

## MÓDULO 2

### CONTROLE DE QUALIDADE DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO

#### Neste módulo você vai estudar

- ▶ A importância sanitária da qualidade da água para a saúde pública
- ▶ As diferentes etapas envolvidas no abastecimento da água potável
- ▶ Os processos de tratamento da água
- ▶ Os principais parâmetros para monitorar a qualidade das águas
- ▶ Os principais processos de purificação das águas



# CAPÍTULO 1 – SISTEMAS DE ABASTECIMENTO E TRATAMENTO DE ÁGUA

---

## A Água

A água que entra em um estabelecimento de saúde deve ter qualidade compatível com seu uso. Um exemplo: a água necessária para a limpeza dos corredores não precisa ter a mesma qualidade da água utilizada nos laboratórios de análises. Assim, para a obtenção de diferentes qualidades de água, é necessário que os tratamentos aplicados assim como os parâmetros utilizados na avaliação destas águas sejam também diferenciados.

Fica claro, então, que a água, quando não apresentar qualidade compatível com o seu uso, pode acarretar uma série de problemas para o estabelecimento de saúde, tanto na perspectiva técnica como jurídica. Na perspectiva jurídica, por exemplo, há casos onde é necessária a interdição das atividades do estabelecimento de saúde. Casos como entupimento das canalizações de vapores, que pode provocar explosões nas caldeiras e/ou autoclaves, são comumente enquadrados na perspectiva técnica, mas, podem ser, inseridos também na perspectiva jurídica.

Um exemplo de risco na utilização da água de qualidade imprópria é o caso da contaminação dos pacientes por agentes patógenos quando da higienização de ferimentos ou no processo de hemodiálise. Fica evidente, então, a importância do tratamento da água através de análises periódicas para avaliação de sua qualidade da nos estabelecimentos de saúde.

A água sempre foi e sempre será uma preocupação vital para todas as formas de vida. No início do processo civilizatório, os seres humanos habitaram as vizinhanças de fontes, rios e lagos. A localização deste recurso

natural condicionou, assim, o desenvolvimento da humanidade e ocupa um lugar de destaque nas discussões sobre o seu futuro.

**Processos fisiológicos** – urina, suor, lágrimas e respiração.

Os seres humanos são constituídos essencialmente por água. Para substituir a água perdida durante os **processos fisiológicos**, devemos ingeri-la várias vezes ao dia.

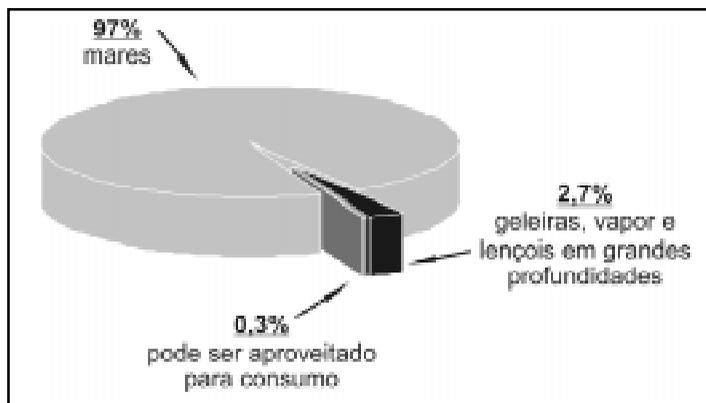
Uma quantidade maior de água será necessária se esta for utilizada para outros fins, tais como: higiene pessoal, lavagem de roupas e de louças. Um acesso fácil e, uma quantidade e qualidade suficientes de água, principalmente para fins higiênicos, são fundamentais para uma boa saúde, ou, em outros termos, para se ter uma boa qualidade de vida.

Em suma, levando-se em consideração o estilo de vida atual, a ingestão de vários litros de água por dia é essencial para nossa sobrevivência e bem-estar.

## A Água na Natureza

A água abrange quase 4/5 da superfície terrestre; deste total, 97,0% referem-se aos mares e os 3% restantes, às águas-doces. Quanto às águas-doces, 2,7% são formadas por geleiras, vapor-d'água e lençóis existentes em grandes profundidades (mais de 800 m); no entanto, não é economicamente viável seu aproveitamento para o consumo humano. Em conseqüência, constata-se que somente 0,3% do volume total de água do planeta pode ser aproveitado para nosso consumo, sendo 0,01% encontrado em fontes de superfície (rios, lagos) e o restante, ou seja, 0,29%, em fontes subterrâneas (poços e nascentes). A precipitação pluvial média anual na Terra é de apro-

**GRÁFICO 1 – DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA NO PLANETA**



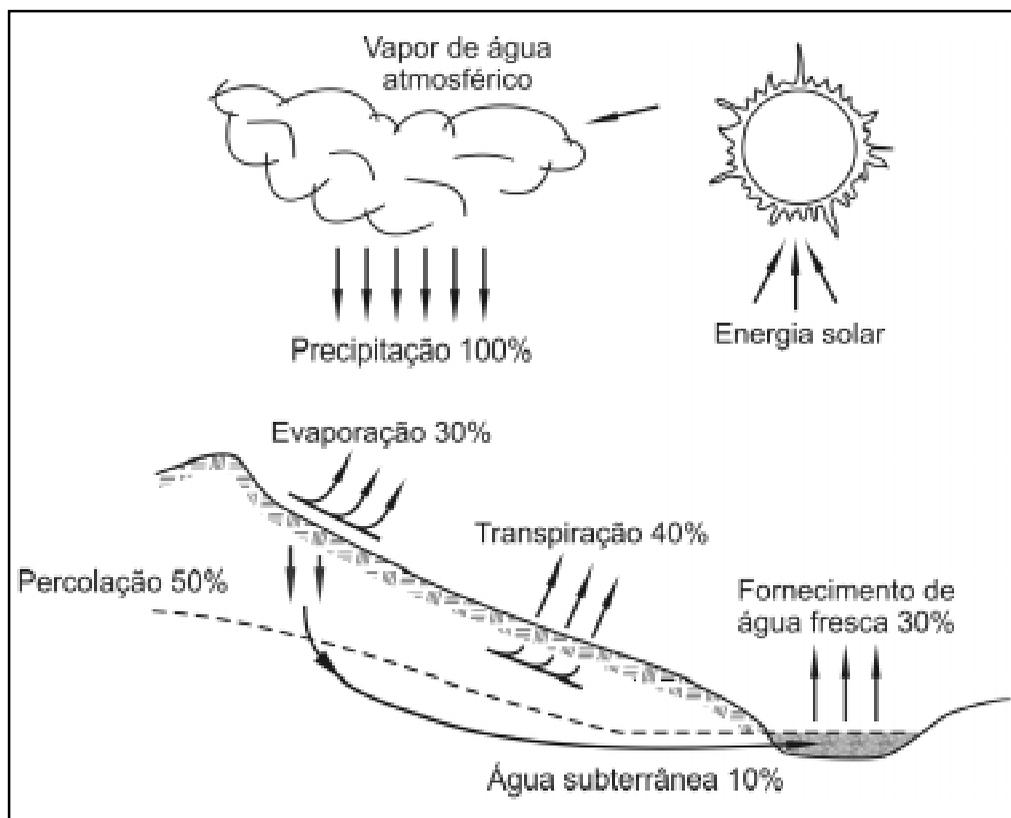
ximadamente cerca de 860 mm. Entre 70% e 75% dessa precipitação volta à atmosfera.

Esses números permitem concluir que a água não é um recurso inesgotável e, portanto, devemos usá-la de forma racional, eliminando os maus costumes que levam ao desperdício deste recurso valioso.

Aqui cabe uma pergunta: qual é o comportamento da água em nosso planeta? Para começar a responder vejamos a seguir como se constitui o ciclo hidrológico.

## Ciclo Hidrológico

O ciclo hidrológico é o contínuo movimento da água em nosso planeta (Figura 6). É a representação do comportamento da água no globo terrestre, incluindo ocorrência, transformação, movimentação e relações com a vida humana. É um verdadeiro retrato dos vários caminhos da água em interação com os demais recursos naturais.



**Figura 6** – Ciclo hidrológico (LORA, 2000)

Como podemos observar, a água percorre os diferentes compartimentos (ar, solo, sedimento) que compõem os ecossistemas. Neste ciclo hidrológico, a água entra em contato com diferentes substâncias químicas e, como a água

**Solvente universal** – dissolve um grande número de substâncias, as quais passam a fazer parte de sua constituição.

é considerada o **solvente universal**, fica fácil de entender por que as águas de localidades diferentes apresentam composições diferenciadas.

## DOENÇAS RELACIONADAS COM A ÁGUA

A água pode afetar a saúde do homem de diversas maneiras:

1. na ingestão direta;
2. na preparação de alimentos;
3. na higiene pessoal;
4. na agricultura;
5. na higiene do ambiente;
6. nos processos industriais ou nas atividades de lazer.

Os riscos para a saúde relacionados com a água podem ser distribuídos em duas categorias:

Os principais agentes biológicos encontrados nas águas contaminadas são as bactérias patogênicas, os vírus e os parasitas (NEVES, 1988; PEREIRA NETO, 1993).

► riscos relacionados com a ingestão de água contaminada por **agentes biológicos** através de contato direto, ou por meio de insetos vetores que necessitam da água em seu ciclo biológico;

► riscos derivados de poluentes químicos e radioativos, geralmente efluentes de esgotos industriais, ou causados por acidentes ambientais.

As bactérias patogênicas encontradas na água e/ou alimentos constituem uma das principais fontes de morbidade e mortalidade em nosso meio. Elas são responsáveis por inúmeros casos de enterites, diarreias infantis e

**doenças epidêmicas**, que podem resultar em casos letais.

No Brasil existem 5,5 milhões de casos de esquistossomose.

