

## 4. ABASTECIMENTO DE ÁGUA

### 4.1 Usos da água

São os seguintes os principais usos da água:

- abastecimento doméstico;
- abastecimento industrial;
- irrigação;
- dessedentação de animais;
- aquicultura;
- preservação da flora e da fauna;
- recreação e lazer;
- harmonia paisagística;
- geração de energia elétrica;
- navegação; e
- diluição de despejos.

Destes usos, os quatro primeiros (abastecimento doméstico, abastecimento industrial, irrigação e possivelmente dessedentação de animais) implicam na retirada significativa de água das fontes onde se encontram (uso consuntivo). Os demais usos são considerados não consuntivos, em função da não retirada do recurso do meio original.

Em termos gerais, apenas os dois primeiros usos (abastecimento doméstico e abastecimento industrial) estão freqüentemente associados a um tratamento prévio da água, face aos seus requisitos de qualidade mais exigentes.

A inter-relação entre o uso da água e a qualidade requerida para a mesma é direta. Na lista de usos acima, pode-se considerar que o uso mais nobre seja representado pelo abastecimento de água doméstico (conforme apresentado na Lei 9.433/1997), o qual requer a satisfação de diversos critérios de qualidade.

De forma oposta, o uso menos nobre é o da simples diluição de despejos, o qual não possui nenhum requisito especial em termos de qualidade. No entanto, deve-se lembrar que diversos corpos d'água têm usos múltiplos previstos para os mesmos, decorrendo daí a necessidade da satisfação simultânea de diversos critérios de qualidade. Tal é o caso, por exemplo, de represas construídas com finalidade de

abastecimento de água, geração de energia, recreação, irrigação e outros. O Quadro 5 relaciona os diversos usos da água com a qualidade necessária.

Alguns dos usos da água permitem interpretações conflitantes com relação aos seus objetivos. A utilização de uma água para preservação da fauna e da flora possui uma dimensão bem ampla, e a caracterização específica dos seres que se pretende preservar está sempre cercada de um certo elemento de subjetividade. Esta subjetividade está associada ao arbítrio, por parte do homem, no sentido de quais espécies ele julga mais importante que sejam preservadas, e quais espécies ele considera não sejam importantes de ser preservadas. O mecanismo desse processo decisório é, sem sombra de dúvida, essencialmente polêmico.

Quadro 5 - Associação entre os diferentes usos da água e os requisitos de qualidade.

Uso geral	Uso específico	Qualidade requerida
Abastecimento doméstico de água	Consumo humano, higiene pessoal e usos domésticos	Isentas de substâncias químicas prejudiciais à saúde Adequada para serviços Domésticos Baixa agressividade e dureza Esteticamente agradável (baixa turbidez, cor, sabor e odor; ausência de micro e macro organismos)
Abastecimento industrial	A água não entra em contato com o produto (refrigeração, caldeira, etc.)	Baixa agressividade e dureza
	A água entra em contato com o produto	Variável com o produto
	A água é incorporada ao produto (alimentos, bebida, etc.)	Isenta de substâncias químicas e organismos patogênicos Esteticamente agradável
Irrigação	Hortaliças, produtos ingeridos crus ou com casca	Isenta de substâncias químicas e organismos prejudiciais à saúde Salinidade não excessiva
	Demais culturas	Isenta de substâncias químicas prejudiciais ao solo e às plantações Salinidade não excessiva
Dessedentação de animais	----	Isenta de substâncias químicas e organismos prejudiciais à saúde dos animais
Preservação da fauna e da flora	----	Variável com os requisitos ambientais da fauna e da flora que se deseja preservar
Recreação de lazer	Contato primário (contato direto com o meio líquido)	Isenta de substâncias químicas e organismos prejudiciais à saúde Baixos teores de sólidos em suspensão, óleos e graxas
	Contato secundário (não há contato direto com o meio líquido)	Aparência agradável

Geração de energia	Usinas hidrelétricas	Baixa agressividade
	Usinas nucleares ou termelétricas	Baixa dureza
Diluição de despejos	----	----
Transporte	----	Baixa presença de material grosseiro que possa colocar em risco as embarcações
Aquicultura	----	Presença de nutrientes e qualidade compatível com as exigências das espécies a serem cultivadas
Paisagismo e manutenção da umidade do ar e da estabilidade do clima	Estética e conforto térmico	----

Além do ciclo da água no globo terrestre, existem ciclos internos, em que a água permanece na sua forma líquida, mas tem as suas características alteradas em virtude da sua utilização. A Figura 8 mostra um exemplo de um ciclo típico do uso da água. Neste ciclo, a qualidade da água é alterada em cada etapa do seu percurso.

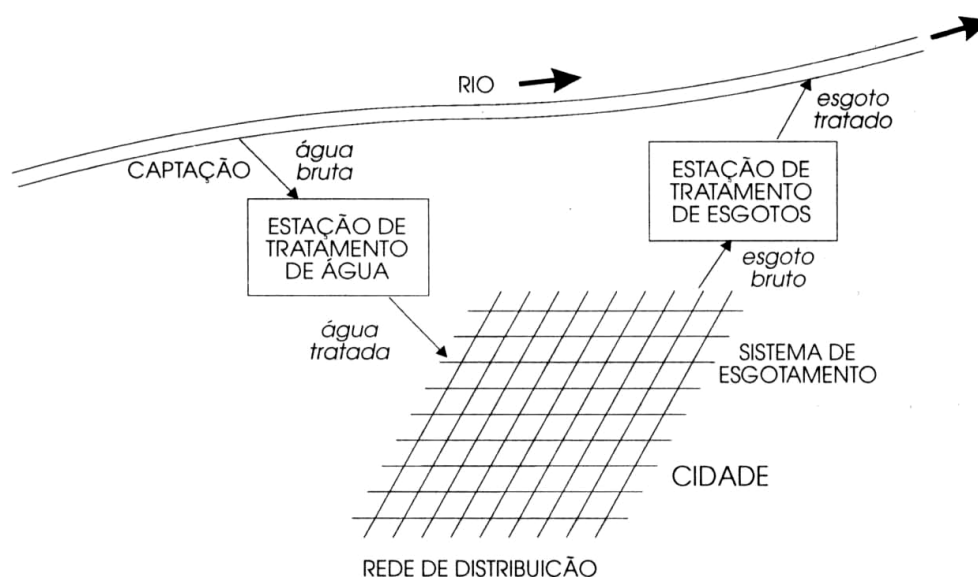


Figura 8 - Ciclo artificial do uso da água.

Com o aumento das aglomerações humanas e com a respectiva elevação do consumo da água o homem passou a executar grandes obras destinadas à captação, transporte e armazenamento deste líquido e também a desenvolver técnicas de tratamento interferindo assim no ciclo hidrológico e gerando um ciclo artificial da água.

Algumas comunidades captam água subterrânea para abastecimento público, mas a maioria delas se aproveita de águas superficiais que após o tratamento é distribuída para as residências e indústrias. Os esgotos gerados são coletados e

transportados para uma estação para tratamento anterior à sua disposição final. Os métodos convencionais promovem, apenas, uma recuperação parcial da qualidade da água original. A diluição em um corpo receptor e a purificação pela natureza promovem melhoria adicional na qualidade da água. Entretanto, outra cidade a jusante da primeira, provavelmente, captará água para abastecimento municipal antes que ocorra a recuperação completa. Essa cidade, por sua vez, a trata e dispõe o esgoto gerado novamente por diluição.

Esse processo de captação e devolução por sucessivas cidades em uma bacia resulta numa reutilização indireta da água. Durante as estiagens, a manutenção da vazão mínima em muitos rios pequenos dependem, fundamentalmente, do retorno destas descargas de esgotos efetuadas a montante. Assim, o ciclo artificial da água integrado ao ciclo hidrológico natural é:

- captação de água superficial, tratamento e distribuição;
- coleta, tratamento e disposição em corpos receptores dos esgotos gerados;
- purificação natural do corpo receptor; e
- repetição deste esquema por cidades a jusante.

Em função dos diversos usos da água, alguns conceitos devem ser apresentados:

- Água bruta → inicialmente, a água é retirada do rio, lago ou lençol subterrâneo, possuindo uma determinada qualidade;
- Água tratada → após a captação, a água sofre transformações durante o seu tratamento para se adequar aos usos previstos (ex.: abastecimento público ou industrial);
- Água usada (esgoto bruto) → com a utilização da água, a mesma sofre novas transformações na sua qualidade, vindo a constituir-se em um despejo líquido;
- Esgoto tratado → visando remover os seus principais poluentes, os despejos sofrem um tratamento antes de serem lançados ao corpo receptor. O tratamento dos esgotos é responsável por uma nova alteração na qualidade do líquido; e
- Corpo receptor → o efluente do tratamento dos esgotos atinge o corpo receptor, onde, em virtude da diluição e mecanismos de autodepuração, a qualidade da água volta a sofrer novas modificações.

Ainda quanto aos seus usos, a água pode ser considerada sob três aspectos distintos (Quadro 6):

Quadro 6 – Usos da água sob diferentes aspectos.

Aspectos	Utilidades
Elemento ou Componente físico da natureza.	- manutenção da umidade do ar, da relativa estabilidade do clima na Terra e da beleza de algumas paisagens; - geração de energia; - meio para navegação, pesca e lazer; - transporte de resíduos, despejos líquidos e sedimentos.
Ambiente para a vida aquática.	- ambiente para a vida dos organismos aquáticos.
Fator indispensável à manutenção da vida terrestre.	- irrigação de solos, dessedentação de animais e abastecimento público e industrial.

## 4.2 Quantidade de água

O homem precisa de água com qualidade satisfatória e quantidade suficiente, para satisfazer suas necessidades de alimentação, higiene e outras, sendo um princípio considerar a quantidade de água, do ponto de vista sanitário, de grande importância no controle e na prevenção de doenças.

O volume de água necessário para abastecer uma população é obtido levando em consideração os seguintes aspectos:

### 4.2.1 Parcelas componentes dos diferentes usos da água

#### 4.2.1.1 Demanda de água

a) doméstico:

- bebida;
- cozinha;
- banho;
- lavagem de roupas e utensílios;
- limpeza da casa;
- descarga dos aparelhos sanitários;
- irrigação de jardins; e
- lavagem dos veículos.

## b) comercial:

- hotéis;
- pensões;
- restaurantes;
- estabelecimento de ensinos particulares;
- postos de abastecimento de combustível;
- padarias; e
- açougues.

## c) industrial:

- transformação de matéria-prima;
- entra na composição do produto;
- fins agropecuários; e
- clubes recreativos.

## d) público:

- fontes;
- irrigação de jardins públicos;
- limpeza pública; e
- edifícios públicos.

## e) segurança:

- combate de incêndio.

Independente do uso da água, o desperdício nas unidades de consumo deve ser evitado, sendo necessário o desenvolvimento de estratégias para redução de perdas físicas de água nas unidades de adução, tratamento, reservação, rede de distribuição e ramais prediais.

