esgotos domésticos.
 - Despejos industriais.
 - Escoamento superficial – urbano e rural.

Quadro 2.7 Características químicas dos esgotos domésticos brutos

Parâmetro	Contribuição per capita (g/hab.d)		Concentração		
	Faixa	Typico	Unidade	Faixa	Typico
Sólidos Totais	120 - 220	180	mg/l	700 - 1350	1100
• Em suspensão	35-70	60	mg/l	200-450	400
- Fixos	7-14	10	mg/l	40-100	80
- Voláteis	25-60	50	mg/l	165-350	320
• Dissolvidos	85-150	120	mg/l	500-900	700
- Fixos	50-90	70	mg/l	300-550	400
- Voláteis	35-60	50	mg/l	200-350	300
• Sedimentáveis	-	-	mg/l	10-20	15
Matéria Orgânica					
• Determinação indireta					
- <i>DBO₅</i>	40-60	50	mg/l	200-600	350
- <i>DOO</i>	80-130	100	mg/l	400-800	700
- <i>DBO</i> última	60-90	75	mg/l	350-600	500
• Determinação direta					
- <i>COT</i>	30-60	45	mg/l	170-350	250
Nitrogênio Total	6,0-112,0	8,0	mgN/l	35-70	50
• Nitrogênio orgânico	2,5-5,0	3,5	mgN/l	15-30	20
• Amônia	3,5-7,0	4,5	mgNH ₃ -N/l	20-40	30
• Nitrito	~ 0	~ 0	mgNO ₂ -N/l	~ 0	~ 0
• Nitrito	0,0-0,5	~ 0	mgNO ₃ -N/l	0-2	~ 0
Fósforo	1,0-4,5	2,5	mgP/l	5-25	14
• Fósforo orgânico	0,3-1,5	0,8	mgP/l	2-8	4
• Fósforo inorgânico	0,7-3,0	1,7	mgP/l	4-17	10
pH	-	-	-	6,7-7,5	7,0
Alcalinidade	20-30	25	mgCaCO ₃ /l	110-170	140
Cloreto	4-8	6	mg/l	20-50	35
Óleos e Graxas	10-30	20	mg/l	55-170	110

Fontes: Arceivala (1981), Pessoa e Jordão (1982), Qasim (1985), Metcalf & Eddy (1991) e experiência do autor

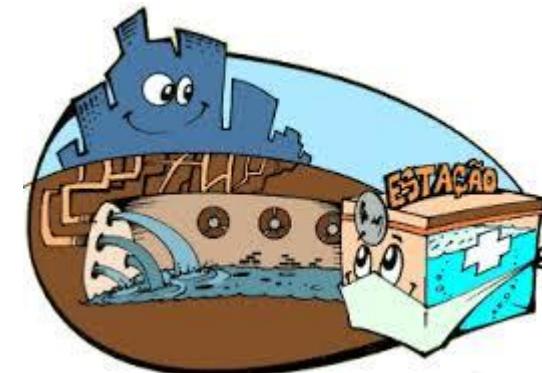
Quadro 2.8 Microrganismos presentes nos esgotos domésticos brutos

Microrganismo	Contribuição per capita (org/hab.d)	Concentração (crf/100 ml)
Bactérias totais	$10^{12} - 10^{13}$	$10^9 - 10^{10}$
Coliformes totais	$10^9 - 10^{12}$	$10^6 - 10^9$
Coliformes fecais	$10^9 - 10^{11}$	$10^5 - 10^8$
Estreptococos fecais	$10^8 - 10^9$	$10^5 - 10^6$
Cistos de protozoários	< 10^6	< 10^3
Ovos de helmintos	< 10^6	< 10^3
Vírus	$10^5 - 10^7$	$10^2 - 10^4$

Adaptado parcialmente de Arceivala (1981)

Principais parâmetros de qualidade:

- Sólidos.
- Indicadores de matéria orgânica.
- Nitrogênio.
- Fósforo.
- Indicadores de contaminação fecal.



PADRÕES DE QUALIDADE

Estabelecimento de padrões de qualidade ambiental

Nível federal CONAMA (lei 6938/81)

Art 8º, VII: estabelecer normas, critérios e padrões relativos ao controle e à manutenção da qualidade do meio ambiente com vistas ao uso racional dos recursos ambientais, especialmente os hídricos.

Nível estadual: Decretos

- Competência suplementar. Não pode estabelecer padrões mais lenientes.

CONAMA: Órgão colegiado com competência regulamentar e de revisão de imposição de penalidades, além de competências consultivas.

IBAMA: Órgão fiscalizador.

No âmbito estadual, órgãos específicos e até polícia militar.

CONAMA 357/2005

CONAMA 430/2011

Decretos estaduais

Classificação das águas doces – CONAMA 357

USOS DAS ÁGUAS DOCES	CLASSE DE ENQUADRAMENTO				
	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		Hortaliças consumidas crus e frutas que se desenvolvem ristas ao solo e que sejam ingeridas crus sem remoção de pelúcia	Hortaliças, 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.

<http://pnqa.ana.gov.br/enquadramento-bases-conceituais.aspx>

[http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO CONAMA n 357.pdf](http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO_CONAMA_n_357.pdf)

Quadro 6.2 Classificação das águas doces em função dos usos preponderantes
(Resolução CONAMA nº 20, 18/06/86)

Uso	Especial	Classe			
		1	2	3	4
Abastecimento doméstico	x	x (a)	x (b)	x (b)	
Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas		x			
Recreação de contato primário		x	x		
Proteção das comunidades aquáticas		x	x		
Irrigação		x (c)	x (d)	x (e)	
Criação de espécies (aquiticultura)		x	x		
Dessementação de animais				x	
Navegação				x	
Harmonia paisagística				x	
Usos menos exigentes				x	

Notas:

(a) após tratamento simples; (b) após tratamento convencional; (c) hortaliças e frutas rontes ao solo; (d) hortaliças e plantas frutíferas; (e) culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras

Quadro 5.3 Principais parâmetros a serem investigados numa análise de água

Carac- terís- ticas	Parâmetro	Águas para abastecimento				Águas residuárias		Corpos receptores	
		Água superficial		Água subterrânea		Bruta	Tratada	Rio	Lago
		Bruta	Tratada	Bruta	Tratada				
Parâmetros físicos	Cor	x	x	x ⁽¹⁾	x			x	x
	Turbidez	x	x	x	x			x	x
	Sabor e odor	x	x	x	x				
	Temperatura	x		x		x		x	x
Parâmetros químicos	pH	x	x	x	x	x		x	x
	Alcalinidade	x		x		x			
	Acidez	x		x					
	Dureza			x	x				
	Ferro e manganês	x	x	x	x				
	Cloreto	x		x					
	Nitrogênio	x	x	x	x	x	x	x	x
	Fósforo					x	x	x	x
	Oxigênio dissolvido						x ⁽²⁾	x	
	Matéria orgânica					x	x	x	x
Parâmetros biológicos	Micropol. inorg. (diversos) ⁽³⁾	x	x	x	x	x	x	x	x
	Micropol. orgân. (diversos) ⁽³⁾	x	x	x	x	x	x	x	x
	Organismos indicadores	x	x	x	x	x	x	x	x
	Algas (diversas)	x				x ⁽²⁾	x	x	x
Parâmetros biológicos	Bactérias decomp. (diversas)					x ⁽²⁾			

Notas:

(1) Usada por Fe e Mn

(2) Durante o tratamento, para controle do processo

(3) Devem ser analisados aqueles que possuam alguma justificativa, devido ao uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica

CONAMA 430

Art. 1º Esta Resolução dispõe sobre condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos de água receptores, alterando parcialmente e complementando a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA.

Parágrafo único. O lançamento indireto de efluentes no corpo receptor deverá observar o disposto nesta Resolução quando verificada a inexistência de legislação ou normas específicas, disposições do órgão ambiental competente, bem como diretrizes da operadora dos sistemas de coleta e tratamento de esgoto sanitário.

Art. 5º Res 430/2011: Os efluentes não poderão conferir ao corpo receptor características de qualidade em desacordo com as metas obrigatórias progressivas, intermediárias e final, do seu enquadramento.

Art. 11. Nas águas de classe especial é vedado o lançamento de efluentes ou disposição de resíduos domésticos, agropecuários, de aquicultura, industriais e de quaisquer outras fontes poluentes, mesmo que tratados.

Art. 12. O lançamento de efluentes em corpos de água, com exceção daqueles enquadrados na classe especial, não poderá exceder as condições e padrões de qualidade de água estabelecidos para as respectivas classes, nas condições da vazão de referência ou volume disponível, além de atender outras exigências aplicáveis.