Já a desidratação causada por diarreia é responsável por 30% das mortes de crianças com menos de 1 ano de idade. No mundo, 10 milhões de pessoas morrem todo ano por doenças transmitidas através da água. A OMS estima que 80% de todas as doenças existentes no mundo estão associadas à má qualidade da água. A Tabela 1 nos mostra os principais tipos de doenças relacionadas com a água, bem como as medidas profiláticas para evitar esses problemas de saúde.

Os riscos relacionados com derivados de poluentes químicos e radioativos presentes na água são difíceis de serem avaliados, pois geralmente a fonte poluidora é difusa (ex: adubos usados na agricultura). Os efeitos tóxicos dessas águas contaminadas são perceptíveis somente quando o nível de contaminação é elevado. Além do mais, existem inúmeros compostos químicos solúveis que são de difícil detecção analítica.

**Doenças epidêmicas** – o cólera e a febre tifóide, por exemplo.

TABELA 1 – TIPOS DE DOENÇAS VEICULADAS PELA ÁGUA

Transmissão	Doença	Agente Patogênico	Medidas Profiláticas
Pela água	Cólera	<i>Vibrio cholerae</i>	Implantar sistema de abastecimento e tratamento da água, com fornecimento em quantidade e qualidade para consumo, uso doméstico e coletivo.  Proteção de contaminação dos mananciais e fontes de água.
	Febre tifóide	<i>Salmonella typhi</i>	
	Leptospirose	<i>Leptospira interrogans</i>	
	Giardíase	<i>Giardia lamblia</i>	
	Amebíase	<i>Entamoeba histolytica</i>	
	Hepatite infecciosa	<i>Hepatite virus A</i>	
	Diarreia aguda	<i>Balantidium coli</i> , <i>Cryptosporidium</i> , <i>Bacillus cereus</i> , <i>S.aureus</i> , <i>Campylobacter</i> , <i>E. coli</i> <i>enterotoxogênica</i> e <i>enteropatogênica</i> , <i>Shigella</i> , <i>Yersinia enterocolitica</i> , <i>Astrovirus</i> , <i>Calicivirus</i> , <i>Norwalk</i> , <i>Rotavirus A e B</i>	

continua

Transmissão	Doença	Agente Patogênico	Medidas Profiláticas
Pela falta de limpeza, higienização com a água	Escabiose	<i>Sarcoptes scabiei</i>	Implantar sistema adequado de esgotamento sanitário.
	Pediculose (piolho)	<i>Pediculus humanus</i>	
	Tracoma	<i>Chlamydia trachoma</i>	Instalar abastecimento de água preferencialmente com encanamento no domicílio.
	Conjuntivite bacteriana aguda	<i>Haemophilus aegyptius</i>	
	Salmonelose	<i>Salmonella typhimurium</i>	Instalar melhorias sanitárias domiciliares e coletivas.
	Tricuríase	<i>Trichuris trichiura</i>	
	Enterobiase	<i>Enterobius vermiculares</i>	Instalar reservatório de água adequado com limpeza sistemática.
	Ancilostomíase	<i>Ancylostoma duodenale</i>	
Ascariíase	<i>Ascaris lumbricoides</i>		
Através de vetores que se relacionam com a água	Malária	<i>Plasmodium vivax, P. malarie e P. falciparum</i>	Eliminar o aparecimento de criadouros com inspeção sistemática e medidas de controle (drenagem, aterro e outros).
	Dengue	Grupo B dos arbovirus	
	Febre amarela	RNA virus	Dar destinação final adequada aos resíduos sólidos.
	Filarirose	<i>Wuchereria bancrofti</i>	
Associada à água	Esquistossomose	<i>Schistosoma mansoni</i>	Controle de vetores e hospedeiros intermediários.

**Fonte:** adaptado de Saunders, 1976

A partir dessa visão geral sobre o grande número de doenças veiculadas pela água, estudaremos, a seguir, aspectos essenciais referentes ao abastecimento de água potável.

## Sistemas de Abastecimento de Água

Um Sistema de Abastecimento de Água caracteriza-se pela retirada da água da natureza, da adequação de sua qualidade, do transporte até os aglomerados humanos e fornecimento à população em quantidade e qualidade compatíveis com suas necessidades (LEME, 1984).

Considerando o aspecto sanitário e social, o abastecimento de água visa:

1. controlar e prevenir doenças;
2. implantar hábitos higiênicos na população, como, por exemplo, a lavagem das mãos, o banho e a limpeza de utensílios e higiene do ambiente;
3. facilitar a limpeza pública;
4. facilitar as práticas desportivas;
5. propiciar conforto, bem-estar e segurança;
6. aumentar a expectativa de vida da população;

Considerando-se o aspecto econômico, com o abastecimento de água é possível:

1. aumentar a vida produtiva do indivíduo, pelo aumento da vida média e pela redução de afastamentos do trabalho causados por doenças;
2. facilitar a instalação de indústrias, inclusive a de turismo, e, conseqüentemente, o maior progresso das comunidades; e
3. facilitar o combate a incêndios.

## Solução para Abastecimento de Água

Basicamente, existem dois tipos de solução para o abastecimento de água. A solução coletiva aplica-se em áreas urbanas e áreas rurais com população mais concentrada, com os custos de implantação divididos entre os usuários. A solução individual aplica-se, normalmente, em áreas rurais de população dispersa, ou quando a demanda de água por um estabelecimento é tão grande que justifica a implantação de seu próprio sistema de abastecimento.

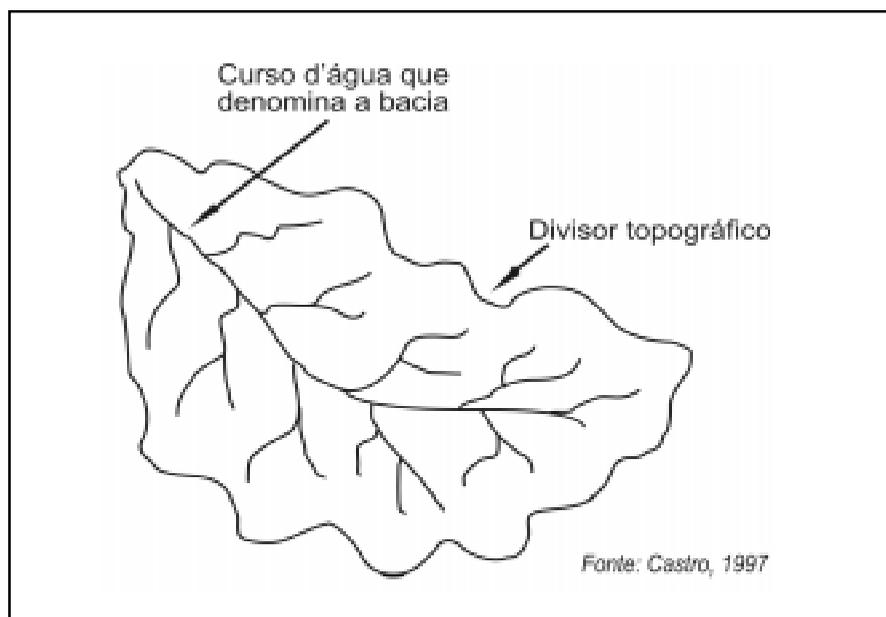
## Mananciais para Abastecimento de Água

É toda fonte de água utilizada para abastecimento doméstico, comercial, industrial e outros fins. De maneira geral, quanto à origem, os mananciais são classificados em manancial superficial, manancial subterrâneo e águas meteóricas.

### a) MANANCIAL SUPERFICIAL

É toda parte de um manancial que escoar na superfície terrestre, compreendendo os córregos, ribeirões, rios, lagos e reservatórios artificiais. As precipitações atmosféricas, logo que atingem o solo, podem se armazenar nas depressões do terreno, nos lagos e nas represas, ou alimentar os cursos d'água de uma bacia hidrográfica, transformando-se, assim, em escoamento superficial. A outra parcela se infiltra no solo.

A bacia hidrográfica é uma área da superfície terrestre, drenada por um determinado curso d'água e limitada perifericamente pelo divisor de águas (Figura 7). A área drenada pelo rio principal chama-se bacia e as áreas drenadas pelos afluentes chamam-se sub-bacias.



**Figura 7** – Bacia hidrográfica

## b) MANANCIAL SUBTERRÂNEO

É a parte do manancial que se encontra totalmente abaixo da superfície terrestre, compreendendo os lençóis freático e profundo, tendo sua captação feita através de poços rasos ou profundos, galerias de infiltração ou pelo aproveitamento das nascentes.

## c) ÁGUAS METEÓRICAS

Compreendem a água existente na natureza na forma de chuva, neve ou granizo.

## Escolha do Manancial

A escolha do manancial se constitui na decisão mais importante na implantação de um sistema de abastecimento de água, seja ele de caráter individual ou coletivo. Havendo mais de uma opção, sua definição deverá levar em conta, além da predisposição da comunidade ou estabelecimento a aceitar, as águas do manancial a ser adotado. Os seguintes critérios devem ser observados na escolha (Fundação Nacional de Saúde – FUNASA, 2002):

**1º critério – análise da qualidade da água:** é indispensável a realização prévia de análises de componentes orgânicos (ex.: pesticidas), inorgânicos (ex.: metais pesados) e bacteriológicos (ex.: coliformes fecais) das águas do manancial, para verificação dos teores de substâncias prejudiciais, limitados pela resolução nº 20 do CONAMA;

**2º critério – vazão da água:** cálculo da vazão mínima do manancial necessária para atender à demanda por um determinado período de anos;

**3º critério – isenção de tratamento:** mananciais que dispensam tratamento da água incluem águas subterrâneas não sujeitas a qualquer possibilidade de contaminação;

**4º critério – desinfecção:** mananciais que exigem apenas desinfecção incluem as águas subterrâneas e certas águas de superfície bem protegidas, sujeitas a baixo grau de contaminação biológica;

**5º critério – tratamento simplificado:** mananciais que exigem tratamento simplificado compreendem as águas de mananciais protegidos, com baixos teores de cor e turbidez, sujeitas apenas a filtração lenta e desinfecção;

**6º critério – tratamento convencional:** mananciais que exigem tratamento convencional compreendem, basicamente, as águas de superfície com turbidez elevada, que requerem tratamento compreendendo coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção.