#### **4.2.2 Consumo médio de água por pessoa por dia**

O consumo *per capita* de uma comunidade é obtido dividindo-se o total de seu consumo de água por dia pelo número total da população servida. A quantidade de água consumida por uma população varia conforme a existência ou não de

abastecimento público, a proximidade de água do domicílio, o clima, os hábitos da população. Havendo abastecimento público, o consumo médio varia ainda com a existência de indústria e de comércio, a qualidade da água e o seu custo.

Nos projetos de abastecimento público de água, o consumo *per capita* adotado varia de acordo com a natureza da cidade e o tamanho da população. Normalmente adota-se as seguintes estimativas de consumo:

#### 4.2.2.1 População abastecida sem ligações domiciliares

Adota-se os seguintes consumos *per capita*:

- abastecida somente com torneiras públicas ou chafarizes, de 30 a 50 litros/(habitante/dia);
- além de torneiras públicas e chafarizes, possuem lavanderias públicas, de 40 a 80 litros/(habitante/dia); e
- abastecidas com torneiras públicas e chafarizes, lavanderias públicas e sanitário ou banheiro público, de 60 a 100 litros/(habitante/dia).

#### 4.2.2.2 Populações abastecidas com ligações domiciliares

Quadro 7 – Consumo *per capita* por faixa de população

População – nº de habitantes	<i>Per capita</i> – L.hab <sup>-1</sup> .d <sup>-1</sup>
até 6.000	De 100 a 150
de 6.000 até 30.000	De 150 a 200
de 30.000 até 100.000	De 200 a 250
acima de 100.000	De 250 a 300

Observação: para população flutuante, adotar o consumo de 100 L.hab<sup>-1</sup>.d<sup>-1</sup>

#### 4.2.3. Fatores que afetam o consumo de água em uma cidade

##### 4.2.3.1 De caráter geral

- tamanho da cidade;
- crescimento da população;
- características da cidade (turística, comercial, industrial);
- tipos e quantidades de indústrias;
- clima; e
- hábitos e situação socio-econômica da população.

#### 4.2.3.2 Fatores específicos

- qualidade de água (sabor, odor, cor);
- custo da água: valor da tarifa;
- a disponibilidade de água;
- a pressão na rede de distribuição;
- percentual de medição da água distribuída; e
- ocorrência de chuvas.

A seguir serão apresentadas discussões a respeito de alguns dos fatores apresentados anteriormente:

- crescimento da população

A experiência tem mostrado que o consumo “per capita” tende a aumentar à medida que aumenta a população da cidade. Entre os fatores determinantes desse fato destacam-se a maior demanda industrial e comercial, logicamente ocorrente, as maiores possibilidades de perdas nas extensas e, muitas vezes, obsoletas redes distribuidoras, e o uso para fins públicos, que podem assumir proporções mais amplas com a prosperidade da administração local e a preocupação em manter e ampliar o serviço de limpeza de pavimentos, edifícios, monumentos e parques.

- natureza da cidade

As cidades industriais destacam-se como as que apresentam maior consumo *per capita*, em consequência dos gastos elevados de água, que geralmente se verificam na maior parte das indústrias. Há entretanto, certas espécies de indústrias em que o consumo não é tão significativo (Indústria de calçados, de móveis, de confecções).

Os agrupamentos tipicamente residenciais como as vilas operárias, cidades satélites de centros industriais e conjuntos habitacionais, são os que apresentam consumo mais baixo, pelo fato de não existir atividade profissional da população que acarrete uma demanda complementar à verificada nas residências.

- Clima

Quanto mais quente a região → maior o consumo. A umidade também exerce influência, sendo maior o consumo em zonas mais secas que nas mais úmidas. De um



modo geral, os valores de consumo médio *per capita* oscilam de 150 L/(hab.dia) para clima semi-frio e úmido, até 300 L/(hab.dia) para clima tropical muito seco.

#### - Influência dos Hábitos e Nível de Vida da População

Os hábitos da população refletem na utilização direta ou indireta da água, tais com em banhos, lavagem de pisos, lavagem de logradouros, irrigação de jardins e de gramados públicos e particulares. Sobre a influência do nível de vida, tem-se como certo que, quanto mais elevado o estágio econômico e social da população, maior o consumo, em decorrência de um maior de utilização da água, resultante do emprego de máquinas de lavar roupa, de lavagem de automóveis e de numerosas outras aplicações que visam trazer conforto e facilidades. O aumento do consumo de água com a elevação do nível de vida, identifica-se com fenômeno que se verifica também com relação ao consumo de energia elétrica.

#### - Medição da água distribuída

A presença de medidores de consumo nas instalações prediais é um fator que muito influencia o consumo de água. A ausência de controle impede que a taxaço seja feita com base no consumo efetivo; conseqüentemente, desaparece o temor de que um gasto exagerado causado por desperdícios e fugas possa ocasionar contas elevadas. Em todas as cidades em que o serviço medido não foi implantado, observa-se que o consumo *per capita* é bem mais alto comparativamente a cidades semelhantes onde há medição, parcial ou total.

#### - Pressão na rede

Quando os aparelhos e torneiras de uma instalação predial são alimentados diretamente pela rede pública na qual reina uma pressão muito elevada, o consumo médio aumenta devido à maior vazão, mesmo com pequena abertura das válvulas e torneiras e, também, devido às maiores fugas ocorrentes na própria rede.

Se alimentação for indireta, isto é, através de reservatórios domiciliares, os defeitos de registros de bóia serão mais freqüentes e ocasionarão, igualmente, perdas de água e, portanto, maior consumo. Por isso, às redes distribuidoras devem trabalhar com pressão tanto quanto possível reduzida, desde que assegure o abastecimento adequado a todos os prédios servidos.

#### 4.2.4 Variações temporais de consumo

No sistema de abastecimento de água ocorrem variações de consumo significativas, que podem ser anuais, mensais, diárias, horárias e instantâneas. No projeto do sistema de abastecimento de água, algumas dessas variações de consumo são levadas em consideração no cálculo do volume a ser consumido. São elas:

a) **variações anuais:** o consumo *per capita* tende a aumentar com o passar do tempo e com o crescimento populacional. Em geral aceita-se um incremento de 1% ao ano no valor desta taxa;

b) **variações mensais:** as variações climáticas (temperatura e precipitação) promovem uma variação mensal do consumo. Quanto mais quente e seco for o clima maior é o consumo verificado. O consumo médio do inverno é aproximadamente 80% da média diária anual e do verão de mais de 25% desta média;

c) **variações diárias:** o volume distribuído num ano dividido por 365 permite conhecer a vazão média diária anual. A relação entre o maior consumo diário verificado e a vazão média diária anual fornece o **coeficiente do dia de maior consumo (k1)**. Assim:

$$k1 = \frac{\text{vazão média do dia de maior consumo}}{\text{vazão média diária anual}}$$

Seu valor varia entre 1,2 e 2,0 dependendo das condições locais (o valor usualmente adotado no Brasil para k1 é 1,20). As normas para projetos adotadas em cada localidade, estado ou região estabelecem o valor do coeficiente do dia de maior consumo a ser adotado nos estudos.

d) **variações horárias:** ao longo do dia tem-se valores distintos de pico de vazões horária. Entretanto haverá uma determinada hora do dia em que a vazão de consumo será máxima. É utilizado o **coeficiente da hora de maior consumo (k2)**, que é a relação entre o máximo consumo horário verificado no dia de maior consumo e o consumo médio horário do dia de maior consumo. O consumo é maior nos horários de refeições e menores no início da madrugada.

A Figura 9 mostra uma curva de variação horária de consumo referente a um bairro da cidade de São Paulo.

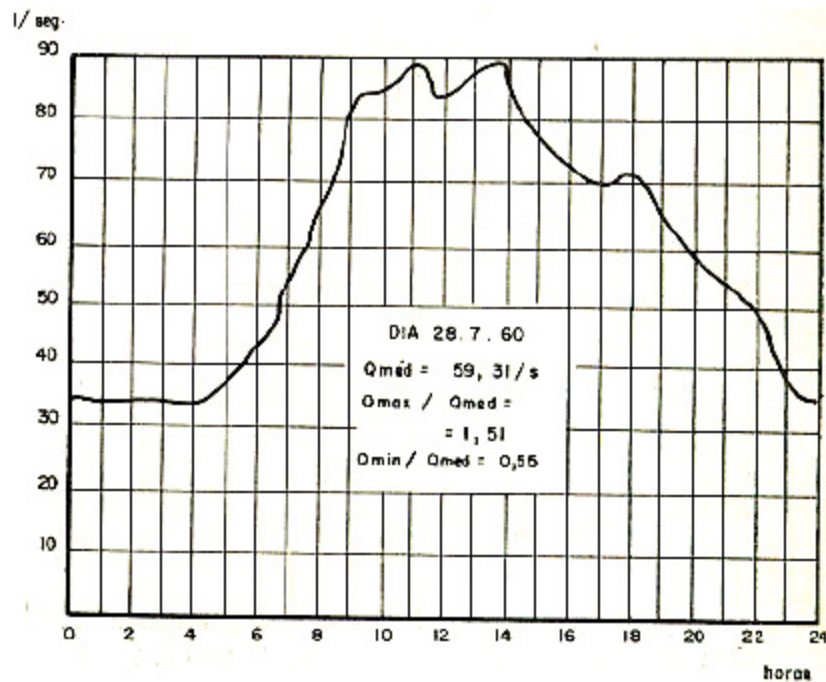


Figura 9 – Curva de variação horária de consumo em um bairro da cidade de São Paulo.

Para o traçado dessa curva é necessário que haja um medidor instalado na saída do reservatório de água para cidade, capaz de registrar ou permitir o cálculo das vazões distribuídas em cada hora. A relação entre a maior vazão horária observada num dia e a vazão média horária do mesmo dia define o coeficiente da hora de maior consumo, ou seja:

$$k_2 = \frac{\text{maior vazão horária do dia}}{\text{vazão média horária do dia}}$$

Observações realizadas em diversas cidades mostram que seu valor também oscila bastante, podendo variar entre 1,5 e 3,0. No entanto, é usual adotar, para fins de projeto, o valor 1,5.

A equação abaixo permite estimar a vazão de abastecimento considerando o consumo médio *per capita* com suas respectivas variações:

$$Q = k_1 \cdot k_2 \cdot \frac{P \cdot q}{86400}$$

em que:

$Q$  = vazão média anual, em  $L \cdot s^{-1}$ ;

$P$  = população da área abastecida; e

$q$  = consumo médio diário *per capita*, em  $L \cdot hab^{-1} \cdot d^{-1}$ .

O coeficiente  $k_1$  é utilizado no cálculo de todas as unidades do sistema, enquanto  $k_2$  é usado apenas no cálculo da rede de distribuição.