Art. 14. Sem prejuízo do disposto no inciso I do parágrafo único do art. 3º desta Resolução, o órgão ambiental competente poderá, quando a vazão do corpo receptor estiver abaixo da vazão de referência, estabelecer restrições e medidas adicionais, de caráter excepcional e temporário.

Padrões de lançamento de esgoto vigentes no Estado do RJ:

NOP – INEA – 45

Aprovada em 08/02/21 e exigida a partir do mês de agosto/21 e altera integralmente a DZ 215-R4 e NT 202 R10, no que se refere aos padrões de lançamento de esgoto sanitário.

“... 6.1. Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados nos corpos receptores ou redes públicas após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta NOP e em outras normas aplicáveis.”

“...6.3. Os efluentes não poderão conferir ao corpo receptor características de qualidade em desacordo com as metas obrigatórias progressivas, intermediárias e final, do seu enquadramento.”

Parâmetros de Condições de Lançamento de Efluentes no Estado do RJ

Parâmetros	VMP
pH	5 a 9
Temperatura	< 40°C
Sólidos sedimentáveis	1 mg/L
Óleos e graxas	Lagoas: ausente 50 mg/L
Materiais flutuantes	Ausente
Substâncias tensoativas	2,0 mg/L
Nitrogênio amoniacal	20,0mg/L (lótico) 10,0 mg/L (lêntico)
Fósforo	4,0mg/L (lótico) 1,0 mg/L (lêntico)

Carga orgânica (Kg/DBO/dia)	mg/L
< 20	120
entre 20 e 60	90
entre 60 e 80	60
> 80	40

Observa-se que quanto maior a Carga de DBO lançada ou maior o número de habitantes, mais restritivo a concentração de lançamento.

Matéria orgânica presente:

- Proteínas (40 a 60%)
- Carboidratos: 25 a 50%
- Óleos e gorduras: 8 a 12%
- Outros: menor quantidade.

Padrões de lançamento de esgoto sanitário CONAMA 430/2011

Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357/2005

Parâmetros	CONAMA 430/11	RJ - NOP INEA 45/21
pH	5 - 9	5 - 9
Temperatura	< 40°C	< 40°C
Sólidos Sedimentáveis	1,0 ml/L – Lagos/Lagoas : Ausente	1,0 ml/L – Lagos/Lagoas : Ausente
DBO	120 mg/L 60% para esgotos sanitários	40 mg/L para população > 1400 habitantes
Sólidos Suspensos Totais - SST	—	40 mg/L para população > 1400 habitantes
Óleos e Graxas	100,0 mg/L:	50,0 mg/L
Materiais Flutuantes	Ausente	Ausente
Substâncias tensoativas - MBAs	—	2,0 mg/L
Nitrogênio Amoniacal	—	20,0 mg/L: Lótico 10,0 mg/L: Léntico
Fósforo	—	4,0 mg/L: Lótico 1,0 mg/L: Léntico
DQO	—	—

VAZÃO DO RIO

- varia ao longo do rio.
- Q_{95} – vazão de referência: vazão média de um rio durante 95% do seu tempo.
- Concentração de substâncias no rio após mistura derivada de lançamento de um efluente:

C: concentração

r: rio

e: efluente

$$C_f = \frac{Q_r \times C_r + Q_e \times C_e}{Q_r + Q_e}$$

EXEMPLO 1:

Uma empresa no estado do Rio de Janeiro lança seus efluentes em um rio Classe 3. O efluente contém benzeno na concentração 0,05 mg/L. Para este parâmetro, a empresa está cumprindo a lei?

CONAMA 430: VMP = 1,2 mg/L

INEA 45: VMP 1,2 mg/L

CONAMA 357: rio classe 3: VMP = 0,005 mg/L.

- levar em consideração a lei MAIS restritiva.
- verificar se está cumprindo a lei quanto ao lançamento.
- verificar se não está alterando a classificação do corpo d'água.

EXEMPLO 2:

Uma empresa no estado do Rio de Janeiro lança efluentes em um rio classe 2.

A DBO de entrada do efluente na ETE é de 360 mg/L e de saída é 48mg/l, com uma vazão de 25L/s ($0,025\text{m}^3/\text{s}$).

O rio que recebe os efluentes possui vazão média (Q95) de $3\text{m}^3/\text{s}$ e sua DBO natural é de 4,0 mg/L. Essa empresa cumpre os padrões de lançamento e enquadramento do corpo receptor para este parâmetro?

CONAMA 430:

- máximo 120 mg/L
- redução de 60% da DBO

Lançamento: 48mg/L



Redução da DBO: $360 - 48 = 312$ mg/L

360 mg/L ----- 100%

312 mg/L ----- x

$$x = 86,7\%$$



CONAMA 357: rio de classe 3: VMP (DBO) = 5,0 mg/L

$$C_f = \frac{Q_r \times C_r + Q_e \times C_e}{Q_r + Q_e}$$

$$C_f = \frac{3 \times 4 + 0,025 \times 48}{3 + 0,025}$$

$$C_f = 4,36 \text{ mg/L}$$



EXERCÍCIO:

Uma empresa no estado do Rio de Janeiro lança seu efluente contendo arsênio (0,1 mg/L) e cromo hexavalente (0,05 mg/L) em um rio classe 2 (mesmo rio do exercício anterior). Essa empresa cumpre os padrões de lançamento e enquadramento do corpo receptor para este parâmetro?

CONAMA 430: arsênio VMP 0,5 mg/L e cromo hexavalente 0,1 mg/L

INEA 45: arsênio VMP 0,1 mg/L e cromo hexavalente 0,1 mg/L

CONAMA 357: rio classe 2 - arsênio VMP 0,01 mg/L e cromo hexavalente 0,05 mg/L

$Q_r = 3 \text{ m}^3/\text{s}$

$Q_e = 0,025 \text{ m}^3/\text{s}$

$$C_f = \frac{Q_r \times C_r + Q_e \times C_e}{Q_r + Q_e}$$

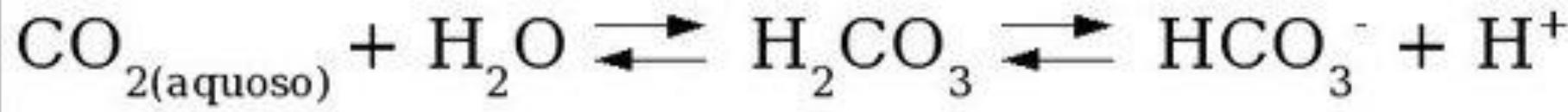
Constituintes da água: os sólidos

Constituintes da água:

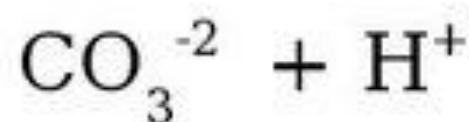
- água na natureza: pura na forma de vapor.
 - condensação: gases são dissolvidos – água é um ótimo solvente.
 - substâncias presentes na atmosfera, terreno, vegetação, ação humana, dentre outros.
 - Exemplo: água de chuva em regiões próximas ao oceano possuem maior concentração de NaCl.
 - rios de regiões de florestas densas apresentam coloração mais escura do que outras regiões devido a matéria orgânica.