## Formas de Captação da Água

De acordo com o manancial a ser aproveitado, podem ser utilizadas as seguintes formas de captação:

- ▶ superfície de coleta (água de chuva);
- ▶ galeria filtrante (fundo de vales);
- ▶ poço tubular profundo (lençol subterrâneo);
- ▶ tomada direta de rios, lagos e açudes (mananciais de superfície);
- ▶ caixa de tomada (nascente de encosta);
- ▶ poço escavado (lençol freático).

### a – ÁGUA DE CHUVA

A água de chuva pode ser armazenada em cisternas, que são pequenos reservatórios individuais. A água cai no telhado, escorrega pelas calhas, destas aos condutores verticais e, finalmente, ao reservatório. Os reservatórios mais simples encontrados nos estabelecimentos de saúde são os de tambor metálico, de cimento amianto e os de plástico.

## **b – CAIXA DE TOMADA – FONTE DE ENCOSTA**

O aproveitamento da água de encosta é realizado por meio da captação em caixa de tomada. Para prevenir a poluição da água, essa caixa deve ter as paredes impermeabilizadas, tampa, canaletas para afastamento das águas de chuvas, bomba para retirada da água, ser afastada de currais, pocilgas, fossas e ter sua área protegida por uma cerca.

## **c – GALERIA DE INFILTRAÇÃO – FONTE DE FUNDO DE VALE**

O aproveitamento da fonte de fundo de vale é conseguido por meio de um sistema de drenagem sub-superficial, sendo, em certos casos, possível usar a técnica de poço raso para a captação da água. Normalmente, a captação é feita por um sistema de drenos que termina em um coletor central e deste vai a um poço. A construção e a proteção do poço coletor são feitas obedecendo-se aos mesmos requisitos usados para o poço raso ou fonte de encosta.

## **d – POÇOS ESCAVADOS**

Também conhecidos como poços rasos ou freáticos, com diâmetro mínimo de 90 centímetros, são destinados tanto ao abastecimento individual como coletivo. Esta solução permite o aproveitamento da água do lençol freático, atuando, geralmente, entre 10 e 20 metros de profundidade, podendo-se obter de dois a três mil litros de água por dia.

## **e – POÇO TUBULAR PROFUNDO (POÇO ARTESIANO)**

Os poços tubulares profundos captam água do reservatório denominado artesiano ou confinado, localizado abaixo do lençol freático, entre duas camadas impermeáveis e sujeitas a uma pressão maior que a atmosférica.

## **f – CAPTAÇÃO DE ÁGUAS SUPERFICIAIS**

A captação de águas superficiais depende de cuidados que devem ser levados em conta quando da elaboração do projeto. Qualquer tipo de capta-

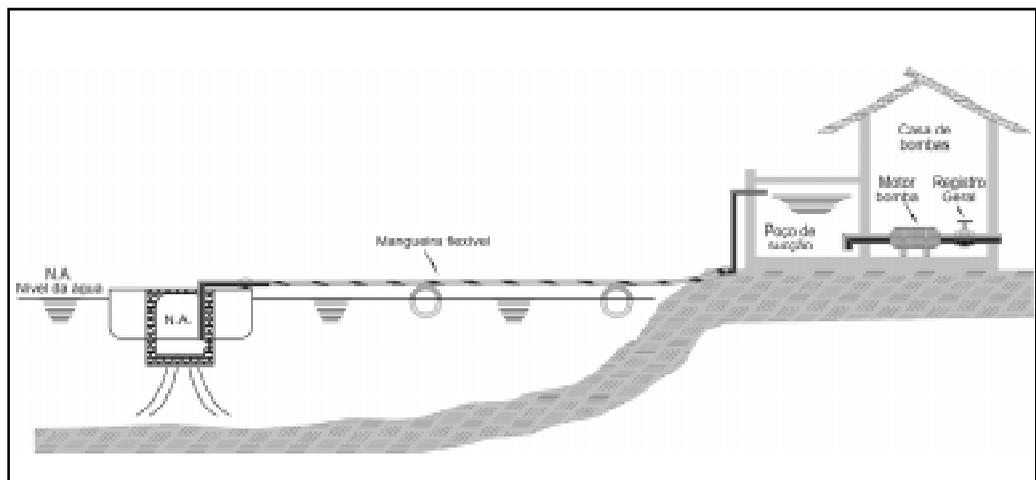
ção deverá atender em qualidade e quantidade a demanda prevista da população futura no alcance do projeto.

Dispositivos encontrados na captação das águas superficiais são (LEME, 1984):

- ▶ **Barragem de nível:** são obras executadas em um rio ou córrego, ocupando toda a sua largura, com a finalidade de elevar o nível de água do manancial, acima de um mínimo conveniente e predeterminado;
- ▶ **Grades:** são dispositivos destinados a impedir a passagem de materiais flutuantes e em suspensão, bem como sólidos grosseiros, às partes subseqüentes do sistema;
- ▶ **Caixas de areia:** são dispositivos instalados nas captações destinados a remover da água as partículas por ela carregadas com diâmetro acima de um determinado valor.

Um exemplo possível das soluções para tomada de água em manancial de superfície é: **Tomada de Água Flutuante**

Essa é a solução ideal para a captação quando a Estação de Tratamento de Água está próxima ao manancial, de modo a permitir um único recalque (Figura 8).



**Figura 8** – Esquema de Tomada de Água Flutuante

## Abastecimento Público de Água

Na perspectiva sanitária, a solução coletiva é a mais indicada, por ser mais eficiente para o controle dos mananciais e da qualidade da água distribuída à população.

As soluções individuais para as áreas periféricas não devem ser desprezadas, pois são úteis, salvam muitas vidas e diminuem sofrimentos enquanto se aguardam soluções gerais, tais como o tratamento/distribuição da água potável, que envolve grandes gastos e, muitas vezes, são de implementação demorada.

O Sistema Público de Abastecimento de Água é constituído de:

1. manancial;
2. captação;
3. adução;
4. tratamento;
5. reservação;
6. rede de distribuição;
7. estações elevatórias; e
8. ramal predial.

### CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO

Já vimos que, para se obter uma água considerada potável, devemos em primeiro plano avaliar as características do manancial a ser utilizado (OPAS, 1993; BARROS et al., 1995).

No Brasil, os **recursos hídricos** são classificados segundo a Resolução nº 20 do CONAMA, de 18/06/1986, em nove classes, e para cada classe existem limites quantitativos para parâmetros físico-químicos e microbiológicos.

**Recursos hídricos** – as águas doces, salobras e salinas

A caracterização da água, para definição da qualidade, inclusive para a potabilidade da mesma, está relacionada com os aspectos físicos, químicos e microbiológicos da seguinte forma:

- ▶ **Aspectos físicos** - temperatura, turbidez, cor, gosto e odor, condutividade, sólidos.
- ▶ **Aspectos químicos** - acidez (pH), alcalinidade, agentes tensoativos sintéticos, pesticidas, arsênio, bário, cádmio, chumbo, cianeto, cloretos, cobre, cromo, flúor, cálcio e magnésio, dureza temporária (bicarbonatos de Ca, Mg), dureza permanente (sulfatos ou cloretos de Ca, Mg), ferro e manganês, fosfato, mercúrio, nitratos e nitritos, selênio, sulfatos, zinco.
- ▶ **Aspectos microbiológicos** – coliformes (indicadores biológicos).

Resolução do CONAMA nº 20 de 18/06/1986 – [www.mma.gov.br/port/conama/index.html](http://www.mma.gov.br/port/conama/index.html)

Um estabelecimento de saúde que compra água potável de um fornecedor deve recebê-la com uma qualidade compatível com os limites e condições previstos nessa resolução. Para tanto, o estabelecimento de saúde deve requisitar à empresa fornecedora da água os laudos referentes às análises de controle da qualidade do produto. Além disso, o estabelecimento de saúde deve ter seu próprio controle.

## Tratamento de Água

A água *in natura* nunca é pura, ela contém solutos inorgânicos (ex.: cálcio, magnésio), solutos orgânicos (ex: ácidos húmicos) e também alguns gases dissolvidos (ex.: CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>). Após o último contato com o solo, seja por percorrer a superfície terrestre ou penetrar pelas camadas rochosas, as impurezas contidas na água são incrementadas devido ao grande poder de dissolução que ela possui. Daí a necessidade de se tratar essa água antes de usá-la (RICHTER e AZEVEDO Neto, 1991; DI BERNARDO, 1993; VON SPERLING, 1996).

## MÉTODOS DE TRATAMENTO

A escolha de processo de tratamento de água depende muito do tipo de água a ser tratada. A seguir, são apresentadas alguns tipos de processos clássicos de tratamento (CETESB, 1973; 1987).

### a) Fervura

O método mais seguro de tratamento para a água de beber em áreas desprovidas de outros recursos é a fervura. Ferver a água para beber é um hábito que se deve difundir na população para ser adotado quando sua qualidade não mereça confiança durante a ocorrência de epidemias ou de situações de emergência.

### b) Sedimentação Simples

A água tem grande poder de dissolver e de conduzir substâncias. Esse poder aumenta ou diminui com a velocidade da água em movimento. Ao diminuir a velocidade da água, o seu poder de carrear substâncias também diminui, pois estas se depositam no fundo. Além disso, estas partículas sólidas arrastam consigo microorganismos presentes na água, o que melhora a qualidade desta. Obtém-se a sedimentação fazendo-se a água passar ou ser retida a água em reservatórios, onde sua velocidade diminui.