#### 4.2.5. Capacidade das unidades

O diagrama apresentado na Figura 10 destaca as vazões a serem consideradas em cada uma das unidades de um sistema de abastecimento de água. Observa-se que todas elas derivam da vazão média ( $\bar{Q}$ ), dada por:

$$\bar{Q} = \frac{P \cdot q}{86400}$$

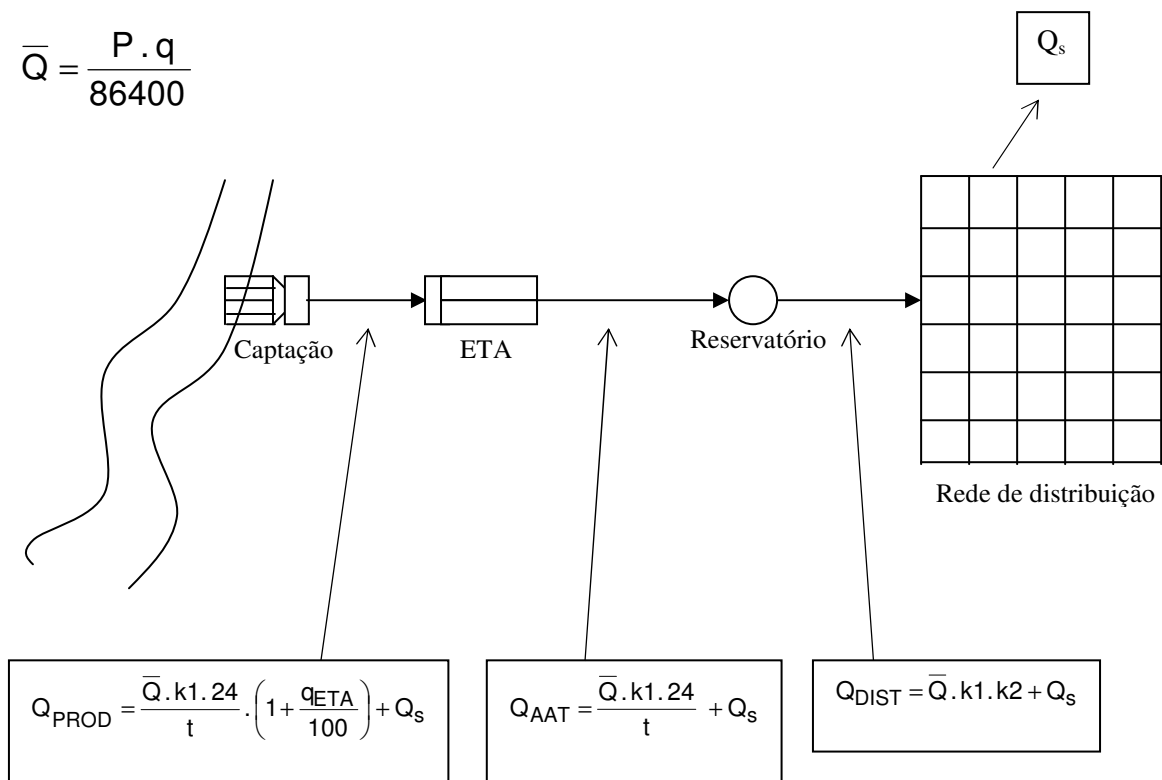


Figura 10 – Diagrama do abastecimento.

em que:

$\bar{Q}$  = vazão média, em  $L \cdot s^{-1}$ ;

- P = população da área abastecida; em hab;  
q = consumo médio diário *per capita*, em  $L.hab^{-1}.d^{-1}$ ;  
 $Q_{PROD}$  = vazão de captação e da ETA, em  $L.s^{-1}$ ;  
 $Q_{AAT}$  = vazão da adutora de água tratada, em  $L.s^{-1}$ ;  
 $Q_{DIST}$  = vazão total de distribuição, em  $L.s^{-1}$ ;  
t = período de funcionamento da produção, em h;  
 $q_{ETA}$  = consumo de água na ETA, em %;  
k1 = coeficiente do dia de maior consumo;  
k2 = coeficiente da hora de maior consumo; e  
 $Q_s$  = vazão singular de grande consumidor, em  $L.s^{-1}$ .

Exemplo: Calcular a vazão das unidades de um sistema de abastecimento de água, considerando os seguintes parâmetros:

- P para dimensionamento das unidades de produção, exceto adutoras (alcance = 10 anos) = 20000 hab;
- P para dimensionamento das unidades de produção, exceto adutoras (alcance = 20 anos) = 25000 hab;
- $q = 200 L.hab^{-1}.d^{-1}$ ;
- t = 16 horas;
- $q_{ETA} = 3\%$
- k1 = 1,2;
- k2 = 1,5; e
- $Q_s = 1,6 L.s^{-1}$ .

#### 4.3 Estimativas de população

Para o projeto do sistema de abastecimento de água, é necessário o conhecimento da população final de plano, bem como da sua evolução ao longo do tempo, para o estudo das etapas de implantação. Os principais métodos utilizados para as projeções populacionais são:

- crescimento aritmético;
- crescimento geométrico;
- regressão multiplicativa;

- taxa decrescente de crescimento;
- curva logística;
- comparação gráfica entre cidades similares;
- método da razão e correlação; e
- previsão com base nos empregos.

Além do estudo para determinação do crescimento da população há a necessidade também de que sejam desenvolvidos estudos sobre a distribuição desta população sobre a área a sanear, pois, principalmente em cidades maiores, a ocupação das áreas centrais, por exemplo, é significativamente diferenciada da ocupação nas áreas periféricas.

Denomina-se população de projeto, à população total a que o sistema deverá atender considerando-se o fim do período de projeto. A determinação da população futura é essencial, pois não se deve projetar um sistema de abastecimento de água ou de coleta de esgotos para beneficiar apenas a população atual de uma cidade com tendência de crescimento contínuo. Esse procedimento, muito provavelmente, inviabilizaria o sistema logo após sua implantação por problemas de subdimensionamento.

Assim se torna prioritário que os sistemas de água ou esgotamento devam ser projetados para funcionarem com eficiência ao longo de um predeterminado número de anos após sua implantação e, por isto, é necessário que o projetista seja bastante criterioso na previsão da população de projeto.

A expressão geral que define o crescimento de uma população ao longo dos anos é

$$P = P_o + (N - M) + (I - E)$$

em que:

P = população após "t" anos, em hab;

P<sub>o</sub> = população inicial, em hab;

N = nascimento no período "t", em hab;

M = mortes, no período "t", em hab;

I = imigrantes no mesmo período, em hab; e

E = emigrantes no período, em hab.

Esta expressão, embora seja uma função dos números intervenientes no crescimento da população, não tem aplicação prática para efeito de previsão devido a complexidade do fenómeno, o qual está na dependência de fatores políticos, económicos e sociais. Para que estas dificuldades sejam contornadas, várias hipóteses simplificadoras têm sido expostas para obtenção de resultados confiáveis e, acima de tudo, justificáveis.

Logicamente não havendo fatores notáveis de perturbações, como longos períodos de estiagem, guerras, etc, ou pelo contrário, o surgimento de um fator acelerador de crescimento como, por exemplo, a instalação de um pólo industrial, pode-se considerar que o crescimento populacional apresenta três fases distintas:

**1ª fase** - crescimento rápido quando a população é pequena em relação aos recursos regionais;

**2ª fase** - crescimento linear em virtude de uma relação menos favorável entre os recursos económicos e a população; e

**3ª fase** - taxa de crescimento decrescente com o núcleo urbano aproximando-se do limite de saturação, tendo em vista a redução dos recursos e da área de expansão.

Na primeira fase **ocorre o crescimento geométrico** que pode ser expresso da seguinte forma :

$$P = P_0 \cdot (1 + g)^{\Delta t}$$

em que:

P = população prevista, em hab;

P<sub>0</sub> = população inicial do projeto, em hab;

Δt = intervalo de anos da previsão; em anos; e

g = taxa de crescimento geométrico que pode ser obtida através de pares conhecidos (ano T<sub>i</sub>, população P<sub>i</sub>), da seguinte forma :

$$g = (P_2 - P_1)^{\frac{1}{(T_2 - T_1)}} - 1$$

Na segunda fase o acréscimo de população deverá ter **características lineares** ao longo do tempo e será expresso assim :

$$P = P_0 + a \cdot \Delta t$$

em que:

$a$  = taxa de crescimento aritmético obtida pela razão entre o crescimento da população em um intervalo de tempo conhecido e este intervalo de tempo, ou seja:

$$a = \frac{P_2 - P_1}{T_2 - T_1}$$

Na terceira fase os acréscimos de população tornam-se decrescentes ao longo do tempo e proporcionais a diferença entre população efetiva  $P_e$  e a população máxima de subsistência na região,  $P_s$  (população de saturação). Esta relação é expressa da seguinte maneira:

$$P_e = \frac{P_s}{1 + e^{a + b \cdot t}} \quad \text{que é conhecida como **equação da curva logística** e cuja$$

representação gráfica encontra-se representada na Figura 11.

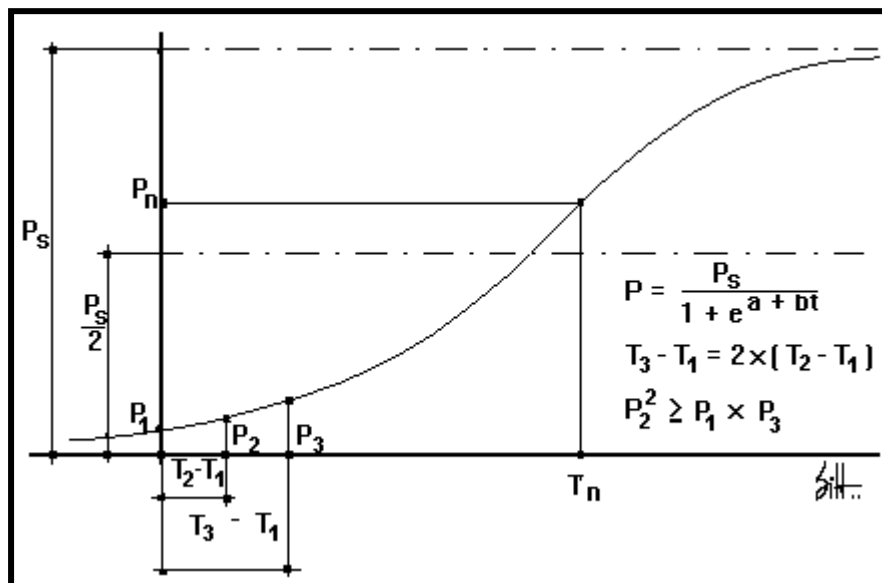


Figura 11 – Curva logística de crescimento da população.