$\text{CO}_2(\text{atm})$

Ar



Água



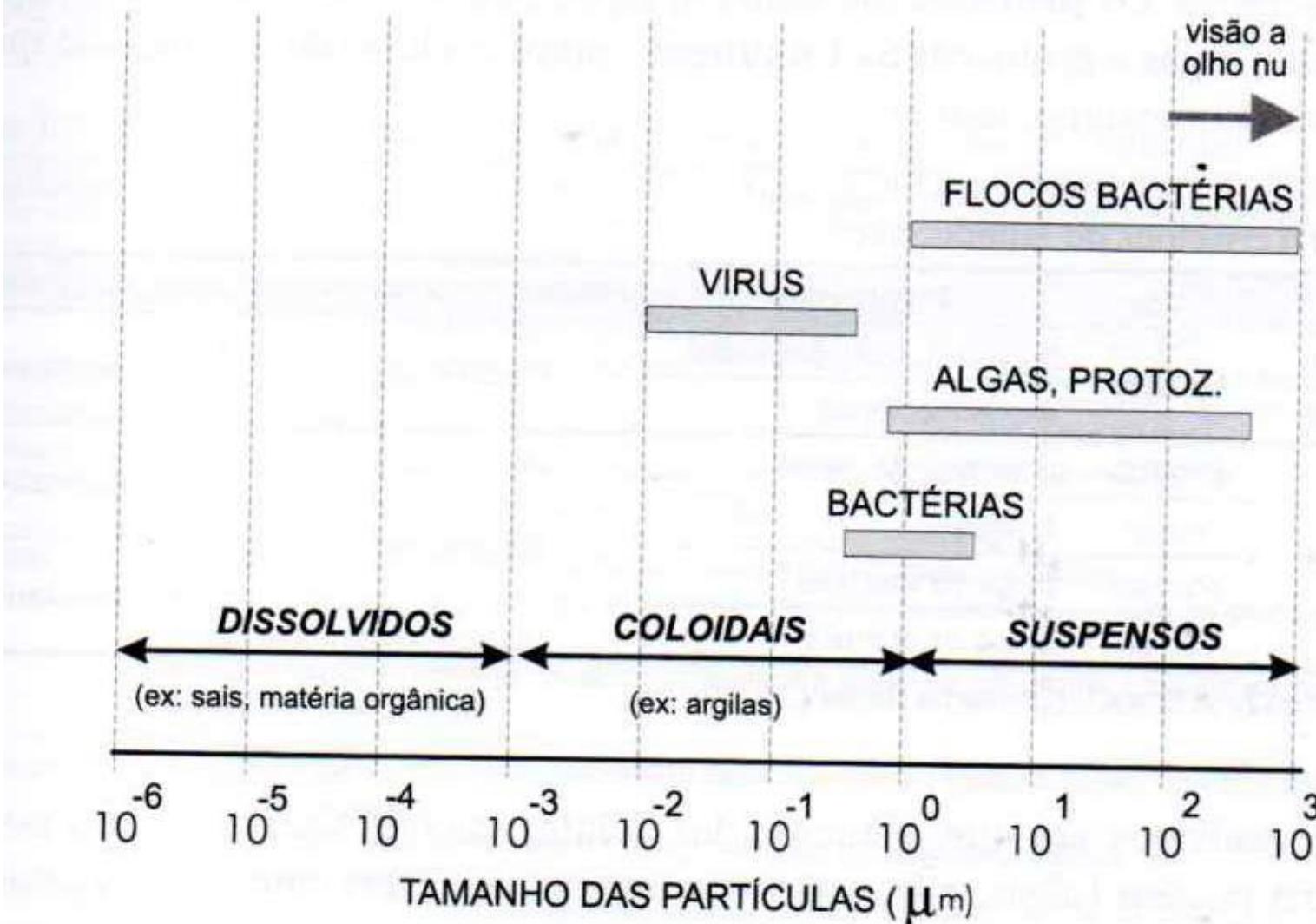
Sedimento



- Com exceção dos gases, os constituintes da água estão em forma de **sólidos**.
 - toda matéria que permanece como resíduo da água após os processos de evaporação, secagem ou calcinação da amostra de água.
 - representa o conjunto de substâncias orgânicas ou inorgânicas dissolvidas ou não na água.
- São classificados como:
 - sólidos em suspensão
 - sólidos coloidais
 - sólidos dissolvidos



DISTRIBUIÇÃO DOS SÓLIDOS



Origem dos sólidos na água:

- Erosão.
- deposição de material particulado.
- ações antrópicas: lançamento de efluentes, descarte **INADEQUADO** de resíduos sólidos.
- leva ao assoreamento de rios, acúmulo de matéria orgânica e microorganismos em corpos hídricos.
 - dificulta a penetração de luz na água.
 - reduz a quantidade de oxigênio dissolvido na água.





- sólidos em suspensão: não filtráveis.
 - ficam retidos na membrana (fibra de vidro , $< 2\mu\text{m}$).
 - provocam turbidez, impedindo a penetração de luz.
 - argilas, areia, matéria orgânica, detritos, plâncton.
- sólidos dissolvidos: filtráveis.
 - passam por uma membrana de tamanho específico.
 - alterações no sabor e problemas de corrosão.
 - sólidos sob formas moleculares, ionizadas ou microgranulares.
- sólidos coloidais: tamanho intermediário.
 - maior parte: dissolvida (outra parte fica em suspensão).
- Sólidos totais: somatório dos sólidos suspensos, dissolvidos e coloidais.

- sólidos voláteis: estimativa de matéria orgânica.
- sólidos fixos: componentes inorgânicos.
- sólidos sedimentáveis: sólidos em suspensão que se sedimentam sob ação da gravidade em um cone Imhoff em um período de 1 hora para 1 litro de amostra.

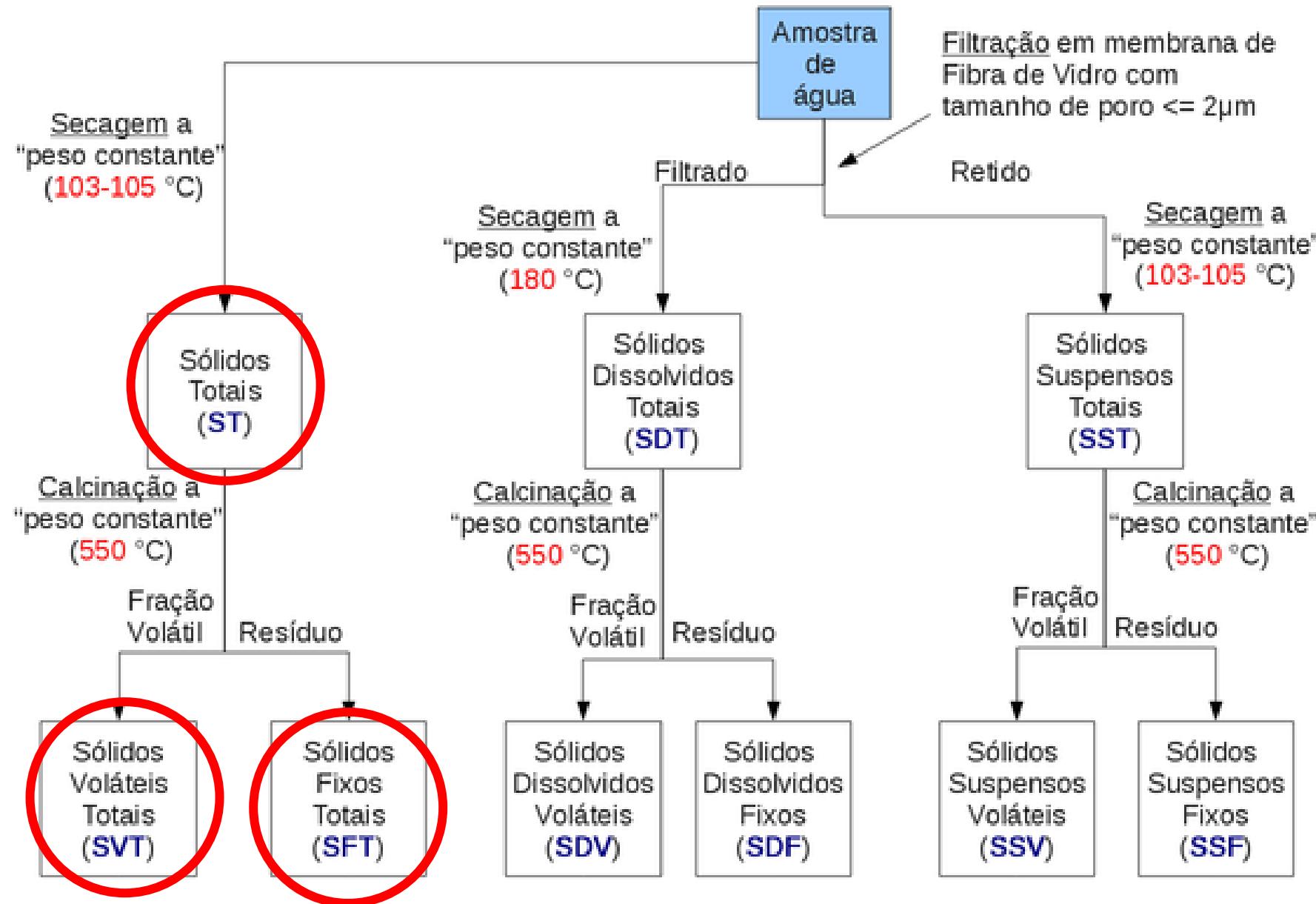


Remoção de sólidos:

- sólidos em suspensão ($> 1\mu\text{m}$): mais fáceis de serem separados.
 - fenômenos gravitacionais – sedimentação simples.
 - Filtração.
- sólidos coloidais: estáveis na água devido aos campos eletrostáticos desenvolvidos: dupla camada elétrica.
 - coagulação e floculação, seguida por sedimentação.
- sólidos dissolvidos: maior dificuldade sob o ponto de vista do tratamento de água.
 - técnicas de adsorção, troca iônica, precipitação química, osmose reversa.