Quando a água é captada em pequenas fontes superficiais, deve-se ter uma caixa de areia antes da tomada. A função dessa caixa é decantar a areia, protegendo a tubulação e as bombas contra a obstrução e o desgaste excessivo. Mesmo os filtros lentos devem ser protegidos por caixas de areia.

### c) Filtração Lenta

É um método de tratamento da água adotado principalmente para comunidades de pequeno porte, cujas águas dos mananciais apresentam **baixos teores de turbidez** e cor. O processo consiste em fazer a água passar através de um **meio granular** com a finalidade de remover impurezas físicas, químicas e biológicas.

**Baixos teores de turbidez** – menor que 50 unidades de turbidez.

**Meio granular** – areia, por exemplo.

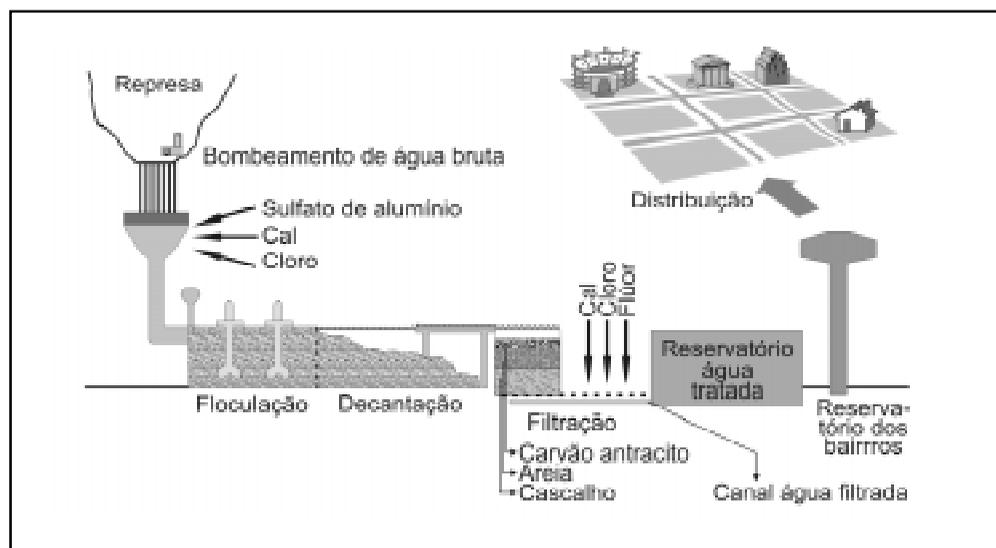
#### d) Aeração

A água retirada de poços, fontes ou regiões profundas de grandes represas pode ter ferro e outros elementos dissolvidos, ou ainda ter perdido o oxigênio em contato com as camadas que atravessou e, em conseqüência, seu gosto é desagradável. Torna-se necessário, portanto, arejá-la para que melhore sua qualidade. Para as pequenas instalações, a aeração pode ser feita no próprio reservatório de água; basta que este seja bem ventilado e que, ao passar para o reservatório, a água seja forçada a uma queda livre.

### TRATAMENTO CONVENCIONAL COM COAGULAÇÃO, FLOCULAÇÃO, DECANTAÇÃO, FILTRAÇÃO, DESINFECÇÃO E FLUORETAÇÃO

As águas que possuem partículas finamente divididas em suspensão e partículas coloidais necessitam de um tratamento químico capaz de propiciar a deposição desses materiais, com um baixo período de detenção. Esse tratamento é realizado provocando-se a coagulação, sendo geralmente empregado o sulfato de alumínio ou o cloreto férrico. O sulfato de alumínio, normalmente, é o produto mais utilizado, tanto pelas suas propriedades como pelo seu menor custo (Figura 9).

#### a) Coagulação e Floculação



**Figura 9** – Processo de tratamento convencional

Coagulação é o processo de neutralização das cargas negativas das partículas que faz com que estas se atraiam, promovendo aglomeração, formando partículas maiores, aumentando assim a velocidade de sedimentação. Os **cátions de alumínio ou ferro** são os mais utilizados para esse propósito.

Fonte de cátions de alumínio ou ferro –  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$   
 $\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$

Floculação é o processo físico que promove a aglutinação das partículas já coaguladas, facilitando o choque entre elas devido à agitação lenta imposta ao escoamento da água. A formação de um floco de impureza facilita sua posterior remoção por sedimentação sob ação da gravidade, flotação ou filtração. A dosagem ideal de produtos coagulantes e floculantes pode ser determinada experimentalmente através de teste laboratorial chamado Teste do Jarro.

### **b) Decantação ou Sedimentação**

Os flocos do coagulante serão removidos da água por sedimentação. Para isto podem ser usados decantadores convencionais (baixa taxa) e decantadores com escoamento laminar (elementos tubulares ou de placas), denominados decantadores de alta taxa. A função do decantador em um tratamento de água de abastecimento ou de águas residuárias é, como dissemos, o de permitir que os flocos sedimentem-se, clarificando a água.

### **c) Filtração**

A maioria das partículas fica retida no decantador, porém uma parte ainda persiste em suspensão, no seio da água. Dessa forma, faz-se o líquido passar através de uma camada filtrante, constituída por um leito arenoso, de granulometria especificada, suportada por uma camada de cascalho. A água filtrada, numa operação bem conduzida, é límpida. A remoção de bactérias nesse estágio já é, no mínimo, igual a 90%. O principal fator influente na velocidade de filtração é a granulometria da areia, isto é, o tamanho de seus grãos. De acordo com essa granulometria, a filtração pode ser lenta ou rápida. A camada filtrante dupla deve ser constituída de camadas sobrepostas de areia e antracito (carvão).

#### **d) Correção de Acidez Excessiva**

É obtida pelo aumento do pH, com a adição de cal ou carbonatos (calcáreos). Nas áreas rurais, consegue-se a correção fazendo-se a água passar por um leito de pedra calcária.

#### **e) Remoção de Odor e Sabor Desagradáveis**

Depende da natureza das substâncias que os provocam. Como métodos gerais, usam-se:

- a) carvão ativado;
- b) filtração lenta;
- c) tratamento completo.

#### **f) Desinfecção**

Desinfetar uma água significa eliminar os microorganismos patogênicos presentes. Dá-se o nome de cloração à operação de injeção de um composto químico clorado, altamente oxidante, na água. A finalidade dessa operação é oxidar os materiais de origem orgânica, principalmente, quando a cloração é efetuada logo após a captação de água, ela é chamada de pré-cloração e tem por objetivo oxidar as matérias visando modificar o caráter químico da água. Tecnicamente, aplica-se a simples desinfecção como meio de tratamento para águas que apresentam boas características físicas e químicas, a fim de garantir seu aspecto bacteriológico. É o caso das águas de vertentes ou nascentes, águas de fontes ou de poços protegidos, que se encontram enquadradas na classe Especial da Resolução CONAMA nº 20/86. Na prática, a simples desinfecção, sem outro tratamento, é muito aplicada. Em épocas de surtos epidêmicos, a água de abastecimento público deve ter a dosagem de desinfetante aumentada. Em casos de emergências, deve-se garantir, por todos os meios, a água potável, e a desinfecção, em alguns casos, é mais prática que a fervura. A desinfecção é também aplicada à água após seu tratamento (clarificação), para eliminar microorganismos patogênicos porventura presentes no sistema de distribuição.

## Métodos Químicos de Desinfecção: Possibilidades de Uso

Vários fatores devem ser considerados na escolha do produto/processo de desinfecção, destacando-se custos, poder de desinfecção, facilidade de aplicação/manuseio e ação residual, isto é, se o agente desinfetante continua sua ação depois de ter sido aplicado (DANIEL, 2001).

**Ozônio ( $O_3$ ):** é um desinfetante poderoso. Não deixa cheiro na água mas origina um sabor especial, ainda que não desagradável. Apresenta o inconveniente de não ser um método prático e de não ter ação residual.

**Iodo ( $I_2$ ):** desinfeta bem a água após um tempo de contato de meia hora. É, entretanto, economicamente inviável para ser empregado em sistemas públicos de abastecimento de água.

**Prata ( $Ag^+$ ):** é bastante eficiente; sob forma coloidal ou iônica não deixa sabor nem cheiro na água e tem uma ação residual satisfatória. Porém, para águas que contenham certos tipos de substâncias, tais como cloretos, sua eficiência diminui consideravelmente.

**Cloro ( $Cl_2$ ):** constitui o mais importante entre todos os elementos utilizados na desinfecção da água. Além dessa aplicação, ele também é usado no tratamento de águas para:

- ▶ eliminar odores e sabores;
- ▶ auxiliar no combate à proliferação de algas;
- ▶ auxiliar na coagulação de matérias orgânicas;
- ▶ colaborar na eliminação de matérias orgânicas; e
- ▶ diminuir a intensidade da cor.