Deve-se observar, no entanto, que o progresso técnico pode alterar a população máxima prevista para um determinado conglomerado urbano, sendo um complicador a mais a ser avaliado em um estudo para determinação do crescimento da população. Para aplicação o valor de “a” deve-se dispor de três dados de populações correspondentes a três censos anteriores recentes e equidistantes, ou seja, três pares  $(T_1, P_1)$ ,  $(T_2, P_2)$  e  $(T_3, P_3)$  de modo que :

$$(T_3 - T_1) = 2 (T_2 - T_1) , \quad P_1 < P_2 < P_3 \text{ e } P_2^2 > P_3 \cdot P_1.$$

Feitas essas verificações calculam-se:

$$P_s = \frac{P_2^2 \cdot (P_1 + P_3) - 2 \cdot P_1 \cdot P_2 \cdot P_3}{P_2^2 - (P_1 \cdot P_3)}$$

$$a = \ln \left[ \frac{(P_s - P_1)}{P_1} \right]$$

$$b = \frac{1}{(T_2 - T_1)} \cdot \ln \left[ \frac{P_1 \cdot (P_s - P_2)}{P_2 \cdot (P_s - P_1)} \right]$$

Exemplo: Verificar a possibilidade da utilização do método da curva logística. Calcular a população de saturação e verificar a população para os intervalos:  $\Delta t = 0$  anos,  $\Delta t = 20$  anos,  $\Delta t = 50$  anos e  $\Delta t =$  futuro infinito; para uma cidade fictícia segundo os resultados dos últimos três censos, conforme o seguinte quadro:

Ano do Censo	População (habitantes)
1970	274 403
1980	375 766
1990	491 199

Para as condições Brasileiras, a dificuldade de obtenção de dados confiáveis que constituam uma série histórica de população, principalmente em municípios pequenos no interior do Brasil, dificulta sobremaneira a adoção do método logístico. Assim, na ausência de dados confiáveis usualmente **adota-se o método de crescimento geométrico**, com taxas similares às verificadas nos municípios maiores e, que apresentem condições sócio–econômicas parecidas.

#### 4.4 Qualidade de água

Na ótica da Engenharia Ambiental, o conceito de qualidade da água é muito mais amplo do que a simples caracterização da água pela fórmula molecular  $H_2O$ . Isto porque a água, devido às suas propriedades de solvente e à sua capacidade de transportar partículas, incorpora a si diversas impurezas, as quais definem a sua própria qualidade.

A qualidade da água é resultante de fenômenos naturais e da atuação do homem. De modo geral, pode-se dizer que a qualidade de uma determinada água é função do uso e da ocupação do solo na bacia hidrográfica. Tal se deve aos seguintes fatores:

- Condições naturais: mesmo com a bacia hidrográfica preservada nas suas condições naturais, a qualidade das águas subterrâneas é afetada pelo escoamento superficial e pela infiltração no solo, resultantes da precipitação atmosférica. O impacto nas mesmas é dependente do contato da água em escoamento ou infiltração com as partículas, substâncias e impurezas no solo. Assim, a incorporação de sólidos em suspensão (ex.: partículas de solo) ou dissolvidos (ex.: íons oriundos da dissolução de rochas) ocorre, mesmo na condição em que a bacia hidrográfica esteja totalmente preservada em suas condições naturais (ex.: ocupação do solo com matas e florestas). Neste caso, tem grande influência a cobertura e a composição do solo; e
- Interferência do homem: a interferência do homem quer de uma forma concentrada, como na geração de despejos domésticos ou industriais, quer de uma forma dispersa, como na aplicação de defensivos agrícolas no solo, contribui na introdução de compostos na água, afetando a sua qualidade. Portanto, a forma em que o homem usa e ocupa o solo tem uma implicação direta na qualidade da água.

A Figura 12 apresenta um exemplo de possíveis inter-relações entre o uso e ocupação do solo e a geração de agentes alteradores da qualidade da água de rios e lagos. O controle da qualidade da água está associado a um planejamento global, com relação a toda bacia hidrográfica, e não individualmente, por agente alterador.

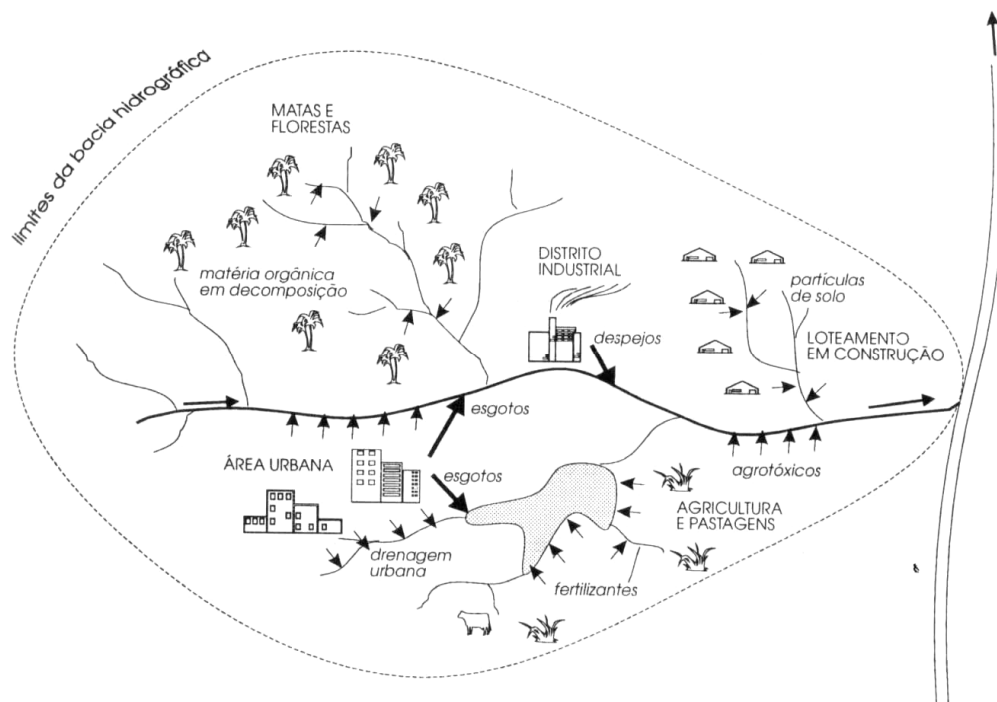


Figura 12 - Exemplos de inter-relação entre uso e ocupação do solo e agentes alteradores da qualidade da água em uma bacia hidrográfica.

Em contraposição à qualidade existente de uma determinada água, tem-se a qualidade desejável para esta água. A qualidade desejável para uma determinada água é função do seu uso previsto. São diversos os usos previstos para uma água, os quais são listados no Item 4.2.1. Em resumo, tem-se:

- qualidade de uma água existente: função do uso e da ocupação do solo na bacia hidrográfica; e
- qualidade desejável para uma água: função do uso previsto para a água.

Dentro do enfoque do presente texto, o estudo da qualidade da água é fundamental, tanto para se caracterizar as conseqüências de uma determinada atividade poluidora quanto para se estabelecer os meios para que se satisfaça determinado uso da água.

#### 4.4.1 Impurezas encontradas na água

##### - Características das impurezas

A água não é encontrada pura na natureza. Ao cair em forma de chuva, por exemplo, já carrega impurezas do próprio ar. Ao atingir o solo seu grande poder de dissolver e carrear substâncias altera ainda mais suas qualidades.

Entre o material dissolvido encontram-se as mais variadas substâncias como, por exemplo, substâncias calcárias e magnesianas que tornam a água dura; substâncias ferruginosas, que dão cor e sabor diferentes à mesma e substâncias resultantes das atividades humanas, tais como produtos industriais, que a tornam imprópria ao consumo. Por sua vez, a água pode carrear substâncias em suspensão, tais como partículas finas dos terrenos por onde passa e que dão turbidez à mesma; pode também carrear organismos, como algas que modificam o seu odor e gosto, além de liberar toxinas (como as cianobactérias), ou ainda, quando passa sobre terrenos sujeitos à atividade humana, pode levar em suspensão microorganismos patogênicos.

Os diversos componentes presentes na água, e que alteram o seu grau de pureza, podem ser retratados, de uma maneira ampla e simplificada, em termos das suas características físicas, químicas e biológicas. Estas características podem ser traduzidas na forma de parâmetros de qualidade da água e podem ser expressas como:

- características físicas: as impurezas enfocadas do ponto de vista físico estão associadas, em sua maior parte, aos sólidos presentes na água. Estes sólidos podem ser em suspensão, coloidais ou dissolvidos, dependendo do seu tamanho;
- características químicas: as características químicas de uma água podem ser interpretadas através de uma das duas classificações: matéria orgânica ou inorgânica; e
- características biológicas: os seres presentes na água podem ser vivos ou mortos. Dentre os seres vivos, tem-se os pertencentes aos reinos animal e vegetal, além dos protistas.

A Figura 13 apresenta de forma diagramática estas inter-relações. Os principais tópicos são explicados em maior detalhe nos itens seguintes.

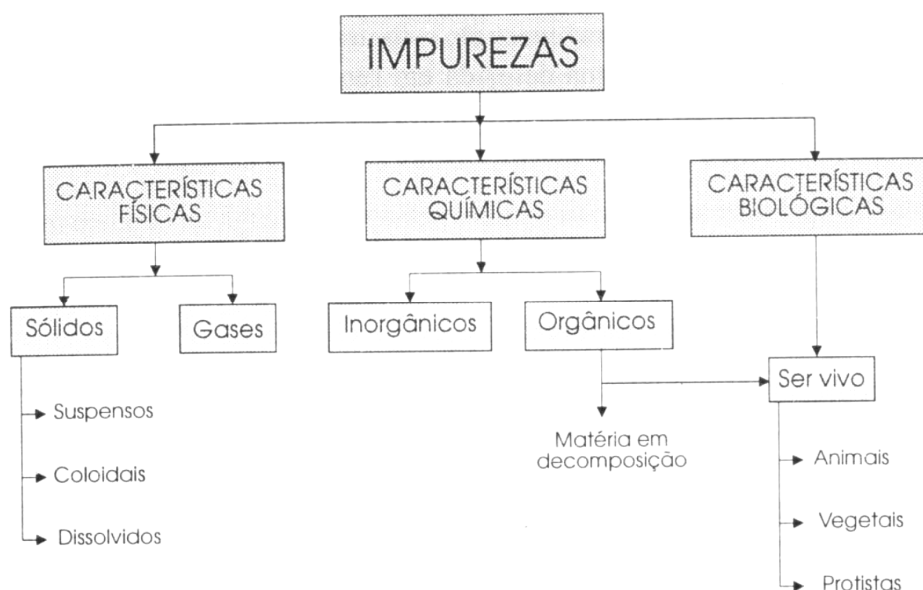


Figura 13 – Impurezas contidas na água.

Antes de se proceder à análise dos diversos parâmetros de qualidade da água, apresenta-se uma introdução a dois tópicos de fundamental importância: sólidos presentes na água e organismos presentes na água.

#### 4.4.1.1 Sólidos presentes na água

Todos os contaminantes da água, com exceção dos gases dissolvidos, contribuem para a carga de sólidos. Por esta razão, os sólidos são analisados separadamente, antes de se apresentar os diversos parâmetros de qualidade da água. Simplificadamente, os sólidos podem ser classificados de acordo com (a) as suas características físicas (tamanho e estado) ou (b) as suas características químicas.