Importância da determinação de sólidos no controle de qualidade das águas:

- Quadro geral da distribuição das partículas em relação ao tamanho e sua natureza.
- Estima a concentração de microorganismos decompositores de matéria orgânica em sistemas de tratamento de esgotos.
 - Grau de mineralização dos lodos – estimado pela relação SSV/SST.
 - Cálculo de índice volumétrico do lodo: condições de sedimentabilidade do lodo.
 - Sólidos sedimentáveis: parâmetro de legislação para indústrias.
 - Abastecimento de água: 1000 mg/L SDT (MS) – relaciona-se com a condutividade elétrica da água.



O teor de sólidos, dado em $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, é quantificado pela razão entre a massa de resíduo de secagem ou calcinação e o volume de amostra tomado para o ensaio.

Exemplo:

	1	2	3
Volume (mL)	100	50	100
Massa (mg)	100	25	50

1. Secagem até peso constante
Após filtração com membrana:
2. Secagem até peso constante do filtrado.
3. Secagem até peso constante do resíduo da filtração.

1. Qual o teor de sólidos totais dessa amostra?
2. Qual o teor de sólidos dissolvidos dessa amostra?
3. Qual o teor de sólidos suspensos dessa amostra?
4. Após calcinação do filtrado até peso constante, a massa do mesmo foi de 14 mg. Qual o teor de sólidos dissolvidos voláteis nessa amostra?

Exercício

Uma amostra de 100 mL de água passou pelos seguintes processos para análise do teor de sólidos:

1. 50 mL foram secos até peso constante (100°C). Após secagem, a massa pesada foi de 33,2 mg.
2. Os outros 50 mL foram filtrados em uma membrana de 2 μm . Houve a secagem a 100°C até atingir peso constante:
 - 2.1 do material retido no filtro. A massa pesada foi de 21,3 mg.
 - 2.2 do material que passou pelo filtro.
3. Após calcinação, a massa do material retido no filtro foi de 12 mg, enquanto do filtrado foi reduzida pela metade.

**Qual o teor de sólidos totais, suspensos e dissolvidos nessa amostra de água?
(calcular todos os teores, incluindo fixos e voláteis).**

TÉCNICAS ANALÍTICAS DE MONITORAMENTO

QUALITATIVA



Quais substâncias
estão presentes

QUANTITATIVA



Quantidade de cada
substância presente

ANÁLISES QUÍMICAS

Seleção do método analítico:

- Quantidade de amostra disponível.
- Sensibilidade e exatidão requeridas.
- Composição da amostra.
- Número de amostras.
- Recursos disponíveis.



Métodos clássicos: volumetria e gravimetria.

Métodos instrumentais:

- Espectroscopia
- Espectrofotometria.
- Técnicas eletroanalíticas.
- Separações cromatográficas.

TITULAÇÃO:

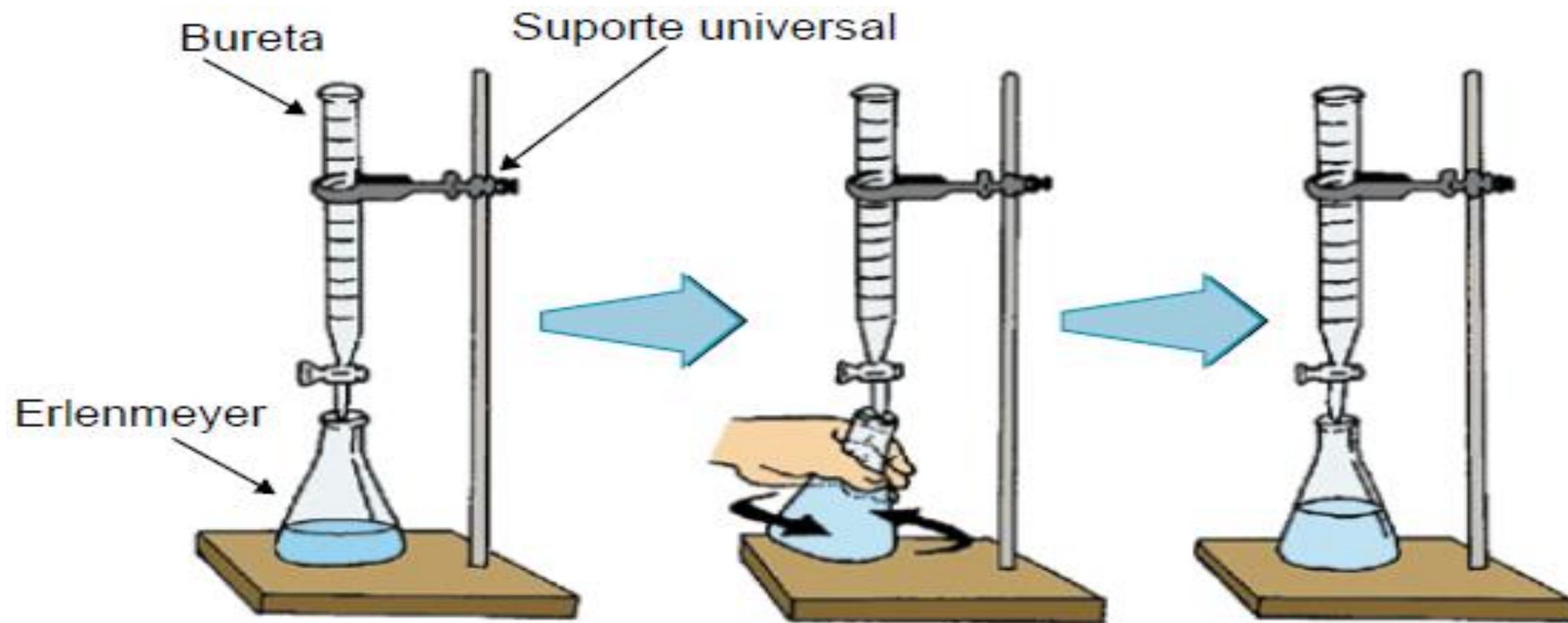
- técnica utilizada na determinação de quantidade de matéria em uma amostra a partir de uma solução de concentração conhecida – técnica analítica quantitativa.
 - mede a quantidade de um reagente gasto para reagir completamente com a substância a ser analisada (analito).

Tipos:

- neutralização: reações ácido-base.
- precipitação: equilíbrios de solubilidade.
- Complexação.
- óxido-redução.
- gravimétrica: medidas de massa.
- coulométricas: correntes elétricas.
- espectrofotométricas: medidas de intensidade de luz.