O cloro é o desinfetante mais empregado e é considerado bom porque:

- ▶ age sobre os microorganismos patogênicos presentes na água;
- ▶ não é nocivo ao homem na dosagem requerida para desinfecção;

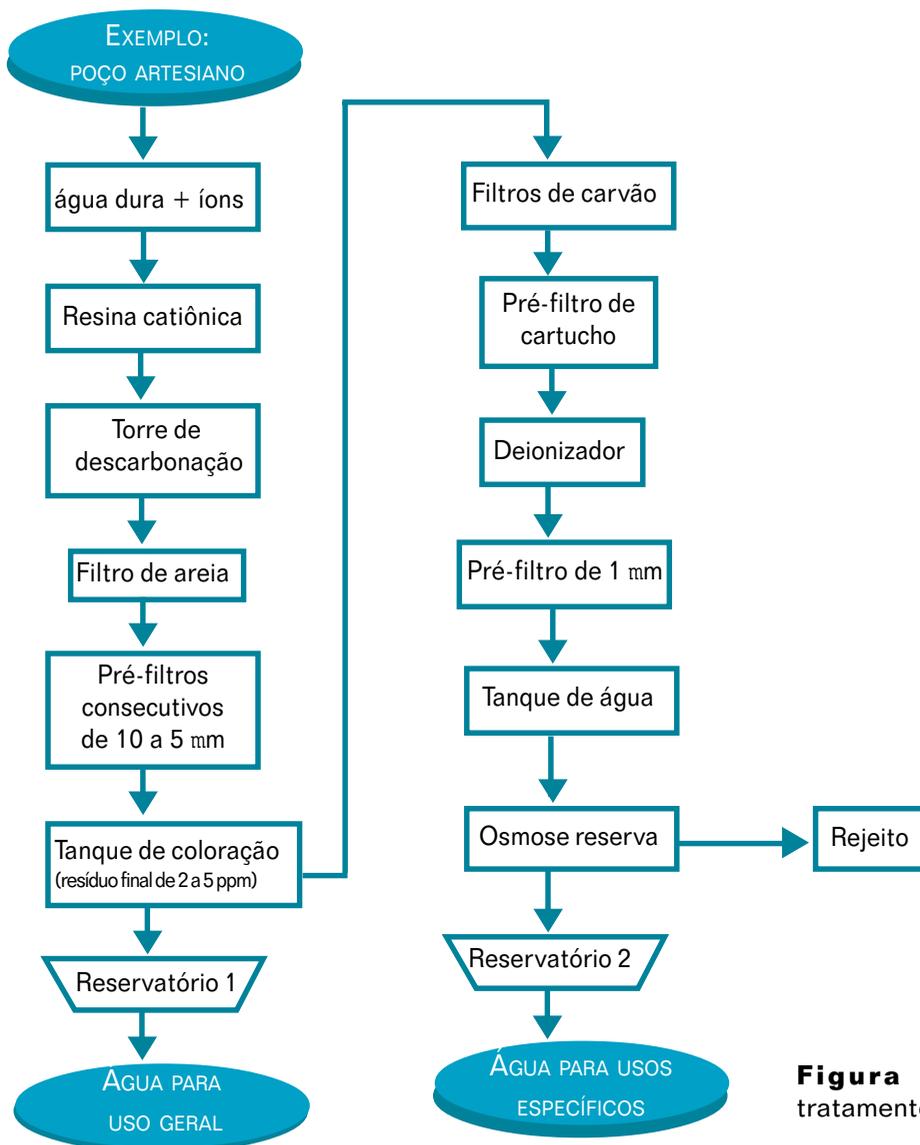
- ▶ apresenta baixo custo;
- ▶ não altera outras qualidades da água depois de aplicado;
- ▶ é de aplicação relativamente fácil;
- ▶ deixa um residual ativo na água, isto é, sua ação continua depois de aplicado; e
- ▶ é tolerado pela grande maioria da população.

### FLUORETAÇÃO DAS ÁGUAS

Com a descoberta da importância dos sais de flúor na prevenção da cárie dental, quando aplicados aos indivíduos na idade suscetível, isto é, até os 14 anos de idade, generalizou-se a técnica de fluoretação de abastecimento público como meio mais eficaz e econômico de controle da cárie dental. As aplicações no abastecimento de água fazem-se por meio de aparelhos dosadores, sendo usados o fluoreto de sódio (NaF), o fluorsilicato de sódio ( $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ ), o ácido fluorsilícico ( $\text{H}_2\text{SiF}_6$ ) e fluoreto de cálcio ( $\text{CaF}_2$ ).

### CASOS ESPECIAIS

Quando o estabelecimento de saúde utilizar outra fonte de água (ex.: poço artesiano), sugere-se a seqüência de tratamento descrita na figura 10 para se obter uma água com alto grau de pureza.



**Figura 10** – Seqüência de tratamento para obter água pura.

Essa seqüência de tratamento necessita um alto investimento inicial e uma manutenção permanente. Geralmente, opta-se por um sistema de abastecimento próprio quando se dispõe de um grande manancial de água próximo ao estabelecimento de saúde, no qual o consumo é muito alto. A água obtida em um poço artesiano pode conter vários tipos de íons, o que confere a essa água um certo grau de salinidade e de dureza. Assim, um tratamento inicial com uma resina e uma torre de decarbonação eliminarão essas impurezas. O filtro de areia e os pré-filtros consecutivos filtram as partículas que porventura ainda estejam presentes na água. Depois da Desinfecção por Cloração, a água já pode ser considerada potável, mas são os resultados das análises que permitirão classificar essa água como sendo potável. Em seguida, essa água pode passar por uma série de tratamentos, dependendo do uso a que ela esteja destinada. O Capítulo 2 detalhará estes tratamentos.

## RESUMO

A água é imprescindível para todas as formas de vida. O ser humano desenvolveu maneiras de captar, armazenar e tratar a água para diversos usos. Para tanto, muitas técnicas foram desenvolvidas e suas aplicações dependem de considerações socioeconômico-geográficas. Em termos de saúde, a água natural pode conter milhões e milhões de microorganismos ou outras propriedades físico-químicas que podem trazer problemas de saúde para quem a ingere. Nesse sentido, muita atenção está sendo dada à qualidade da água.

Neste capítulo, vimos os primeiros passos para atingirmos a auto-suficiência na questão do abastecimento de água, bem como vimos os processos que levam a água natural (quando imprópria para consumo) a se tornar potável e fonte de saúde. Mais detalhes técnicos sobre os temas abordados, assim como a legislação pertinente, podem ser encontrados no seguinte endereço: [www.funasa.gov.br/pub/manusane/manusan00.htm](http://www.funasa.gov.br/pub/manusane/manusan00.htm)

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARROS, R. T. V. et al. **Saneamento**. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1995. 221 p. Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios, 2.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n.º 36, de 19 de janeiro de 1990. Dispõe sobre as normas e padrões de potabilidade de água para consumo humano. **Diário Oficial**, 23 jan. 1990, Seção I.
- CASTRO, P. S.; VALENTE, F. **Aspectos técnico-científicos do manejo de bacias hidrográficas**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1997.
- CETESB. **Operação e manutenção de ETA**. São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1973. Patrocinado pelo convênio BNH/ABES/CETESB, 8. v. 2.
- CETESB. **Técnica de abastecimento e tratamento de água: tratamento de água**. 3. ed. São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1987. v. 2.
- CETESB. **Guia de coleta e preservação de amostras de águas**. São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1998. cap. 3, 5.
- CONAMA. Resolução n.º 20, de 18 de junho de 1986. Estabelece classificação das águas doces, salobras e salinas do território nacional.
- DANIEL, L. A. Processos de desinfecção e desinfetantes alternativos na produção de água potável. São Carlos: PROSAB, 2001. ISBN: 85-86552-18-6.
- DI BERNARDO, L. **Métodos e técnicas de tratamento e água**. Rio de Janeiro: ABES, 1993. v. 2, cap. 15.
- FUNASA. **Publicações técnicas e científicas**. Disponível em: <<http://www.funasa.gov.br/pub/pub00.htm>>. Acesso em: 4 out. 2002.
- LEME, F. P. **Engenharia do saneamento ambiental**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1984. ISBN: 85-216-0342-8.
- LORA, E. E. S. **Prevenção e controle da poluição nos setores energético, industrial e de transporte**. Brasília: ANEEL, 2000. ISBN: 85-87491-04-0.
- NEVES, D. P. **Parasitologia humana**. 7. ed. São Paulo: Atheneu, 1988.
- PEREIRA NETO, J. T. **Ecologia, meio ambiente e poluição**. Viçosa: Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Viçosa, 1993.
- RICHTER, C.; AZEVEDO NETTO, J. M. **Tratamento de água: tecnologia atualizada**. São Paulo: Edgard Blucher, 1991.
- SAUNDERS, R. J. **Abastecimento de água em pequenas comunidades: aspectos econômicos e políticos nos países em desenvolvimento**. Rio de Janeiro: ABES/BNH, Brasília: CODEVASF, 1983. 252 p.
- VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, 1996. v. 1. ISBN: 85-7041-114-6.

## SAIBA MAIS

---

---

- ▶ [www.who.int/phe](http://www.who.int/phe)
- ▶ [www.ana.gov.br](http://www.ana.gov.br)
- ▶ [www.funasa.gov.br/pub/manusane/manusan00.htm](http://www.funasa.gov.br/pub/manusane/manusan00.htm)
- ▶ [www.tratamentodeagua.com.br/agua/agua.htm](http://www.tratamentodeagua.com.br/agua/agua.htm)
- ▶ [www.ocaminhodaagua.hpg.ig.com.br/as.html](http://www.ocaminhodaagua.hpg.ig.com.br/as.html)
- ▶ [www.saneamentobasico.com.br](http://www.saneamentobasico.com.br)
- ▶ [www.sabesp.com.br](http://www.sabesp.com.br)
- ▶ [www.hypocal.com.br](http://www.hypocal.com.br)
- ▶ [www.universidadaagua.org.br](http://www.universidadaagua.org.br)
- ▶ [www.cetesb.com.br](http://www.cetesb.com.br)
- ▶ [www.sanepar.pr.gov.br/prosab](http://www.sanepar.pr.gov.br/prosab)

## ATIVIDADE DE AUTO-AVALIAÇÃO

Assinale V para as afirmações verdadeiras e F para as falsas:

- a. ( ) Cólera, febre tifóide, amebíase, hepatite e diarreia são doenças relacionadas à contaminação da água.
- b. ( ) Lençol freático é um manancial subterrâneo de água muito pura (sem contaminantes).
- c. ( ) A fervura é um método de desinfecção da água muito útil para áreas onde não se tem tratamento da água.
- d. ( ) A maioria absoluta da população ferve a água antes de ingeri-la.
- e. ( ) Decantação, coagulação-floculação, filtração, desinfecção e fluoretação fazem parte de um sistema convencional de tratamento da água.
- f. ( ) O pH é o principal parâmetro usado para corrigir a dureza da água.
- g. ( ) Ozônio, iodo, prata e cloro fazem parte dos principais métodos químicos de desinfecção da água.
- h. ( ) As grades de retenção de material flutuante só devem ser usadas nas estações de purificação da água.
- i. ( ) O sulfato de alumínio é muito utilizado para desinfetar a água contaminada.
- j. ( ) Quando a água é captada em pequenas fontes superficiais, não é necessário ter uma caixa de areia para proteger a tubulação.