##### a) classificação pelas características físicas

- sólidos em suspensão
- sólidos coloidais
- sólidos dissolvidos

A divisão dos sólidos por tamanho é sobretudo uma divisão prática. Por convenção, diz-se que as partículas de menores dimensões, capazes de passar por um papel de filtro de tamanho especificado correspondem aos *sólidos dissolvidos*, enquanto que as de maiores dimensões, retidas pelo filtro são consideradas *sólidos em suspensão*. A

rigor, os termos *sólidos filtráveis* e *sólidos não filtráveis* são mais adequados. Numa faixa intermediária situam-se os *sólidos coloidais*, de grande importância no tratamento da água, mas de difícil identificação pelos métodos simplificados de filtração em papel. Nos resultados das análises de água, a maior parte dos sólidos coloidais entra como sólidos dissolvidos, e o restante como sólidos em suspensão.

A Figura 14 mostra a distribuição das partículas segundo o tamanho. De maneira geral, são considerados como sólidos dissolvidos aqueles com diâmetro inferior a  $10^{-3}$   $\mu\text{m}$ , como sólidos coloidais aqueles com diâmetro entre  $10^{-3}$   $\mu\text{m}$  e  $10$   $\mu\text{m}$ , e como sólidos em suspensão aqueles com diâmetro superior a  $10$   $\mu\text{m}$ .

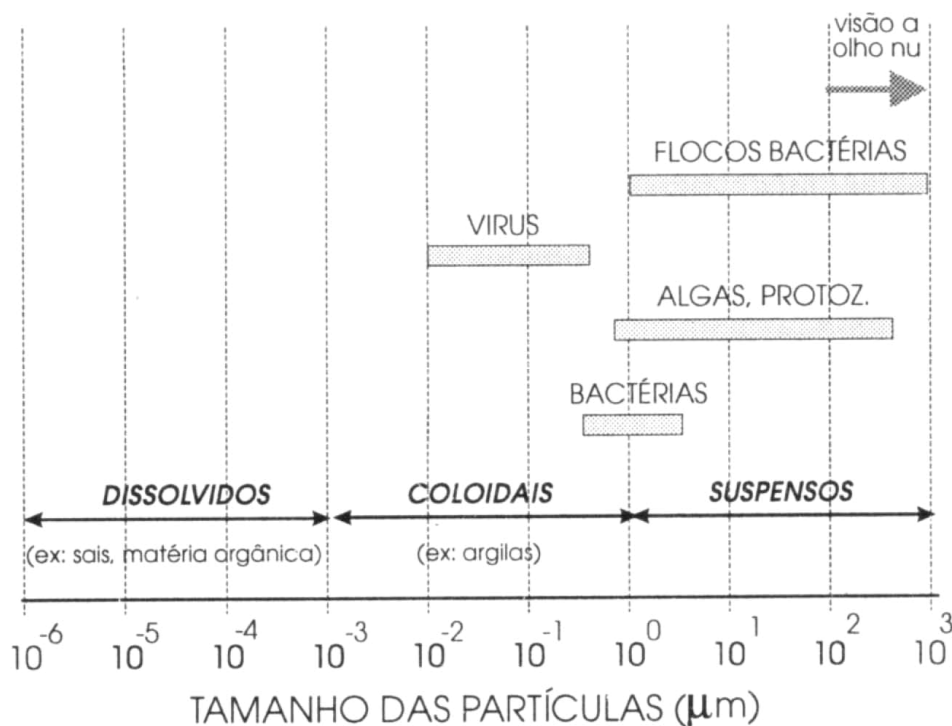


Figura 14 – Classificação e tamanho dos sólidos em função do tamanho.

b) classificação pelas características químicas

- sólidos orgânicos
- sólidos inorgânicos

Ao se submeter os sólidos a uma temperatura elevada ( $550^{\circ}\text{C}$ ), a fração orgânica é volatilizada, permanecendo após combustão apenas a fração inorgânica. Os sólidos voláteis representam portanto uma estimativa da matéria orgânica nos sólidos, ao passo que os sólidos não voláteis (fixos) representam a matéria inorgânica ou mineral.

#### 4.4.1.2 Organismos presentes na água

A microbiologia é o ramo da biologia que trata dos microrganismos. Em termos da avaliação da qualidade da água, os microrganismos assumem um papel de maior importância dentre os seres vivos, devido à sua grande predominância em determinados ambientes, à sua atuação nos processos de depuração dos despejos ou à sua associação com as doenças ligadas à água.

Alguns grupos de microrganismos têm propriedades em comum com os vegetais, enquanto outros possuem algumas características de animais. Tradicionalmente, a classificação dos seres vivos apresentava como os dois grandes reinos (Vegetal e Animal), tendo-se grupos de microrganismos presentes em cada uma destas grandes subdivisões. Os microrganismos pertencem, de maneira geral, ao reino dos protistas, cujos principais são as bactérias, as algas, os fungos, os protozoários, os vírus e os helmintos. O Quadro seguinte apresenta a descrição desses microrganismos.

Quadro 8 – Descrição de alguns microrganismos

Microorganismo	Descrição
Bactérias	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Organismos monera unicelulares</li> <li>- Apresentam-se em várias formas e tamanhos,</li> <li>- São os principais responsáveis pela estabilização da matéria orgânica.</li> <li>- Algumas bactérias são patogênicas, causando principalmente doenças intestinais.</li> </ul>
Algas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Organismos autotróficos, fotossintetizantes, contendo clorofila.</li> <li>- Importantes na produção de oxigênio nos corpos d'água e em alguns processos de tratamento de esgotos</li> <li>- Em lagos e represas, podem proliferar em excesso, causando uma deterioração da qualidade da água</li> </ul>
Fungos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Organismos aeróbios, multicelulares, não fotossintéticos, heterotróficos.</li> <li>- Também de grande importância na decomposição da matéria orgânica.</li> <li>- Podem crescer em condições de baixo pH.</li> </ul>
Protozoários	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Organismos unicelulares sem parede celular</li> <li>- A maioria é aeróbia ou facultativa</li> <li>- Alimentam-se de bactérias, algas e outros microrganismos.</li> <li>- São essenciais no tratamento biológico para a manutenção de um equilíbrio entre os diversos grupos</li> <li>- Alguns são patogênicos</li> </ul>
Vírus	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Organismos parasitas, formados pela associação de material genético (DNA ou RNA) e uma carapaça proteica.</li> <li>- Causam doenças e podem ser de difícil remoção no tratamento da água ou do esgoto</li> </ul>

Helmintos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Animais superiores</li> <li>- Ovos de helmintos presentes nos esgotos podem causar doenças</li> </ul>
-----------	--

#### 4.4.2 Parâmetros de qualidade da água

As características da água podem ser traduzidas na forma de seus parâmetros de qualidade e podem ser expressos como parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos e hidrobiológicos.

##### 4.4.2.1 Parâmetros físicos

###### a) Cor

- Conceito: Responsável pela coloração na água
- Forma do constituinte responsável: Sólidos dissolvidos
- Origem natural:
  - Decomposição da matéria orgânica
  - Ferro e manganês
- Origem antropogênica:
  - Resíduos industriais (ex.: tinturarias, tecelagem, produção de papel);
  - Esgotos domésticos
- Importância:
  - Origem natural: não representa risco direto 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;
  - Origem industrial: pode ou não apresentar toxicidade
- Utilização mais freqüente do parâmetro:
  - Caracterização de águas de abastecimento brutas e tratadas
- Unidade: uH (Unidade Hazen - padrão de platina-cobalto)
- Interpretação dos resultados:
  - Deve-se distinguir entre *cor aparente* e *cor verdadeira*. No valor da cor aparente pode estar incluída uma parcela devida à turbidez da água. Quando esta é removida por centrifugação, obtém-se a cor verdadeira;
  - Em termos de tratamento e abastecimento público de água:



- valores de cor da água bruta inferiores a 5 uH usualmente dispensam a coagulação química; valores superiores a 25 uH usualmente requerem a coagulação química seguida por filtração
- águas com cor elevada implicam em um mais delicado cuidado operacional no tratamento da água

#### b) Turbidez

- Conceito: a turbidez representa o grau de interferência com a passagem da luz através da água, conferindo uma aparência turva à mesma;
- Forma do constituinte responsável: Sólidos em suspensão;
- Origem natural:
  - Partículas de rocha, argila e silte
  - Algas e outros microrganismos
- Origem antropogênica:
  - Despejos domésticos
  - Despejos industriais
  - Microrganismos
  - Erosão
- Importância:
  - Origem natural: não traz inconvenientes sanitários diretos. Porém, é esteticamente desagradável na água potável, e os sólidos em suspensão podem servir de abrigo para microrganismos 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 da luz, prejudicando a fotossíntese
- Utilização mais freqüente do parâmetro:
  - Caracterização de águas de abastecimento brutas e tratadas
  - Controle da operação das estações de tratamento de água
- Unidade: uT (Unidade de Turbidez - unidade de Jackson ou nefelométrica)
- Interpretação dos resultados:
  - Em termos de tratamento e abastecimento público de água:

- numa água com turbidez igual a 10 uT → ligeira nebulosidade pode ser notada; com turbidez igual a 500 uT → a água é praticamente opaca
- valores de turbidez da água bruta inferiores a 20 uT podem ser dirigidas diretamente para a filtração lenta, dispensando a coagulação química; valores superiores a 50 uT requerem uma etapa antes da filtração, que pode ser a coagulação química ou um pré-filtro grosseiro

### c) Sabor e odor

- Conceito: O sabor é a interação entre o gosto (salgado, doce, azedo e amargo) e o odor (sensação olfativa);
- Forma do constituinte responsável: Sólidos em suspensão, sólidos dissolvidos gases dissolvidos
- Origem natural:
  - Matéria orgânica em decomposição
  - Microrganismos (ex.: algas)
  - Gases dissolvidos (ex.: gás sulfídrico H<sub>2</sub>S)
- Origem antropogênica:
  - Despejos domésticos
  - Despejos industriais
  - Gases dissolvidos (ex.: H<sub>2</sub>S)
- Importância:
  - Não representa risco à saúde, mas consumidores podem questionar a sua confiabilidade, e buscar águas de maior risco. Representa a maior causa de reclamações dos consumidores
- utilização mais freqüente do parâmetro:
  - Caracterização de águas de abastecimento brutas e tratadas
- Unidade: Concentração limite mínima detectável
- Interpretação dos resultados:
  - Na interpretação dos resultados, são importantes a identificação e a vinculação com a origem do sabor e do odor

### d) Temperatura

- Conceito: Medição da intensidade de calor

- Origem natural:
  - Transferência de calor por radiação, condução e convecção (atmosfera e solo)
- Origem antropogênica:
  - Águas de torres de resfriamento
  - Despejos industriais
- Importância:
  - 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);
- Utilização mais freqüente do parâmetro:
  - Caracterização de corpos d'água
  - Caracterização de águas residuárias brutas
- Unidade: °C
- Interpretação dos resultados:
  - Em termos de corpos d' água:
    - A temperatura deve ser analisada em conjunto com outros parâmetros, tais como oxigênio dissolvido
  - Em termos de tratamento de águas residuárias
    - A temperatura deve proporcionar condições para as reações bioquímicas de remoção dos poluentes