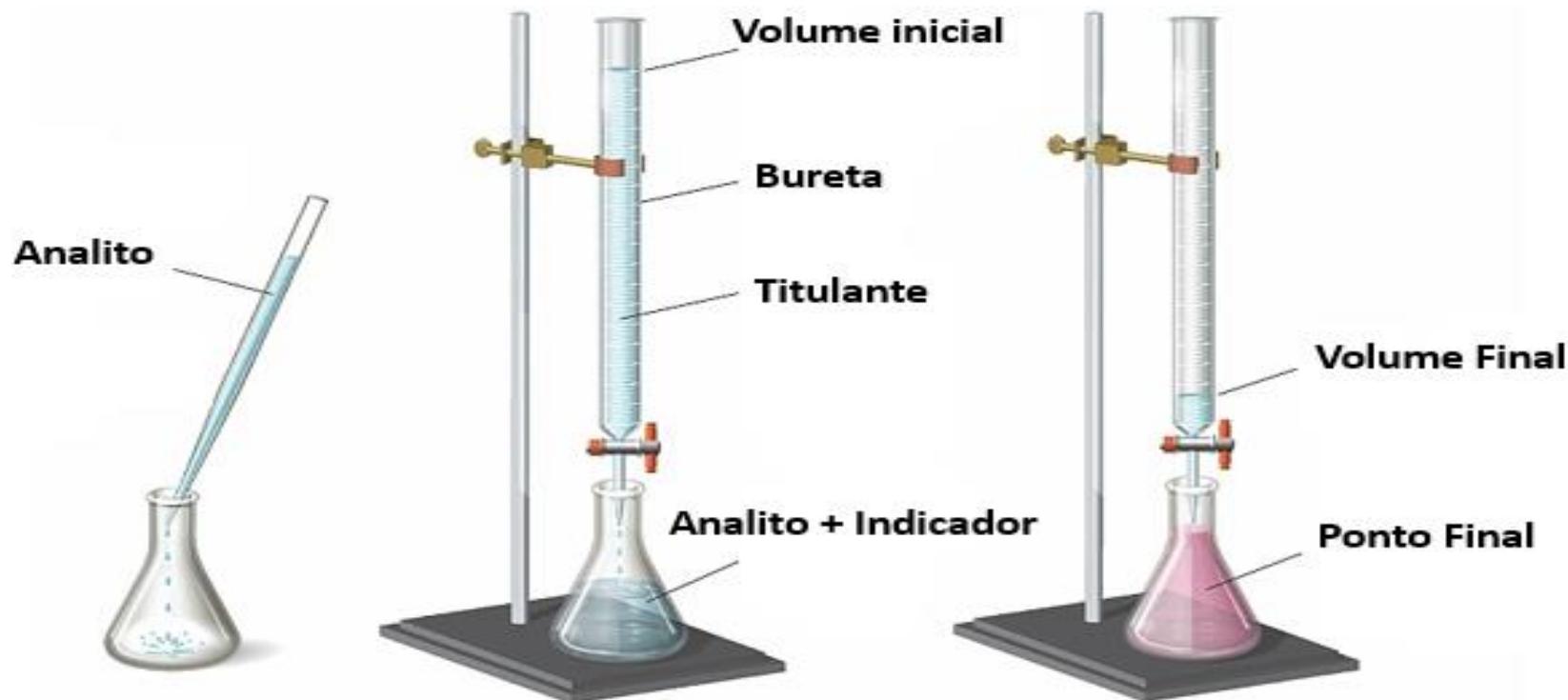
VOLUMETRIA: a grandeza medida é o volume.

- titulante: solução de concentração conhecida.
- titulado: solução de concentração desconhecida, que se deseja determinar a concentração.



E como saber que a titulação terminou?

- Através do uso de indicadores – indicam o ponto final da titulação.
- Fenolftaleína – PF de titulação ácido forte/base forte



- **PONTO DE EQUIVALÊNCIA:** quando a quantidade em mols de titulante é igual a quantidade em mols do titulado – toda a amostra foi titulada.

Cálculos volumétricos:

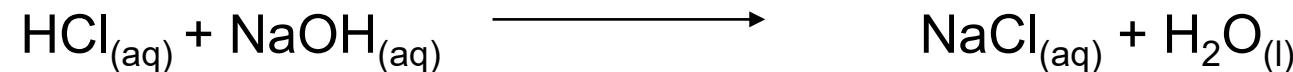
- no ponto de equivalência, a quantidade de matéria (número de mols) do titulante é igual a quantidade de matéria do titulado.

$$n_{\text{titulante}} = n_{\text{titulado}}$$

- Considerando $n = C \cdot V$

$$(C \cdot V)_{\text{titulante}} = (C \cdot V)_{\text{titulado}}$$

Exemplo: 10,0 mL de ácido clorídrico HCl foram colocados em um erlenmeyer e foram titulados com uma solução de NaOH 0,1 mol/L. Ao final da titulação, gastou-se 15,0 mL de NaOH. Qual a concentração do HCl?



- titulante (NaOH): C = 0,1 mol/L

$$V = 15 \text{ mL}$$

- titulado (HCl): C = ?

$$V = 10,0 \text{ mL}$$

$$(C \cdot V)_{\text{NaOH}} = (C \cdot V)_{\text{HCl}}$$

$$0,1 \times 15 = C \times 10$$

$$C = 0,15 \text{ mol/L}$$

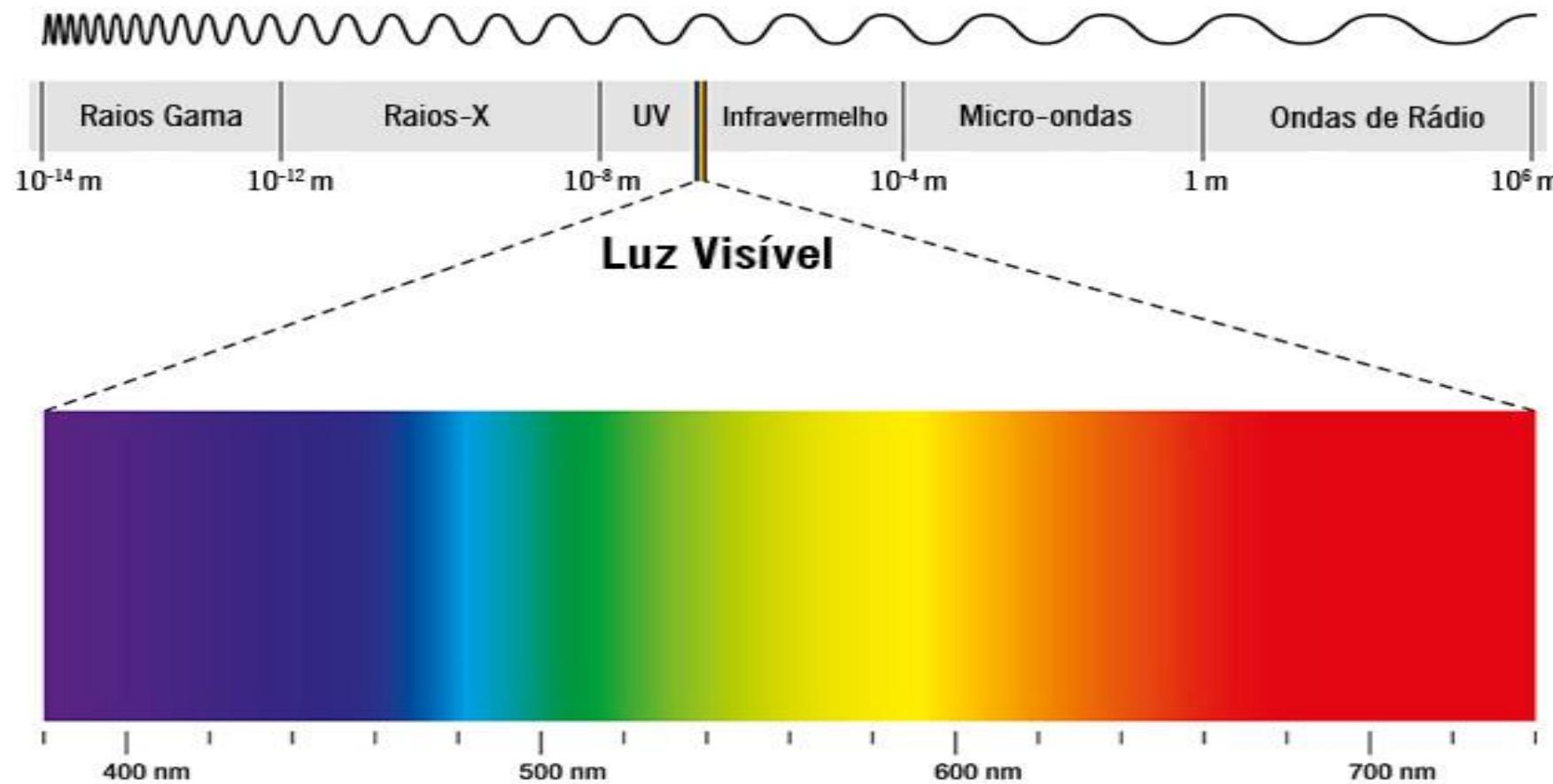
$$\boxed{[\text{HCl}] = 0,15 \text{ mol/L}}$$

Espectroscopia: é um termo geral para a ciência que estuda a **interação** dos diferentes tipos de **radiação com a matéria.**

- Estuda as interações das ondas eletromagnéticas com espécies atômicas e moleculares.
 - raios γ , raios X, **ultravioleta (UV)**, **visível**, **infravermelho (IV)**, microondas e radio frequência (RF).
 - acústica, massas, elétrons \longrightarrow não medem radiação eletromagnética.
- Espectroscopia molecular: espectrometria de absorção molecular no ultravioleta / visível e infravermelho.
- Espectroscopia atômica: espectrometria de emissão atômica; espectrometria de absorção atômica.