## EXERCÍCIOS PARA ELABORAÇÃO DO PLANO

---

---

Com base no que vimos até agora, preencha o formulário FCA-01 (Sistema de Abastecimento de Água), com as características das fontes de captação da água utilizada para as diferentes finalidades no estabelecimento. No caso de captação de água da rede pública, procure saber qual a origem desta água (rio, poço artesiano).

---

---

## CAPÍTULO 2 – ARMAZENAMENTO E MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA

---

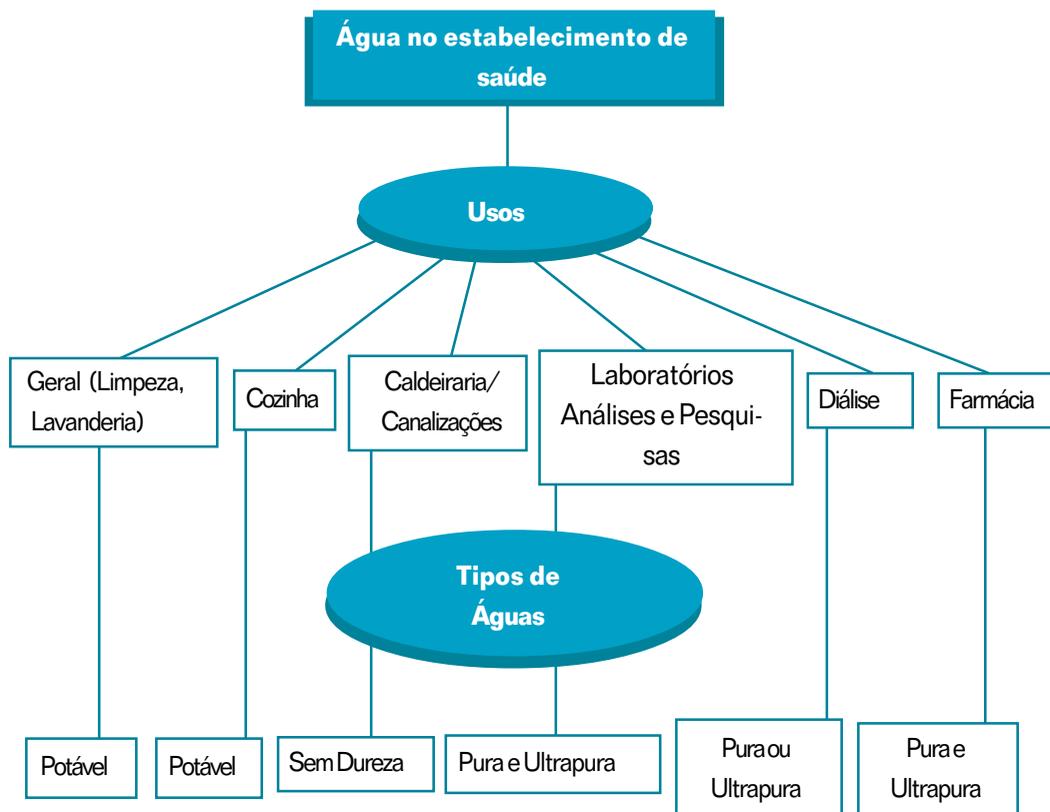
O consumo de água por um estabelecimento de saúde varia em função dos tipos de procedimentos realizados no cotidiano. A **OMS** estima que um estabelecimento de saúde de porte médio consuma cerca de 230 litros de água por dia/paciente. A grande maioria dos estabelecimentos de saúde tem acesso à água fornecida por companhias públicas ou privadas. Alguns estabelecimentos de saúde têm uma fonte própria de abastecimento de água (ex. poço artesiano) ou utilizam os dois sistemas simultaneamente

[www.who.int](http://www.who.int)

Neste capítulo, consideramos que a água que chega ao estabelecimento de saúde satisfaz os critérios de potabilidade definidos pela **CONAMA**. Se o estabelecimento de saúde possuir sistema de abastecimento próprio, o sistema utilizado para garantir a potabilidade da água dependerá da qualidade do manancial. As técnicas de tratamento utilizadas para esse fim enquadraram-se entre as estudadas no Capítulo 1 desta Unidade.

Resolução nº 20/86

O estabelecimento de saúde deve possuir os laudos (ou cópias) que atestam a qualidade da água utilizada, independentemente de sua origem. Além dos laudos, o estabelecimento de saúde pode exigir também informações sobre o sistema de tratamento de água utilizado para potabilizar a água, quando esta é comprada de um fornecedor. A água potável que chega a um estabelecimento de saúde inicialmente será armazenada em reservatórios. Um tratamento mais específico poderá ser necessário dependendo do uso e destino da água. As análises prévias sobre a qualidade da água é que orientarão sobre qual o tratamento mais adequado para tornar a água útil nos casos mais específicos. O esquema a seguir mostra-nos as diferentes possibilidades de uso da água nos estabelecimentos de saúde, bem como os riscos envolvidos no tratamento/armazenamento ineficaz dessa água.



## Riscos Associados a um Tratamento/Armazenamento Ineficiente da Água

### Caldeiraria e Canalizações (Cozinha, Lavanderia, Climatização)

- ▶ Corrosão
- ▶ Incrustações
- ▶ Explosões

## Laboratório de Análises Bioquímicas ou de Pesquisa

- ▶ Danos aos sistemas de purificação/ultrapurificação da água
- ▶ Danos nos aparelhos/equipamentos analíticos
- ▶ Contaminação da vidraria
- ▶ Interferência nos resultados analíticos
- ▶ Contaminação dos meios de cultura

## Farmácia

- ▶ Danos aos sistemas de purificação da água
- ▶ Contaminação das vidrarias e soluções
- ▶ Contaminação de medicamentos

## Diálise

- ▶ Danos aos sistemas de purificação/ultrapurificação da água
- ▶ Danos nos aparelhos de diálise
- ▶ Contaminação dos pacientes por substâncias químicas
- ▶ Contaminação dos pacientes por microorganismos (ex., choque séptico)

## Geral

- ▶ Gosto desagradável na água potável
- ▶ Ineficácia da higienização
- ▶ Contaminação por microorganismos

A seguir, detalharemos alguns aspectos com relação ao armazenamento e tratamento/purificação da água Fundação Nacional da Saúde (FUNASA).

## Processos de Limpeza e Desinfecção de Reservatórios e Caixas d'Água

### Reservatórios

Os reservatórios são sempre um ponto susceptível de contaminação no sistema de distribuição de água. Para evitar sua contaminação, é necessário que:

- 1º – sejam protegidos com estrutura adequada, tubo de ventilação, impermeabilização, cobertura, sistema de drenagem, abertura para limpeza, registro de descarga, indicador de nível e saída para o líquido excedente;
- 2º – Sua limpeza e desinfecção sejam realizadas rotineiramente (no mínimo semestralmente);
- 3º – seja observada a capacidade de reservação, recomendando-se que o volume armazenado seja igual ou maior que  $1/3$  do volume de água consumido referente ao dia de maior consumo. Especificamente para a lavanderia, o volume armazenado deve ser igual ou maior que 100% do volume de água consumido de acordo com a capacidade nominal máxima instalada.

De acordo com sua localização e forma construtiva, os reservatórios podem ser:

- ▶ reservatório de montante: situado no início da rede de distribuição, sendo sempre o fornecedor de água para a rede;
- ▶ reservatório de jusante: situado no extremo ou em pontos estratégicos do sistema, podendo fornecer ou receber água da rede de distribuição;
- ▶ elevados: construídos sobre colunas quando há necessidade de aumentar a pressão em consequência de condições topográficas;
- ▶ apoiados, enterrados e semi-enterrados: aqueles cujo fundo está em contato com o terreno.

Materiais utilizados na construção de reservatórios:

- ▶ concreto armado;
- ▶ aço;
- ▶ fibra de vidro;
- ▶ alvenaria;
- ▶ argamassa armada;
- ▶ ferrocimento.

## PROTEÇÃO

A proteção do poço escavado ou reservatórios semi-enterrados têm a finalidade de dar segurança à sua estrutura e, principalmente, evitar a contaminação da água.

A seguir, apontamos os possíveis meios de contaminação do poço e as respectivas medidas de proteção.

**Infiltração de águas da superfície**, através do terreno, atingindo a parede e o interior do poço:

▶ **proteção:** impermeabilizar a parede até a altura mínima de três metros e construir plataforma (calçada) de concreto com um metro de largura, em volta da boca do poço;

▶ sabe-se que, durante a infiltração das águas de superfície no terreno, suas impurezas ficam retidas numa faixa do solo, a qual, para segurança dos poços, é indicada com três metros. Por essa razão, o revestimento impermeabilizado deve atingir essa cota. A construção da calçada, em volta do poço, evita lamaçal e impede, também, a infiltração das águas de superfície na área.

**Escoamento de águas da superfície** e enxurradas através da boca do poço para seu interior:

▶ **proteção:** construir uma caixa (camisa) sobre a boca do poço, feita de concreto ou alvenaria de tijolos. A referida caixa poderá ser construída, fazendo-se o prolongamento externo da parede de revestimento do poço. Deverá ter altura entre 50 e 80 centímetros, a partir da superfície do solo.