#### 4.4.2.2 Parâmetros químicos

##### a) pH

- Conceito: Potencial hidrogeniônico. Representa a concentração de íons hidrogênio  $H^{4+}$  (em escala anti-logarítmica), dando uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. A faixa de pH é de 0 a 14.
- Forma do constituinte responsável: Sólidos dissolvidos, gases dissolvidos

- Origem natural:
  - Dissolução de rochas
  - Absorção de gases da atmosfera
  - Oxidação da matéria orgânica
  - Fotossíntese
- Origem antropogênica:
  - Despejos domésticos (oxidação da matéria orgânica)
  - Despejos industriais (ex.: lavagem ácida de tanques)
- Importância:
  - É importante em diversas etapas do tratamento da água (coagulação, desinfecção, controle da corrosividade, remoção da dureza)
  - pH baixo: corrosividade e agressividade nas águas de abastecimento
  - pH elevado: possibilidade de incrustações nas águas de abastecimento
  - valores de pH afastados da neutralidade: podem afetar a vida aquática (ex.: peixes) e os microrganismos responsáveis pelo tratamento biológico dos esgotos
- Utilização mais freqüente do parâmetro:
  - Caracterização de águas de abastecimento brutas e tratadas
  - Caracterização de águas residuárias brutas
  - Controle da operação de estações de tratamento de água (coagulação e grau de incrustabilidade/corrosividade)
  - Controle da operação de estações de tratamento de esgotos (digestão anaeróbia)
  - Caracterização de corpos d'água
- Unidade:
- Interpretação dos resultados:
  - Geral:
    - pH < 7: condições ácidas
    - pH = 7: neutralidade
    - pH > 7: condições básicas
  - Em termos de tratamento e abastecimento público de água:
    - diferentes valores de pH estão associados a diferentes faixas de atuação ótima de coagulantes;
    - freqüentemente o pH necessita ser corrigido antes e/ou depois da adição de produtos químicos no tratamento;

- ver Alcalinidade e Acidez.
  
- Em termos de tratamento de águas residuárias
  - valores de pH afastados da neutralidade tendem a afetar as taxas de crescimento dos microrganismos
  
- Em termos de corpos d'água
  - valores elevados de pH podem estar associados à proliferação de algas

#### b) Alcalinidade

- Conceito: Quantidade de íons na água que reagirão para neutralizar os íons hidrogênio. É uma medição da capacidade da água de neutralizar os ácidos (capacidade de resistir às mudanças de pH: capacidade tampão). Os principais constituintes da alcalinidade são os bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ), carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) e os hidróxidos ( $\text{OH}^-$ ). A distribuição entre as três formas na água é função do pH.
- Forma do constituinte responsável: Sólidos dissolvidos
- Origem natural:
  - Dissolução de rochas
  - Reação do  $\text{CO}_2$  com a água ( $\text{CO}_2$  resultante da atmosfera ou da decomposição da matéria orgânica)
- Origem antropogênica:
  - Despejos industriais Importância:
    - Não tem significado sanitário para a água potável, mas em elevadas concentrações confere um gosto amargo para a água;
    - É uma determinação importante no controle do tratamento de água, estando relacionada com a coagulação, redução de dureza e prevenção da corrosão em tubulações
    - É uma determinação importante no tratamento de esgotos, quando há evidências de que a redução do pH pode afetar os microrganismos responsáveis pela depuração
- Utilização mais freqüente do parâmetro:
  - Caracterização de águas de abastecimento brutas e tratadas
  - Caracterização de águas residuárias brutas

- Controle da operação de estações de tratamento de água (coagulação e grau de incrustabilidade/corrosividade)
- Unidade:  $\text{mg.L}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3$
- Interpretação dos resultados:
  - Em termos de tratamento e abastecimento público de água
    - a alcalinidade, o pH e o teor de gás carbônico estão interrelacionados
    - pH > 9,4: hidróxidos e carbonatos
    - pH entre 8,3 e 9,4: carbonatos e bicarbonatos
    - pH entre 4,4 e 8,3: apenas bicarbonato
  - Em termos de tratamento de águas residuárias
    - processos oxidativos (como a nitrificação) tendem a consumir alcalinidade, a qual, caso atinja baixos teores, pode dar condições a valores reduzidos de pH, afetando a própria taxa de crescimento dos microrganismos responsáveis pela oxidação

### c) Acidez

- Conceito: Capacidade da água em resistir às mudanças de pH causadas pelas bases. É devida principalmente à presença de gás carbônico livre (pH entre 4,5 e 8,2).
- Forma do constituinte responsável: Sólidos dissolvidos e gases dissolvidos ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ )
- Origem natural:
  - $\text{CO}_2$  absorvido da atmosfera ou resultante da decomposição da matéria orgânica
  - Gás sulfídrico
- Origem antropogênica:
  - Despejos industriais (ácidos minerais ou orgânicos)
  - Passagem da água por minas abandonadas, vazadouros de mineração e das borras de minério
- Importância:
  - Tem pouco significado sanitário
  - Águas com acidez mineral são desagradáveis ao paladar, sendo recusadas
  - Responsável pela corrosão de tubulações e materiais
- Utilização mais freqüente do parâmetro:

- Caracterização de águas de abastecimento (inclusive industriais) brutas e tratadas
- Unidade:  $\text{mg.L}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3$
- Interpretação dos resultados:
  - Em termos de tratamento e abastecimento público de água
    - o teor de  $\text{CO}_2$  livre (diretamente associado à acidez), a alcalinidade e o pH estão interrelacionados
    - $\text{pH} > 8,2$ :  $\text{CO}_2$  livre ausente
    - $\text{pH}$  entre 4,5 e 8,2: acidez carbônica
    - $\text{pH} < 4,5$ : acidez por ácidos minerais fortes (usualmente resultantes de despejos industriais)

#### d) Dureza

- Conceito: Concentração de cátions multimetálicos em solução. Os cátions mais freqüentemente associados à dureza são os cátions bivalentes  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ . Em condições de supersaturação, esses cátions reagem com ânions na água, formando precipitados. A dureza pode ser classificada como *dureza carbonato* e *dureza não carbonato*, dependendo do ânion com a qual ela está associada. A dureza correspondente à alcalinidade é denominada dureza carbonato, enquanto que as demais formas são caracterizadas como dureza não carbonato. A dureza carbonato é sensível ao calor, precipitando-se em elevadas temperaturas.
- Forma do constituinte responsável: Sólidos dissolvidos
- Origem natural:
  - Dissolução de minerais contendo cálcio e magnésio (ex.: rochas calcárias).
- Origem antropogênica:
  - Despejos industriais
- Importância:
  - Não há evidências de que a dureza cause problemas sanitários, e alguns estudos realizados em áreas com maior dureza indicaram uma menor incidência de doenças cardíacas
  - Em determinadas concentrações, causa um sabor desagradável e pode ter efeitos laxativos
  - Reduz a formação de espuma, implicando num maior consumo de sabão

- Causa incrustação nas tubulações de água quente, caldeiras e aquecedores (devido à maior precipitação nas temperaturas elevadas)
- Utilização mais freqüente do parâmetro:
  - Caracterização de águas de abastecimento (inclusive industriais) brutas e tratadas
- Unidade:  $\text{mg.L}^{-1} \text{CaCO}_3$
- Interpretação dos resultados:
  - Em termos de tratamento e abastecimento público de água
    - dureza  $< 50 \text{ mg.L}^{-1} \text{CaCO}_3$ : água mole
    - dureza entre 50 e 150  $\text{mg.L}^{-1} \text{CaCO}_3$ : dureza moderada
    - dureza entre 150 e 300  $\text{mg.L}^{-1} \text{CaCO}_3$ : água dura
    - dureza  $> 300 \text{ mg.L}^{-1} \text{CaCO}_3$ : água muito dura

#### e) Ferro e manganês

- Conceito: O ferro e o manganês estão presentes nas formas insolúveis ( $\text{Fe}^{3+}$  e  $\text{Mn}^{4+}$ ) numa grande quantidade de tipos de solos. Na ausência de oxigênio dissolvido (ex.: água subterrânea ou fundo de lagos), eles se apresentam na forma solúvel ( $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{Mn}^{2+}$ ). Caso a água contendo as formas reduzidas seja exposta ao ar atmosférico (ex.: na torneira do consumidor), o ferro e o manganês voltam a se oxidar às suas formas insolúveis ( $\text{Fe}^{3+}$  e  $\text{Mn}^{4+}$ ), o que pode causar cor na água, além de manchar roupas durante a lavagem.
- Forma do constituinte responsável: Sólidos em suspensão ou dissolvidos
- Origem natural:
  - Dissolução de compostos do solo
- Origem antropogênica:
  - Despejos industriais
- Importância:
  - Tem pouco significado sanitário nas concentrações usualmente encontradas nas águas naturais
  - Em pequenas concentrações causam problemas de cor na água
  - Em certas concentrações, podem causar sabor e odor (mas, nessas concentrações, o consumidor já rejeitou a água, devido à cor)
- Utilização mais freqüente do parâmetro:
  - Caracterização de águas de abastecimento brutas e tratadas



Unidade: mg.L<sup>-1</sup>

f) Cloretos

- Conceito: Todas as águas naturais, em maior ou menor escala, contêm íons resultantes da dissolução de minerais. Os cloretos (Cl<sup>-</sup>) são advindos da dissolução de sais (ex.: cloreto de sódio).
- Forma do constituinte responsável: Sólidos dissolvidos
- Origem natural:
  - Dissolução de minerais
  - Intrusão de águas salinas
- Origem antropogênica:
  - Despejos domésticos
  - Despejos industriais
  - Águas utilizadas em irrigação
- Importância:
  - Em determinadas concentrações imprime um sabor salgado à água
- Utilização mais freqüente do parâmetro:
  - Caracterização de águas de abastecimento brutas
- Unidade: mg.L<sup>-1</sup>

g) Nitrogênio

- Conceito: Dentro do ciclo do nitrogênio na biosfera, este alterna-se entre várias formas e estados de oxidação. No meio aquático, o nitrogênio pode ser encontrado nas seguintes formas: (a) nitrogênio molecular (N<sub>2</sub>), escapando para a atmosfera, (b) nitrogênio orgânico (dissolvido e em suspensão), (c) amônia, (d) nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) e (e) nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>).
- Forma do constituinte responsável: Sólidos em suspensão e sólidos dissolvidos
- Origem natural:
  - Constituinte de proteínas, clorofila e vários outros compostos biológicos
- Origem antropogênica:
  - Despejos domésticos

- Despejos industriais
- Excrementos de animais
- Fertilizantes
- Importância:
  - O nitrogênio na forma de nitrato está associado a doenças como a metahemoglo-binemia (síndrome do bebê azul)
  - O nitrogênio é um elemento indispensável para o crescimento de algas e, quando em elevadas concentrações em lagos e represas, pode conduzir a um crescimento exagerado desses organismos (processo denominado *Eutrofização*)
  - O nitrogênio, nos processos bioquímicos de conversão da amônia a nitrito e deste a nitrato, implica no consumo de oxigênio dissolvido do meio (o que pode afetar a vida aquática)
  - O nitrogênio na forma de amônia livre é diretamente tóxico aos peixes
  - O nitrogênio é um elemento indispensável para o crescimento dos microrganismos responsáveis pelo tratamento de esgotos
  - Os processos de conversão do nitrogênio têm implicações na operação das estações de tratamento de esgotos
  - Em um corpo d'água, a determinação da forma predominante do nitrogênio pode fornecer informações sobre o estágio da poluição (poluição recente está associada ao nitrogênio na forma orgânica ou de amônia, enquanto uma poluição mais remota está associada ao nitrogênio na forma de nitrato)
- Utilização mais freqüente do parâmetro:
  - Caracterização de águas de abastecimento brutas e tratadas
  - Caracterização de águas residuárias brutas e tratadas
  - Caracterização de corpos d'água
- Unidade: mg.L<sup>-1</sup>

#### h) Fósforo

Conceito: O fósforo na água apresenta-se principalmente nas formas de *ortofosfato*, *polifosfato* e *fósforo orgânico*. Os *ortofosfatos* são diretamente disponíveis para o metabolismo biológico sem necessidade de conversões a formas mais simples. As formas em que os ortofosfatos se apresentam na água ( $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ )

dependem do pH, sendo a mais comum na faixa usual de pH o  $\text{HPO}_4^{2-}$ . Os *polifosfatos* são moléculas mais complexas com dois ou mais átomos de fósforo. O *fósforo orgânico* é normalmente de menor importância.