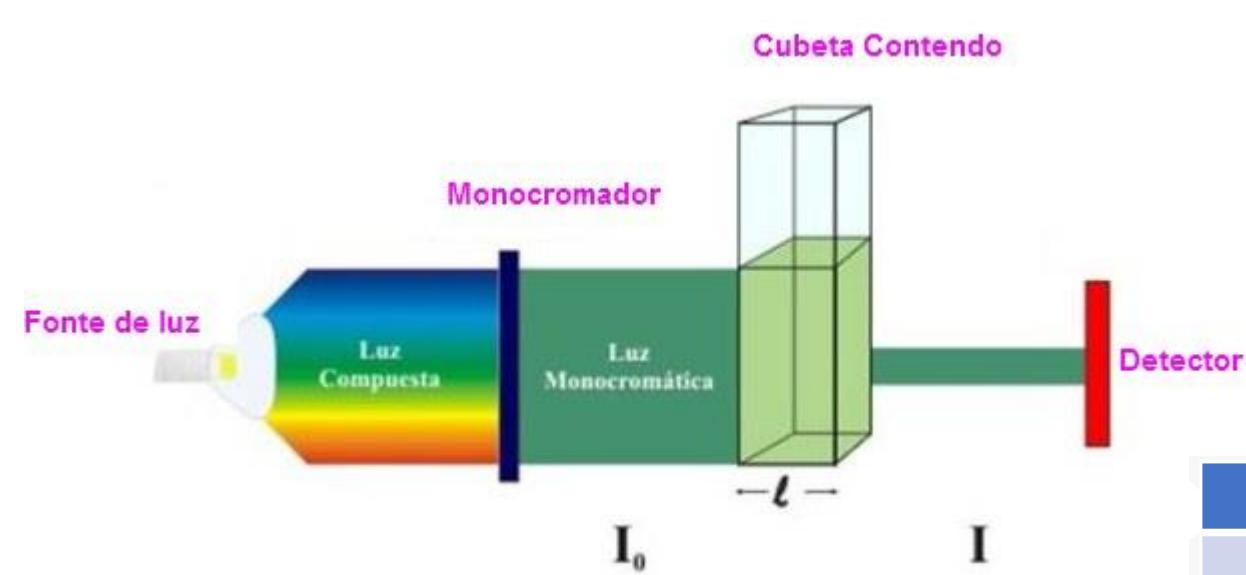
Espectrometria e os métodos espectrométricos: referem-se às medidas das intensidades das radiações usando transdutores fotoelétricos ou outros tipos de dispositivos eletrônicos.

O espectro eletromagnético:



ESPECTROFOTOMETRIA NO ULTRAVIOLETA (UV) E VISÍVEL

FONTE DE RADIAÇÃO MONOCROMÁTICA → SOLUÇÃO CONTENDO ANALITO → DETECÇÃO → INFORMAÇÃO ANALÍTICA

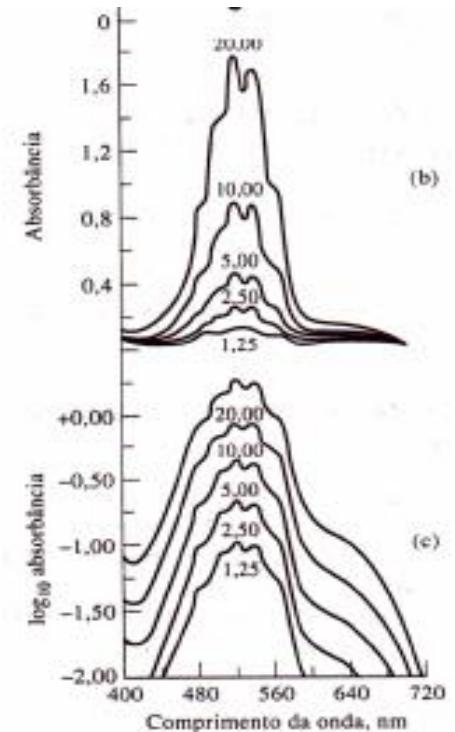


Região do espectro de UV e visível	
Região	Faixa de comprimento de onda
UV	180-380 nm
Visível	380-780 nm

Como fazer uma análise espectrofotométrica?

Etapas em uma análise fotométrica ou espectrofotométrica

- Seleção de comprimento de onda
- Variáveis que influenciam a absorbância
 - Natureza do solvente, pH da solução, temperatura, concentração de eletrólito e presença de substâncias interferentes.
- Limpeza e manuseio de células ou cubetas.
- Determinação da relação entre absorbância e concentração:
 - Curva analítica.
 - Curva de calibração por adição de padrão.



Aplicação na área ambiental

- Determinação de ferro em águas de abastecimento.
- quantificação de poluentes e monitoramento de ETE's.
- avaliação da turbidez da água.
- Determinação de nitritos, nitratos, fosfatos na água.
- determinação da DBO e DQO.
- avaliação de contaminantes orgânicos e inorgânicos em matrizes como solo, águas, ar, combustíveis, alimentos...
- controle de qualidade de biocombustíveis.

Parâmetros de qualidade da água

- grande número de parâmetros – dificuldade de análise e alto custo.
 - parâmetros coletivos
 - diretos: Ex.: presença de íons cloreto.
 - indiretos: Ex.: DBO (representa o potencial poluidor de um efluente).
- Alguns parâmetros precisam ser analisados separadamente:
 - substâncias químicas específicas.
- monitoramento dos parâmetros deve ser constante.



Parâmetros físicos

- teor de sólidos 
- cor
- turbidez
- sabor
- odor
- temperatura
- condutividade

Parâmetros biológicos

- organismos patogênicos
- algas
- coliformes
- microorganismos diversos

Parâmetros

químicos

- detergentes
- radioatividade
- salinidade
- dureza
- alcalinidade
- pH
- corrosividade
- ferro e manganês
- impurezas
- orgânicas
- cloretos e
- nitrogênio
- fosfatos e sulfatos

Parâmetros (ou indicadores) físicos

Cedae registra maior concentração de geosmina na área de captação do Rio Guandu desde o início do ano

As amostras foram colhidas na área de captação de água da Estação de Tratamento do Guandu. Com a nova alta da geosmina, moradores relatam que tem recebido água com gosto e cheiro ruins e, em alguns casos, até cor escura.