**Entrada de objetos contaminados, animais, papéis, etc.**, através da boca do poço:

▶ **proteção:** fechar a caixa da boca do poço com cobertura de concreto ou de madeira, deixando abertura de inspeção com tampa de encaixe.

## DESINFECÇÃO

Após a construção ou qualquer reparo em poços ou reservatórios, os mesmos deverão ser desinfetados. Só assim a água a ser fornecida estará em condições de uso.

Quantidade de desinfetante a usar:

- ▶ solução a 50mg/l de  $\text{Cl}_2$  - tempo de contato 12 horas;
- ▶ solução a 100mg/l de  $\text{Cl}_2$  - tempo de contato 4 horas;
- ▶ solução a 200mg/l de  $\text{Cl}_2$  - tempo de contato 2 horas.

**PASSOS NA DESINFECÇÃO:**

- ▶ calcular o volume ou capacidade do reservatório ou poço a ser desinfetado, em unidades cúbicas;
- ▶ calcular o desinfetante a ser usado;
- ▶ preparar a solução desinfetante a 5%, pesando o produto e despejando-o em água limpa. Agitar bem e depois deixar em repouso;
- ▶ desprezar a borra e derramar a solução no poço.

.....

▶ **Observações:**

- ▶ A desinfecção com solução forte de 100 mg/l de Cl<sub>2</sub> deve ser precedida de limpeza, com escovas, de todas as superfícies do poço, paredes, face interna da tampa, tubo de sucção.
- ▶ As amostras para análise bacteriológica devem ser colhidas após as águas não apresentarem mais nenhum odor ou sabor de cloro.
- ▶ A desinfecção de um poço elimina a contaminação presente no momento, mas não tem ação sobre o lençol de água propriamente dito, cuja contaminação pode ocorrer antes, durante e depois da desinfecção do poço.

.....

## Reservatórios domiciliares para água (caixas d'água)

Os reservatórios domiciliares são pontos fracos do sistema, onde a água está mais sujeita à contaminação. Sua limpeza e desinfecção devem ser realizadas periodicamente. A seguir, serão mostradas as instruções para melhor limpeza e desinfecção de caixa d'água:

- 1 - feche o registro impedindo a entrada de água na caixa ou amarre a bóia;
- 2 - esvazie a caixa d'água abrindo as torneiras e dando descargas;
- 3 - firme bem a escada e tenha cuidado com fios elétricos;

- 4** - quando a caixa estiver quase vazia, tampe a saída para que a água que restou seja usada na limpeza, e para que a sujeira não desça pelo cano. Esfregue as paredes e o fundo da caixa;
- 5** - use somente panos e escova para a limpeza;
- 6** - nunca use sabão, detergente ou outros produtos;
- 7** - retire a água e o material que restaram da limpeza (balde, escova e panos), deixando a caixa totalmente limpa;
- 8** - deixe entrar água na caixa até encher e acrescente 1 litro de água sanitária para cada 1.000 litros de água;
- 9** - não use de forma alguma esta água por 2 horas;
- 10** - passadas essas duas horas, feche o registro ou a bóia para não entrar água na caixa;
- 11** - ao esvaziar a caixa, esta água servirá também para limpar e desinfetar os canos;
- 12** - Tampe a caixa d'água para que não entrem pequenos animais ou insetos;
- 13** - anote do lado de fora da caixa a data da limpeza; e
- 14** - finalmente abra a entrada de água.

## Monitoramento da Água Consumida

Após os processos de tratamento e armazenamento, a água deverá encontrar-se dentro dos padrões de potabilidade para consumo humano (OPAS, 1987; MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2000).

### Definições Importantes

▶ **Água potável** – água para consumo humano cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade e que não ofereçam riscos à saúde.

▶ **Vigilância da qualidade da água para consumo humano** – conjunto de ações adotadas continuamente pela autoridade de saúde pública para verificar se a água consumida pela população atende aos padrões legais e para avaliar os riscos que os sistemas e as soluções alternativas de abastecimento de água representam para a saúde humana.

▶ **Coliformes totais (bactérias do grupo coliforme)** – bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativas, capazes de se desenvolver na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a  $35,0 \pm 0,5$  °C em 24-48 horas, e que podem apresentar atividade da enzima  $\beta$ -galactosidase. A maioria das bactérias do grupo coliforme pertence aos gêneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter*, embora vários outros gêneros e espécies pertençam ao mesmo grupo.

▶ **Coliformes termotolerantes** – subgrupo das bactérias do grupo coliforme que fermentam a lactose à  $44,5 \pm 0,2$  °C em 24 horas; tem como principal representante a *Escherichia coli*, de origem exclusivamente fecal.

▶ ***Escherichia coli*** - bactéria do grupo coliforme que fermenta a lactose e manitol, com produção de ácido e gás a  $44,5 \pm 0,2$  °C em 24 horas; produz indol a partir do triptofano, oxidase negativa, não hidroliza a uréia e apresenta atividade das enzimas  $\beta$ -galactosidase e  $\beta$ -glucoronidase, sendo considerada o indicador mais específico de contaminação fecal recente e de eventual presença de organismos patogênicos.

▶ **Contagem de bactérias heterotróficas** – determinação da densidade de bactérias que são capazes de produzir unidades formadoras de colônias (UFC), na presença de compostos orgânicos contidos em meio de cultura apropriada, sob condições preestabelecidas de incubação:  $35,0 \pm 0,5$  °C por 48 horas.

▶ **Cianobactérias** – microorganismos procarióticos autotróficos, também denominados como cianofíceas (algas azuis), capazes de ocorrer em qualquer manancial superficial, especialmente naqueles com elevados níveis de nutrientes (nitrogênio e fósforo), podendo produzir toxinas com efeitos adversos à saúde.

▶ **Cianotoxinas** – toxinas produzidas por cianobactérias que apresentam efeitos adversos à saúde por ingestão oral, incluindo:

**a) microcistinas:** hepatotoxinas heptapeptídicas cíclicas produzidas por cianobactérias, com efeito potente de inibição de proteínas fosfatases dos tipos 1 e 2A e promotoras de tumores;

**b) cilindrospermopsina:** alcalóide guanidínico cíclico produzido por cianobactérias, inibidor de síntese protéica, predominantemente hepatotóxico, apresentando também efeitos citotóxicos nos rins, baço, coração e outros órgãos;

**c) saxitoxinas** - grupo de alcalóides carbamatos neurotóxicos produzido por cianobactérias, não sulfatados (saxitoxinas) ou sulfatados (goniautoxinas e C-toxinas) e derivados do decarbamil, apresentando efeitos de inibição da condução nervosa por bloqueio dos canais de sódio.

## Padrões de Potabilidade

Resolução nº 20 do CONAMA de 18/06/1986, [www.mma.gov.br/port/conama/index.html](http://www.mma.gov.br/port/conama/index.html)  
Portaria nº 1469 do Ministério da Saúde - Norma de qualidade de água para consumo humano, de 29/12/2000.

A água própria para o consumo humano, ou **água potável**, deve obedecer a certos requisitos de ordem físico-química e microbiológica.

## a) MICROBIOLÓGICOS

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, portanto, 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 encontra na água, isto é, fora do seu habitat natural. A água potável deve estar em conformidade com o padrão microbiológico, conforme Tabela 2.

TABELA 2 – PADRÃO MICROBIOLÓGICO DE POTABILIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO

PARÂMETRO	VMP <sup>(1)</sup>
Água para consumo humano <sup>(2)</sup>	
<i>Escherichia coli</i> ou coliformes termotolerantes <sup>(3)</sup>	Ausência em 100/ml
Água saída do tratamento	
Coliformes totais	Ausência em 100/ml
Água tratada no sistema de distribuição (reservatórios e rede)	
<i>Escherichia coli</i> ou coliformes termotolerantes <sup>(3)</sup>	Ausência em 100/ml
Coliformes totais	Sistemas que analisam 40 ou mais amostras por mês: Ausência em 100/ml em 95% das amostras examinadas no mês. Sistemas que analisam menos de 40 amostras por mês: Apenas uma amostra poderá apresentar mensalmente resultado positivo em 100/ml

NOTAS: (1) Valor Máximo Permitido.

(2) Água para consumo humano em toda e qualquer situação, incluindo fontes individuais como poços, minas nascentes, entre outras.

(3) A detecção de *Escherichia coli* deve ser preferencialmente adotada.

## b) FÍSICO-QUÍMICOS

Alguns dos parâmetros físico-químicos de potabilidade para consumo humano são mostrados na Tabela 3. Recomenda-se que o teor máximo de cloro residual livre (excesso de cloro na água para prevenir a contaminação por microorganismos), em qualquer ponto do sistema de abastecimento, seja de 2.0 mg/l.

TABELA 3 – ALGUNS PADRÕES FÍSICO-QUÍMICOS DE POTABILIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO

PARÂMETRO	UNIDADE	VMP <sup>(1)</sup>
Alumínio	mg/l	0,2
Amônia (como NH <sub>3</sub> )	mg/l	1,5
Cloreto	mg/l	250
Cor Aparente	µH <sup>(2)</sup>	15
Dureza	mg/l	500
Etilbenzeno	mg/l	0,2
Ferro	mg/l	0,3
Manganês	mg/l	0,1
Monoclorobenzeno	mg/l	0,12
Odor	--	Não objetável <sup>(3)</sup>
Gosto	--	Não objetável <sup>(3)</sup>
Sódio	mg/l	200
Sólidos dissolvidos totais	mg/l	1.000
Sulfato	mg/l	250
Sulfeto de Hidrogênio	mg/l	0,05
Surfactantes	mg/l	0,5
Tolueno	mg/l	0,17
Turbidez	UT <sup>(4)</sup>	5
Zinco	mg/l	5
Xileno	mg/l	0,3

NOTAS: (1) Valor Máximo Permitido

(2) Unidade Hazen (mg Pt-Co/l)

(3) Critério de referência

(4) Unidade turbidez

As metodologias analíticas para determinação dos parâmetros físicos, químicos, microbiológicos e de radioatividade devem atender:

1. às normas nacionais que disciplinem a matéria;
2. às normas da edição mais recente da publicação Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, de autoria das instituições American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) e Water Pollution Control Federation (WPCF); ou
3. às normas publicadas pela **ISO** (International Standardization Organization).