- Forma do constituinte responsável: Sólidos em suspensão e sólidos dissolvidos
- Origem natural:
  - dissolução de compostos do solo
  - decomposição da matéria orgânica
- Origem antropogênica:
  - Despejos domésticos
  - Despejos industriais
  - Detergentes
  - Excrementos de animais
  - Fertilizantes
- Importância:
  - O fósforo não apresenta problemas de ordem sanitária nas águas de abastecimento.
  - O fósforo é um elemento indispensável para o crescimento de algas e, quando em elevadas concentrações em lagos e represas, pode conduzir a um crescimento exagerado desses organismos (eutrofização)
  - O fósforo é um nutriente essencial para o crescimento dos microrganismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica
- Utilização mais freqüente do parâmetro:
  - Caracterização de águas residuárias brutas e tratadas
  - Caracterização de corpos d'água
- Unidade:  $\text{mg.L}^{-1}$
- Interpretação dos resultados:
  - Em termos de tratamento de águas residuárias
    - é necessário um adequado balanço C:N:P no esgoto para o desenvolvimento dos microrganismos
    - em lançamentos a montante de represas com problemas de eutrofização, freqüentemente se limita o P total em  $1,0 \text{ mg.L}^{-1}$
  - Em termos dos corpos d'água
    - os seguintes valores de P total podem ser utilizados como indicativos aproximados do estado de eutrofização de lagos (lagos tropicais

provavelmente aceitam concentrações superiores): (a)  $P < 0,01-0,02$   $\text{mg.L}^{-1}$ : não eutrófico; (b)  $P$  entre  $0,01-0,02$  e  $0,05$   $\text{mg.L}^{-1}$ : estágio intermediário; (c)  $P > 0,05$   $\text{mg.L}^{-1}$ : eutrófico

i) Oxigênio dissolvido

- Conceito: O oxigênio dissolvido (OD) é de essencial importância para os organismos *aeróbios* (que vivem na presença de oxigênio). Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios, podendo vir a causar uma redução da sua concentração no meio. Dependendo da magnitude deste fenômeno, podem vir a morrer diversos seres aquáticos, inclusive os peixes. Caso o oxigênio seja totalmente consumido, tem-se as condições *anaeróbias* (ausência de oxigênio), com geração de maus odores.

- Forma do constituinte responsável: Gás dissolvido

- Origem natural:

- Dissolução do oxigênio atmosférico
- Produção pelos organismos fotossintéticos

- Origem antropogênica:

- Introdução de aeração artificial

- Importância:

- O oxigênio dissolvido é vital para os seres aquáticos aeróbios
- O oxigênio dissolvido é o principal parâmetro de caracterização dos efeitos da

poluição das águas por despejos orgânicos

- Utilização mais freqüente do parâmetro:

- Controle operacional de estações de tratamento de esgotos
- Caracterização de corpos d'água

- Unidade:  $\text{mg.L}^{-1}$

- Interpretação dos resultados:

- Em termos de tratamento de águas residuárias
  - é necessário um teor mínimo de oxigênio dissolvido ( $1 \text{ mg.L}^{-1}$ ) nos reatores dos sistemas aeróbios
- Em termos dos corpos d'água
  - a solubilidade do OD varia com altitude e temperatura. Ao nível do mar, na temperatura de  $20^\circ\text{C}$ , a concentração de saturação é igual a  $9,2 \text{ mg.L}^{-1}$

- valores de OD superiores à saturação são indicativos da presença de algas (fotossíntese)
- valores de OD bem inferiores à saturação são indicativos da presença de matéria orgânica (provavelmente esgotos)
- com OD em torno de 4-5 mg.L<sup>-1</sup> morrem os peixes mais exigentes; com OD igual a 2 mg.L<sup>-1</sup> todos os peixes estão mortos; com OD atingindo o valor de 0 mg.L<sup>-1</sup> tem-se condições de anaerobiose

j) Matéria orgânica

- Conceito: A matéria orgânica presente nos corpos d'água e nos esgotos é uma característica de primordial importância, sendo a causadora do principal problema de poluição das águas: o consumo do oxigênio dissolvido pelos microrganismos nos seus processos metabólicos de utilização e estabilização da matéria orgânica. Os principais componentes orgânicos são os compostos de proteína, os carboidratos, a gordura e os óleos, além da uréia, fenóis, pesticidas e outros em menor quantidade. A matéria carbonácea divide-se nas seguintes frações: (a) não biodegradável (em suspensão e dissolvida) e (b) biodegradável (em suspensão e dissolvida). Em termos práticos, usualmente não há necessidade de se caracterizar a matéria orgânica em termos de proteínas, gorduras, carboidratos etc. Ademais, há uma grande dificuldade na determinação laboratorial dos diversos componentes da matéria orgânica nas águas residuárias, face à multiplicidade de formas e compostos em que a mesma pode se apresentar. Em assim sendo, utilizam-se normalmente métodos indiretos para a quantificação da matéria orgânica, ou do seu potencial poluidor. Nesta linha, existem duas principais categorias:

(a) *Medição do consumo de oxigênio* (Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO; Demanda Química de Oxigênio (DQO).

(b) *Medição do carbono orgânico* (Carbono Orgânico Total - COT). A DBO é o parâmetro tradicionalmente mais utilizado.

- Forma do constituinte responsável: sólidos em suspensão e sólidos dissolvidos

- Origem natural:

- Matéria orgânica vegetal e animal

- Origem antropogênica:

- Despejos domésticos
- Despejos industriais
- Importância:
  - A matéria orgânica é responsável pelo consumo do oxigênio dissolvido na água pelos microrganismos decompositores,
  - A DBO retrata, de uma forma indireta, o teor de matéria orgânica nos esgotos ou no corpo d'água, sendo, portanto, uma indicação do potencial do consumo do oxigênio dissolvido
  - A DBO é um parâmetro de fundamental importância na caracterização do grau de poluição de um corpo d'água
- Utilização mais freqüente do parâmetro:
  - Caracterização de águas residuárias brutas e tratadas
  - Caracterização de corpos d'água
- Unidade:  $\text{mg.L}^{-1}$
- Interpretação dos resultados:
  - Em termos de tratamento de águas residuárias
    - a DBO dos esgotos domésticos está em torno de  $300 \text{ mg.L}^{-1}$
    - a DBO dos esgotos industriais varia amplamente, com o tipo de processo industrial
    - a DBO efluente do tratamento é função do nível e do processo de tratamento

#### k) Micropoluentes inorgânicos

- Conceito: Uma grande parte dos micropoluentes inorgânicos são tóxicos. Entre estes, tem especial destaque os metais pesados. Entre os metais pesados que se dissolvem na água incluem-se o arsênio, cádmio, cromo, chumbo, mercúrio e prata. Vários destes metais se concentram na cadeia alimentar, resultando num grande perigo para os organismos situados nos degraus superiores. Felizmente as concentrações dos metais tóxicos nos ambientes aquáticos naturais são pequenas. Além dos metais pesados, há outros micropoluentes inorgânicos de importância em termos de saúde pública, como os cianetos, o flúor e outros.
- Forma do constituinte responsável: sólidos em suspensão e sólidos dissolvidos
- Origem natural:
  - A origem natural é de menor importância

- Origem antropogênica:
  - Despejos industriais
  - Atividades mineradoras
  - Atividades de garimpo
  - Agricultura
- Importância:
  - Os metais pesados são tóxicos para os habitantes dos ambientes aquáticos e para os consumidores da água
- Utilização mais freqüente do parâmetro:
  - Caracterização de águas de abastecimento brutas e tratadas
  - Caracterização de águas residuárias brutas e tratadas
  - Caracterização de corpos d'água

Unidade:  $\mu\text{g.L}^{-1}$  ou  $\text{mg.L}^{-1}$

#### I) Micropoluentes orgânicos

- Conceito: Alguns materiais orgânicos são resistentes à degradação biológica, não integrando os ciclos biogeoquímicos, e acumulando-se em determinado ponto do ciclo (interrompido). Entre estes, destacam-se os defensivos agrícolas, alguns tipos de detergentes (ABS, com estrutura molecular fechada) e um grande número de produtos químicos. Uma grande parte destes compostos, mesmo em reduzidas concentrações, está associada a problemas de toxicidade.
- Forma do constituinte responsável: sólidos dissolvidos
- Origem natural:
  - Vegetais com madeira (tanino, lignina, celulose, fenóis)
- Origem antropogênica:
  - Despejos industriais
  - Detergentes
  - Processamento e refinamento do petróleo
  - Defensivos agrícolas
- Importância:
  - Os compostos orgânicos incluídos nesta categoria não são biodegradáveis. Uma grande parte destes compostos são tóxicos
- Utilização mais freqüente do parâmetro:

- Caracterização de águas de abastecimento brutas e tratadas
  - Caracterização de águas residuárias brutas e tratadas
  - Caracterização de corpos d'água
- Unidade:  $\mu\text{g.L}^{-1}$  ou  $\text{mg.L}^{-1}$

#### 4.4.2.3 Parâmetros biológicos

A água é normalmente habitada por vários tipos de microorganismos de vida livre e não parasitária, que dela extraem os elementos indispensáveis à sua subsistência. Ocasionalmente, são aí introduzidos organismos parasitários e/ou patogênicos que, utilizando a água como veículo, podem causar doenças, constituindo um perigo sanitário potencial.

É interessante notar que a quase totalidade dos seres patogênicos é incapaz de viver em sua forma adulta ou reproduzir-se fora do organismo que lhe serve de hospedeiro e, portanto, tem vida limitada quando se encontram na água, isto é, fora do seu hábitat natural.