Por Mônica Sanches, RJ2

30/03/2021 20h02 · Atualizado há um ano

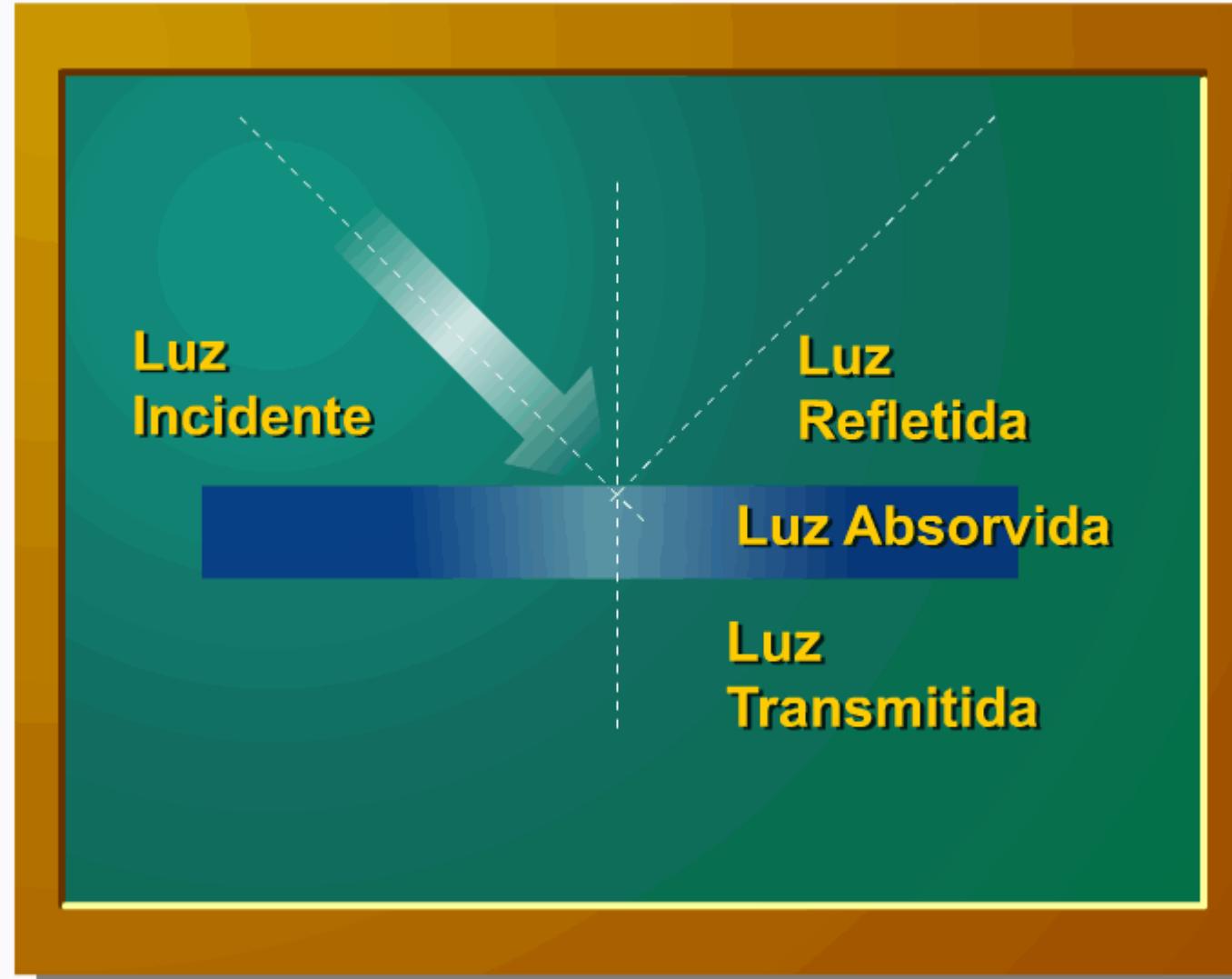




Turbidez:

- grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessar a água.
 - absorção e espalhamento da luz.
- ocorre devido a presença de sólidos em suspensão (areia, silte, argila, detritos orgânicos, bactérias, algas, plânctons, etc).
- fontes naturais: erosão, presença de algas e outros microorganismos.
- fontes antropogênicas: uso e ocupação do solo, retirada da vegetação.
- esgoto sanitário eleva a turbidez da água. **POR QUE?**





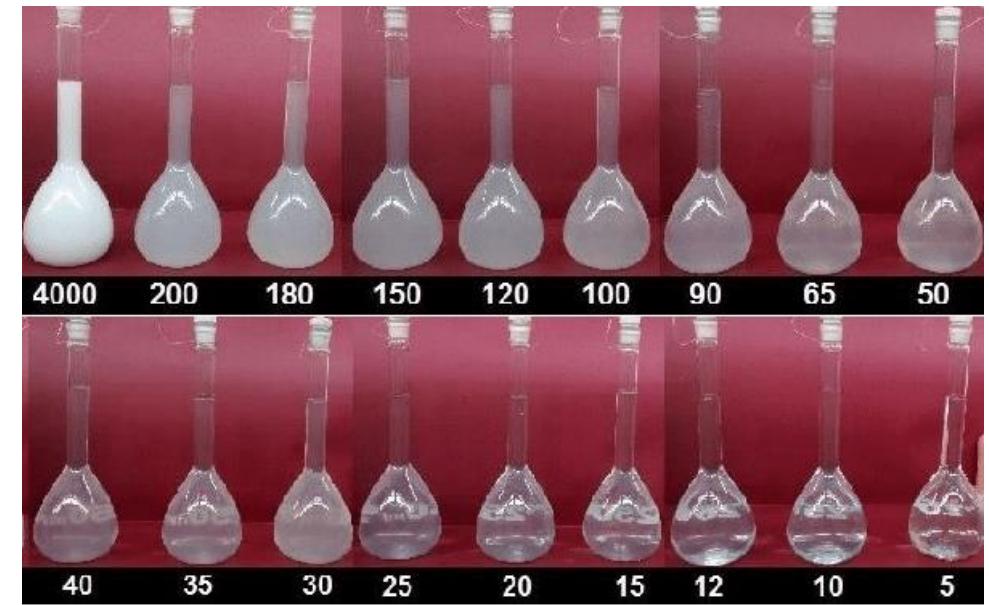
Consequências da turbidez:

- redução da penetração da luz, prejudicando a fotossíntese dos organismos aquáticos;
 - diminuição da visibilidade através da água;
 - presença de substâncias tóxicas (adsorção de substâncias);
 - presença de microrganismos patogênicos no tratamento da água (diminuindo a eficiência de cloração e aumentando os riscos de transmissão de doenças);
 - ser esteticamente desagradável (águas mais turvas são rejeitadas pela população).
- Parâmetro utilizado na escolha do método de tratamento de água – clarificação ou floculação.

- não se relaciona necessariamente com fatores ligados a contaminação – atributo estético.
 - não representa risco a saúde.
 - pode atuar como abrigo/suporte para organismos patogênicos.
 - diminui a eficiência da desinfecção.

Medição ocorre pelo método nefelométrico: comparação da intensidade de luz espalhada pela amostra com a intensidade de luz espalhada por um padrão de referência.

- unidade de medida: unidade nefelométrica de turbidez NTU
- limite de potabilidade: 5 NTU



- águas com turbidez $\cong 10$ uT ligeira “nebulosidade”
 - pode ser notada em um copo d’água pela maioria das pessoas;
- águas com turbidez $\cong 500$ uT praticamente opaca ;
- valores de turbidez da água bruta inferiores inferiores a 20 uT usualmente dispensam coagulação química;
- valores superiores a 50 uT usualmente requerem a coagulação química seguida por filtração.

Remoção da turbidez:

- partículas suspensas – fáceis de serem removidas.
 - sedimentação simples.
 - decantadores.
 - flotação por ar dissolvido.
 - filtração (processo complementar).



Floco decantador para tratamento de água

Cor:

- substâncias em solução responsáveis pela coloração da água.
- grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessar a água.
- sólidos dissolvidos (principalmente no estado coloidal) – maioria de natureza orgânica.
 - ácidos húmicos e fúlvicos – decomposição da MO de origem vegetal e de microorganismos presentes no solo – cor amarelo-marrom.
 - fontes antropogênicas – lançamento de efluentes domésticos e industriais.
 - industriais: taninos (curtumes), anilinas, lignina e celulose.
 - compostos inorgânicos (óxidos do ferro e manganês) abundantes em diversos tipos de solo.



<https://pt.dreamstime.com/o-tanino-manhou-%C3%A1gua-da-angra-de-fisheating-florida-esp%C3%A7o-livre-mas-dando-lhe-uma-apar%C3%A3ncia-marrom-avermelhada-rica-sobre-image153519751>

- é padrão de potabilidade: (valor máximo permitido 15 **uHazen** pela portaria nº 36, de 1990, do Ministério da Saúde) – atributo estético.
- Resolução nº 20 do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA.
- dificulta a penetração de luz em águas naturais.
- quando oriunda de atividades antrópicas, pode estar relacionada a compostos tóxicos.



Nascente contaminada com metais pesados em MG

Medição: comparação direta da cor com um medidor de platina – cobalto (Pt-Co).

- **cor aparente:** pode haver sólidos em suspensão que causam turbidez – devem ser removidos.
- **cor real ou verdadeira:** a cor da água após remoção dos sólidos suspensos.
- Determinação por método espectrofotométrico: leitura da absorbância em comprimento de onda entre 450 a 465 nm com soluções padrão.
- unidade de medida: uH (unidade Hazen) ou uC (unidade de cor)
 - $1 \text{ uH} = 1\text{uC} = 1\text{mg PtCo/L}$



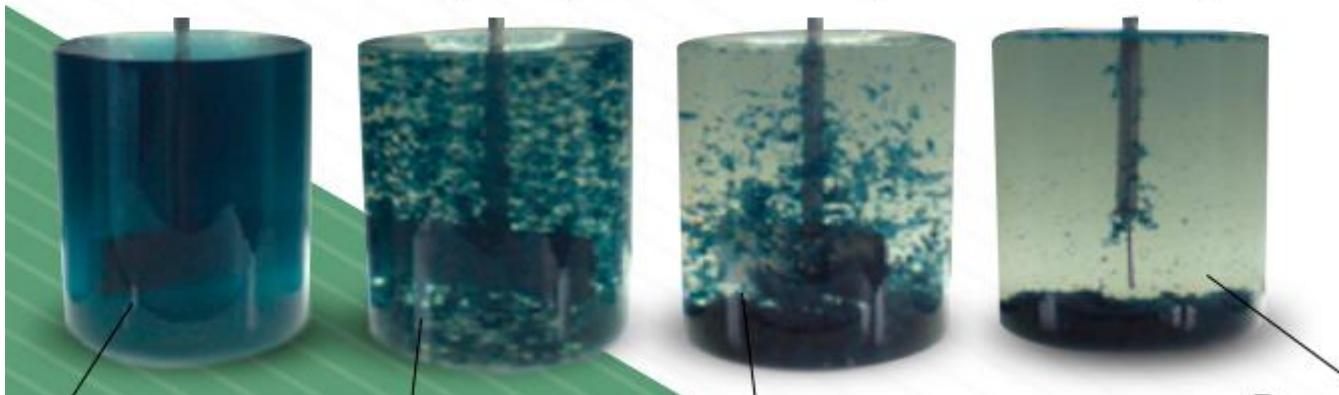


Remoção da cor:

- coagulação e floculação.
- possibilidade de formação de trihalometanos durante o processo – cancerígenos.
 - processos alternativos estudados.
 - ozonização da água: pode haver formação de aldeídos.

Efluente

Bruto Coagulação Floculação Decantação



Condutividade:

- capacidade de uma solução conduzir a corrente elétrica, devido a presença de íons.
- Fatores que influenciam a condutividade:
 - concentração dos íons;
 - natureza dos íons;
 - temperatura;
 - viscosidade.
- constituintes responsáveis: SDT (sólidos dissolvidos totais).
- medida em Siemens por metro (S/m).

- Causas:
 - elevados teores de minerais em águas subterrâneas.
 - ações antrópicas: lançamento de efluentes.
- importante para utilização de águas na irrigação (avaliação da salinidade).
- importante no reuso de águas residuária.
- Parâmetro de qualidade da água na indústria, devido a necessidade de águas com elevado grau de pureza. (água de caldeira).

Condutivímetro

- calibração.
- sensores de temperatura.



Temperatura:

- organismos possuem faixa de temperatura ótima para sua reprodução.
- aumento da temperatura provoca aumento da velocidade das reações – mais fácil atingir a energia de ativação de uma reação.
 - reações de natureza bioquímica e decomposição de compostos orgânicos.
- diminui a solubilidade de gases dissolvidos na água, em especial o O₂ – base para decomposição aeróbia (além da respiração).
 - nos meses quentes de verão os níveis de oxigênio em águas poluídas são mínimos – mortandade de peixes e exalação de odores.
 - decomposição anaeróbia de compostos orgânicos sulfatados, gerando H₂S.
- influência em outros parâmetros, tal como a condutividade.

O aumento na temperatura pode ser causado por transferência de calor (atmosfera e solo) e por ações antropogênicas (lançamento de efluentes industriais, de torres de resfriamento e caldeiras e de usinas nucleares).

- temperatura máxima de emissão de efluentes: 40°C – não pode haver variação superior a 3°C da temperatura de equilíbrio.



Parâmetros sensoriais: odor e sabor.

- água pura não produz sensação de odor ou sabor.
- causados principalmente por sólidos dissolvidos na água.
 - decomposição de matéria orgânica, microorganismos e presença de gases dissolvidos.
 - lançamento de efluentes.
- no lodo de fundo de rios e de represas ocorre a formação do gás sulfídrico, H_2S , que apresenta odor típico de ovo podre, de mercaptanas e amônia (esta última ocorrendo também em meio aeróbio).
- Águas eutrofizadas podem também manifestar sabor e odor.
- presença de fenóis em água de abastecimento – reagem com o cloro residual formando clorofenóis.
- presença de metais, acidez ou alcalinidade excessivas, cloretos, etc.

Apesar de não representar riscos à saúde*, pode causar rejeição por parte de consumidores.

- parâmetro de potabilidade.
- pode indicar a presença de substâncias tóxicas.
- adsorção em carvão ativado granular – técnica eficiente no controle do odor.

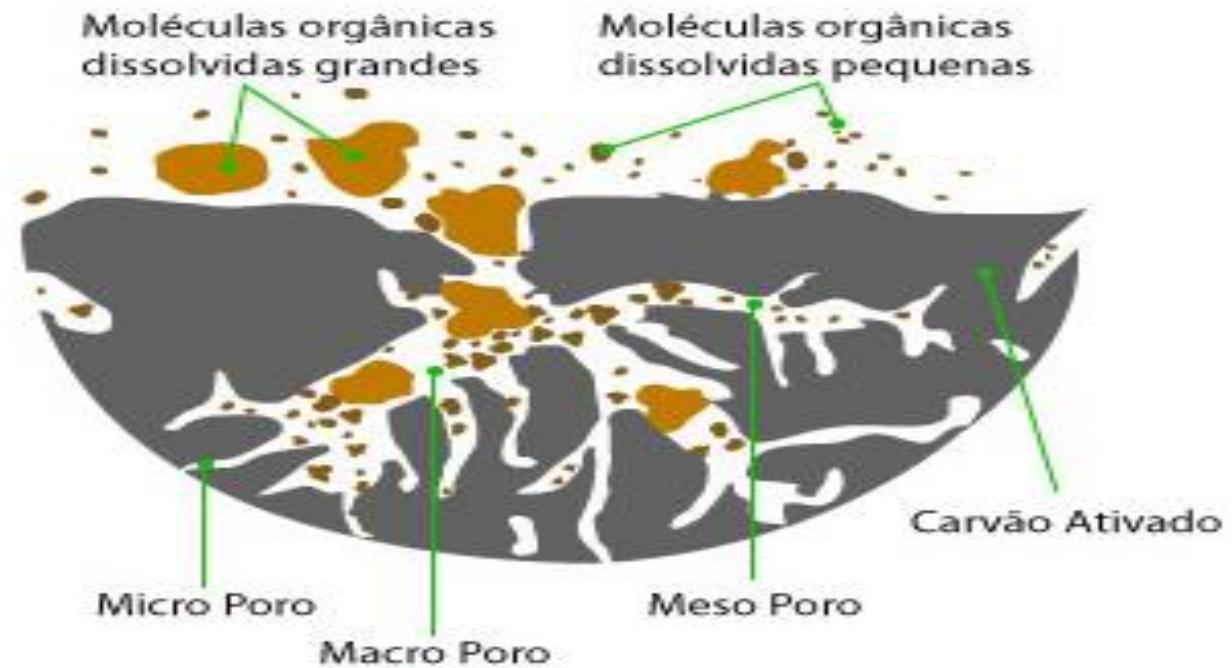


Tabela 3.1 – Parâmetros físicos de qualidade de água

Parâmetro	Importância	Origem natural	Origem antropogênica
Cor	<ul style="list-style-type: none"> Origem natural: não apresenta risco à saúde, mas consumidores podem questionar a sua confiabilidade, e buscar águas de maior risco. Além disso, a cloração da água contendo a matéria orgânica dissolvida responsável pela cor pode gerar produtos potencialmente cancerígenos (trihalometanos – ex: clorotônio). 	<ul style="list-style-type: none"> Decomposição da matéria orgânica (principalmente vegetais – ácidos húmicos e fulvicos); Ferro e manganes 	<ul style="list-style-type: none"> Resíduos industriais (ex: tinturas, tecelagem, produção de papel); Esgotos domésticos
Turbidez	<ul style="list-style-type: none"> Origem natural: não traz inconvenientes sanitários diretos. Porém, é esteticamente desagradável na água potável, e os sólidos em suspensão podem servir de abrigo para microorganismos patogênicos (diminuindo a eficiência da desinfecção); Origem antropogênica: pode estar associada a compostos tóxicos e organismos patogênicos; Em corpos d'água: pode reduzir a penetração de luz, prejudicando a fotossíntese. 	<ul style="list-style-type: none"> Partículas de rocha, argila e silte; Algas e outros microorganismos 	<ul style="list-style-type: none"> Despejos domésticos; Despejos industriais; Microorganismos; Erosão
Sabor e odor	<ul style="list-style-type: none"> Não representa risco à saúde, mas consumidores podem questionar a sua confiabilidade, buscar águas de maior risco. Representa a maior causa de reclamações dos consumidores 	<ul style="list-style-type: none"> Materia orgânica em decomposição; Microorganismos (ex: algas); Gases dissolvidos (ex: gás sulfídrico H_2S) 	<ul style="list-style-type: none"> Despejos domésticos; Despejos industriais; Gases dissolvidos (ex: H_2S)
Temperatura	<ul style="list-style-type: none"> Elevações da temperatura aumentam a taxa das reações químicas e biológicas (na faixa usual de temperatura); Elevações da temperatura diminuem a solubilidade dos gases (ex: oxigênio dissolvido); Elevações da temperatura aumentam a taxa de transferência de gases (o que pode gerar mau cheiro, no caso da liberação de gases com odores desagradáveis). 	<ul style="list-style-type: none"> Transferência de calor por radiação, condução e convecção (atmosfera e solo) 	<ul style="list-style-type: none"> Águas de torres de resfriamento; Despejos industriais