São vários os agentes de destruição normal de organismos patogênicos nas águas armazenadas. Além da temperatura, destacam-se os efeitos da luz, a sedimentação, a presença ou não de oxigênio dissolvido, parasitas ou predadores de bactérias, toxinas ou antibióticas produzidas por outros microorganismos como cianobactérias e fungos, etc.

Entre os principais tipos de organismos patogênicos que podem encontrar-se na água, estão as bactérias, cianobactérias, vírus, protozoários e helmintos. Em virtude de grande dificuldade para identificação dos vários organismos patogênicos encontrados na água, dá-se preferência, para isso, a métodos que permitam a identificação de bactérias do grupo coliforme que, por serem habitantes normais do intestino humano, existem, obrigatoriamente, em águas poluídas por matéria fecal.

As bactérias coliformes são normalmente eliminadas com a matéria fecal, à razão de 50 a 400 bilhões de organismos por pessoa por dia. Dado o grande número de coliformes existentes na matéria fecal (até 300 milhões por grama de fezes), os testes de avaliação qualitativa desses organismos na água têm uma precisão ou sensibilidade muito maior do que a de qualquer outro teste.

Um aspecto relevante em termos de qualidade biológica da água é relativo à possibilidade da transmissão de doenças. O Quadro seguinte apresenta as principais doenças relacionadas com a água.



Quadro 9 – Doenças relacionadas com o abastecimento de água

<b>Transmissão</b>	<b>Doença</b>	<b>Agente patogênico</b>	<b>Medida</b>
Pela água	Cólera Febre tifóide Giardiase Amebíase Hepatite infecciosa Diarréia aguda	<i>Vibrio cholerae</i> O 1 e O 139; <i>Salmonella typhi</i> ; <i>Giardia lamblia</i> ; <i>Entamoeba histolytica</i> ; <i>Hepatite virus A e E</i> ; <i>Balantidium coli</i> , <i>Cryptosporidium</i> , <i>Bacillus cereus</i> , <i>S. aureus</i> , <i>Campylobacter</i> , <i>E. coli</i> enterotoxogênica e enteropatogênica, enterohemolítica, <i>Shigella</i> , <i>Yersinia enterocolitica</i> , <i>Astrovirus</i> , <i>Calicivirus</i> , <i>Norwalk</i> , <i>Rotavirus A e B</i>	- Implantar sistema de abastecimento e tratamento da água, com fornecimento em quantidade e qualidade para consumo humano, uso doméstico e coletivo; - Proteger de contaminação os mananciais e fontes de água;
Pela falta de limpeza, higienização com a água	Escabiose Pediculose (piolho) Tracoma Conjuntivite bacteriana Aguda Salmonelose Tricuríase Enterobíase Ancilostomíase Ascaridíase	<i>Sarcoptes scabiei</i> ; <i>Pediculus humanus</i> ; <i>Chlamydia trachomatis</i> ; <i>Haemophilus aegyptius</i> ; <i>Salmonella typhimurium</i> , <i>S. enteritides</i> ; <i>Trichuris trichiura</i> ; <i>Enterobius vermiculares</i> ; <i>Ancylostoma duodenale</i> ; <i>Ascaris lumbricoides</i> ;	- Implantar sistema adequado de esgotamento sanitário; - Instalar abastecimento de água preferencialmente com encanamento no domicílio; - Instalar melhorias sanitárias domiciliares e coletivas; - Instalar reservatório de água adequado com limpeza sistemática (a cada seis meses);
Por vetores que se relacionam com a água	Malária Dengue Febre amarela Filariose	<i>Plasmodium vivax</i> , <i>P. malarie</i> e <i>P. falciparum</i> ; <i>Grupo B dos arbovírus</i> ; <i>RNA vírus</i> ; <i>Wuchereria bancrofti</i> ;	- Eliminar o aparecimento de criadouros de vetores com inspeção sistemática e medidas de controle (drenagem, aterro e outros); - Dar destinação final adequada aos resíduos sólidos;
Associada à água	Esquistossomose Leptospirose	<i>Schistosoma mansoni</i> ; <i>Leptospira interrogans</i> ;	- Controlar vetores e hospedeiros intermediários

#### 4.4.2.4 Parâmetros biológicos

Permitem avaliar a presença de organismos indicadores de qualidade da água como por exemplo, o plâncton (organismos em suspensão na massa líquida, representados principalmente por algas e bactérias) e o benton (comunidade que habita o fundo dos rios e lagos, formada essencialmente por larvas de insetos e anelídeos).

#### 4.4.3 Os padrões de potabilidade

Água potável é a água para consumo humano cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade e que não ofereça riscos à saúde.

No Brasil os padrões de potabilidade da água para o consumo humano são estabelecidos pelo Ministério da Saúde e atualmente encontra-se em vigor a Portaria MS nº 1.469, de 29 de dezembro de 2000.

A água própria para o consumo humano, ou água potável, deve obedecer a certos requisitos de ordem:

A água deve estar:

- isenta de substâncias químicas e organismos prejudiciais à saúde;
- adequada para serviços domésticos;
- de baixa agressividade e dureza;
- esteticamente agradável (baixa turbidez, cor, sabor e odor) e ausência de organismos visíveis.

As exigências humanas quanto à qualidade da água crescem com o progresso humano e o da técnica. Justamente para evitar os perigos decorrentes da má qualidade da água, são estabelecidos padrões de potabilidade. Estes apresentam os Valores Máximos Permissíveis (VMP) com que elementos nocivos ou características desagradáveis podem estar presentes na água, sem que esta se torne inconveniente para o consumo humano.

a) características de aceitação para consumo humano

- a água deve ter aspecto agradável. A medida é pessoal;
- deve ter gosto agradável ou ausência de gosto objetável. A medida do gosto é pessoal;
- não deve ter odores desagradáveis ou não ter odor objetável. A medida do odor é também pessoal;
- a cor é determinada pela presença de substâncias em dissolução na água e não afeta sua transparência;
- a turbidez é devida a matéria em suspensão na água (argila, silte, matéria orgânica, etc.) e altera sua transparência.

#### b) características químicas

São fixados limites de concentração por motivos de ordens sanitária e econômica.

- substâncias relacionadas com aspectos econômicos:
  - substâncias causadoras de dureza, como os cloretos, sulfatos e bicarbonatos de cálcio e magnésio. As águas mais duras consomem mais sabão e, além disso, são inconvenientes para a indústria, pois incrustam-se nas caldeiras e podem causar danos e explosões.
- substâncias relacionadas com o pH da água:
  - a água de baixo pH, isto é, ácida, é corrosiva. Águas de pH elevado, isto é, alcalinas, são incrustativas. Alcalinidade e dureza são expressas em  $\text{mg.L}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3$ .
- substâncias indicadoras de poluição por matéria orgânica:
  - compostos nitrogenados: nitrogênio amoniacal, nitritos e nitratos. Os compostos de nitrogênio provêm de matéria orgânica e sua presença indica poluição recente ou remota. Quanto mais oxidados são os compostos de nitrogênio, tanto mais remota é a poluição. Assim, o nitrogênio amoniacal indica poluição recente e os nitratos indicam que a poluição ocorreu há mais tempo;
  - oxigênio consumido: a água possui normalmente oxigênio dissolvido em quantidade variável conforme a temperatura e a pressão. A matéria orgânica em decomposição exige oxigênio para sua estabilização; conseqüentemente, uma vez lançada na água, consome

o oxigênio nela dissolvido. Assim, quanto maior for o consumo de oxigênio, mais próxima e maior terá sido a poluição;

- cloretos: os cloretos existem normalmente nos dejetos animais. Estes, sob certas circunstâncias, podem causar poluição orgânica dos mananciais.

Nos quadros a seguir serão apresentados os valores permissíveis para os diferentes parâmetros de qualidade da água:

Quadro 10 - Padrão de potabilidade da água destinada ao consumo humano (Portaria nº 36, 19/01/90, Ministério da Saúde)

Parâmetro	Unidade	Valor
Características físicas e organolépticas		
Cor aparente	uH	5
Odor	-	Não objetável
Sabor	-	Não objetável
Turbidez	uT	1
Componentes que afetam a qualidade organoléptica		
Alumínio	mg.L <sup>-1</sup>	0,2
Cloretos	mg.L <sup>-1</sup>	250
Cobre	mg.L <sup>-1</sup>	1,0
Dureza total	mg.L <sup>-1</sup> CaCOa	500
Ferro total	mg.L <sup>-1</sup>	0,3
Manganês	mg.L <sup>-1</sup>	0,1
Sólidos totais dissolvidos	mg.L <sup>-1</sup>	1000
Componentes inorgânicos que afetam a saúde		+
Arsênio	mg.L <sup>-1</sup>	0,05
Chumbo	mg.L <sup>-1</sup>	0,05
Cianetos	mg.L <sup>-1</sup>	0,1
Mercúrio	mg.L <sup>-1</sup>	0,001
Prata	mg.L <sup>-1</sup>	0,05
Bacteriológicas		
Coliformes fecais	org/100mL	ausentes
Coliformes totais	org/100mL	diversas combinações (consultar o padrão)

## c) características bacteriológicas → coliformes

Os coliformes são grupos de bactérias que servem como organismos indicadores de contaminação da água por fezes. São utilizados como uma forma de detectar a existência de organismos patógenos (que causam doenças) em uma amostra de água.

Existem várias razões para se considerar o grupo coliforme como indicador de contaminação fecal:

- apresentam-se em grande quantidade nas fezes humanas (cada indivíduo elimina em média de 10 a 100 bilhões de bactérias por dia). Assim, a probabilidade de que sejam detectados após o lançamento é incomparavelmente superior à dos organismos patógenos;
- apresentam-se em grande número apenas nas fezes do homem e de animais de sangue quente;
- apresentam resistência similar à maioria das bactérias patogênicas intestinais;
- as técnicas laboratoriais para a detecção de coliformes são rápidas e econômicas.

Os principais indicadores de contaminação fecal são:

- coliformes totais (CT) → tem sido isoladas de amostras de água e solos poluídos e não poluídos. Embora tenha sido muito usado no passado, não existe uma relação quantificável entre CT e microorganismos patógenos;
- coliformes fecais (CF) → são indicadores de organismos originários do trato intestinal humano e outros animais. O teste para CF é realizado a uma alta temperatura, na qual o crescimento de bactérias de origem não fecal é suprimido;
- estreptococos fecais (EF) → inclui várias espécies ou variedades de estreptococos que habitam o intestino de seres humanos e outros animais.

Embora exista grande dispersão em torno deste valor, a seguinte relação é usualmente adotada:

$$\frac{CT}{CF} = 5$$

Quanto à relação entre CF e EF, são adotados os seguintes limites:

$\frac{CF}{EF} > 4 \rightarrow$  contaminação predominantemente humana (esgoto doméstico);

$\frac{CF}{EF} < 1 \rightarrow$  contaminação predominantemente de outros animais de sangue quente (escoamento superficial);

$1 < \frac{CF}{EF} < 4 \rightarrow$  interpretação duvidosa.