[www.iso.ch](http://www.iso.ch)

## Planejamento e Coleta de Amostras de Água para Análise

A qualidade da água é avaliada por meio de análises. Analisar toda a massa de água destinada ao consumo é impraticável; por isso, colhem-se amostras e, através de sua análise conclui-se qual a qualidade da água. Os métodos de análise, fixam o número de amostras e o volume de água necessário, a fim de que o resultado seja o mais correto possível ou, em outras palavras, represente melhor o que realmente se passa em uma massa líquida cuja qualidade se deseja saber.

O resultado da análise de uma amostra de água revela, unicamente, as características apresentadas pela água no momento em que foi coletada. A amostra de água para análises físico-químicas comuns deve ser coletada em frasco apropriado e convenientemente tampado. As amostras devem ser enviadas com a máxima brevidade ao laboratório. Planejamento é a elaboração de um roteiro para realização de determinada tarefa. Ao coletar um material, deve-se realizar um planejamento para obter uma amostra representativa e resultados satisfatórios dentro da realidade da amostragem. Um bom planejamento de amostragem inclui: metodologia de coleta; tipos de amostras (simples ou composta); pontos de amostragem; tempo de coleta; preservação; transporte; equipamentos necessários; coletor bem treinado; parâmetros a serem analisados.

## Processos de Purificação de Água

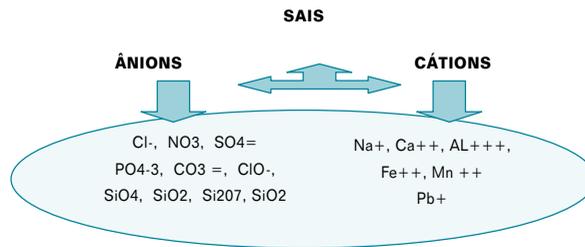
As águas de abastecimento público não apresentam alto grau de pureza, assim, quando são utilizadas para fins especiais, precisam ser purificadas adequadamente. Águas para fins laboratoriais, farmacêuticos e de diálise devem possuir alto grau de pureza.

## Importância da Purificação

**Contaminantes** – sais; compostos orgânicos; partículas/colóides; microorganismos; gases dissolvidos.

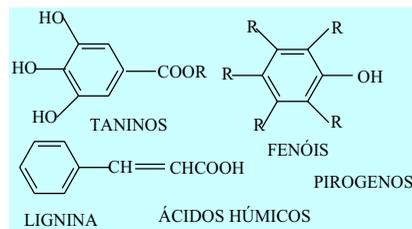
Muitos **contaminantes** podem estar presentes na água de abastecimento. Quando ingeridos em grandes quantidades ou alta concentração podem afetar a saúde humana. Entre as principais, destacamos (SANTOS FILHO, 1987; RICHTER e AZEVEDO NETO, 1991):

### a) Exemplos de solutos inorgânicos



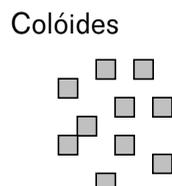
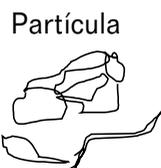
### b) Exemplos de compostos orgânicos

#### SOLUTOS ORGÂNICOS NATURAIS



Solutos orgânicos antropogênicos: herbicidas, organoclorados, ftalatos, inseticidas, bifenil policlorados e poliaromáticos.

### c) Exemplos de partículas e colóides



**d) Tipos de microrganismos:** bactérias; fungos; vírus

**e) Gases**

- ▶ oxigênio ( $O_2$ );
- ▶ radônio (Ra);
- ▶ nitrogênio ( $N_2$ );
- ▶ gás carbônico ( $CO_2$ ).

## Classificação do Grau de Pureza da Água

As águas purificadas são classificadas quanto ao seu grau de pureza, ou seja, dependendo de pureza, elas podem ser usadas para diversos fins:

- ▶ preparação de meios microbiológicos, tampões, reagentes químicos e bioquímicos;
- ▶ água para instrumentação (câmaras climáticas, umidificadores, analisadores clínicos) e água purificada (farmacopéia), absorção atômica, cromatografia, analisadores de Carbono Orgânico Total (COT), eletroforese capilar;
- ▶ seqüenciamento de DNA/proteínas, cultura de células;
- ▶ microeletrônica.

Uma classificação muito usada é a da American Society for Testing and Materials (ASTM), dos Estados Unidos. A Tabela 4 nos mostra os padrões de pureza para os diferentes tipos de água pura.

**TABELA 4 – PADRÕES DE PUREZA SEGUNDO A ASTM, DOS ESTADOS UNIDOS**

ASTM	Tipo I	Tipoll	Tipolll
Condutividade a 25 °C (microhos/cm)	0,056	1,0	0,250
Resistividade a 25 °C (megohms/cm)	< 1,0	1,0	4,0
Total de Silica (mg/l)	3,0	3,0	500
Carbono Orgânico Total (mg/l)	10	50	200
Cloro (mg/l)	1,0	5,0	10,0
Sódio máx (mg/l)	1	5,0	10
Bactérias, máxima UFC/l	10	100	10000
Endotoxinas, Ue/ml	< 0,03	< 0.25	N.A.

#### APLICAÇÕES DA ÁGUA TIPO I (ULTRAPURA):

- ▶ Absorção/Emissão atômica
- ▶ Cromatografia
- ▶ Analisadores de TOC
- ▶ Monocamadas de Langmuir
- ▶ Eletroforese capilar
- ▶ Seqüenciamento de DNA/proteínas
- ▶ Cultura de células
- ▶ Microeletrônica
- ▶ Estudos em toxicologia
- ▶ Fertilização *in vitro*
- ▶ Eletroforese 2D
- ▶ Biologia molecular

Técnicas de obtenção de Água Tipo I: resinas de troca iônica, carvão ativado, filtração com membranas (precedidas obrigatoriamente por destilação, osmose reversa, resina de troca iônica simples e carvão ativado).

#### APLICAÇÕES DA ÁGUA TIPO II:

- ▶ Preparo de meios microbiológicos
- ▶ Preparação de tampões
- ▶ Preparação de reagentes: químicos e bioquímicos
- ▶ Água para instrumentação (câmaras climáticas, umidificadores, analisadores clínicos, etc.)
- ▶ Água purificada (farmacopéia)

**Técnicas de obtenção de Água Tipo II:** destilação, resinas de troca iônica, carvão ativado, eletrodeionização.

#### APLICAÇÕES DA ÁGUA TIPO III:

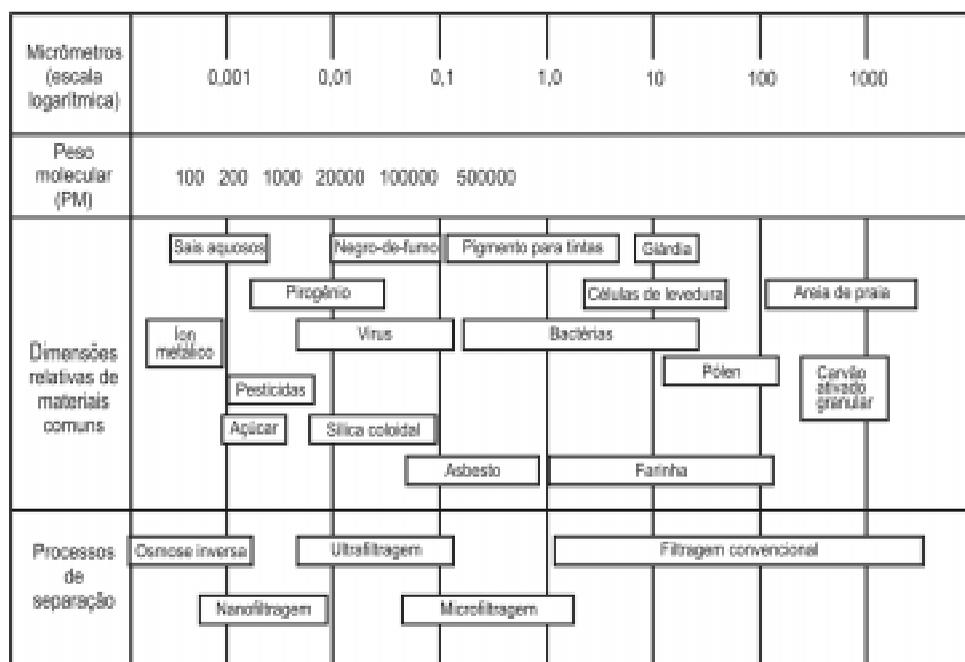
- ▶ Uso geral em laboratório
- ▶ Preparo de meios microbiológicos
- ▶ Alimentação de máquinas de lavagem de vidraria
- ▶ Alimentação de sistemas de água ultrapura

**Técnicas de obtenção de Água Tipo III:** destilação, osmose reversa, resinas de troca iônica simples, carvão ativado, filtração com membranas.

A seguir, detalhamos as diferentes técnicas disponíveis para a purificação da água.

## Técnicas de Purificação

Existem diversos caminhos para descontaminar ou purificar a água potável ou não potável. As técnicas mais conhecidas são: filtração com Carvão ativado, osmose reversa, deionização, adsorção orgânica, filtração microporos, ultrafiltração, oxidação por ultravioleta e destilação. Todas essas técnicas são usadas em combinação para produção de água ultra-pura, principalmente para uso em laboratório bioquímico ou farmacêutico, ou ainda, para centros de diálise. Como exemplo, a Figura 11 nos mostra uma escala dimensional de substâncias/organismos com os respectivos processos de separação por filtração com membranas.

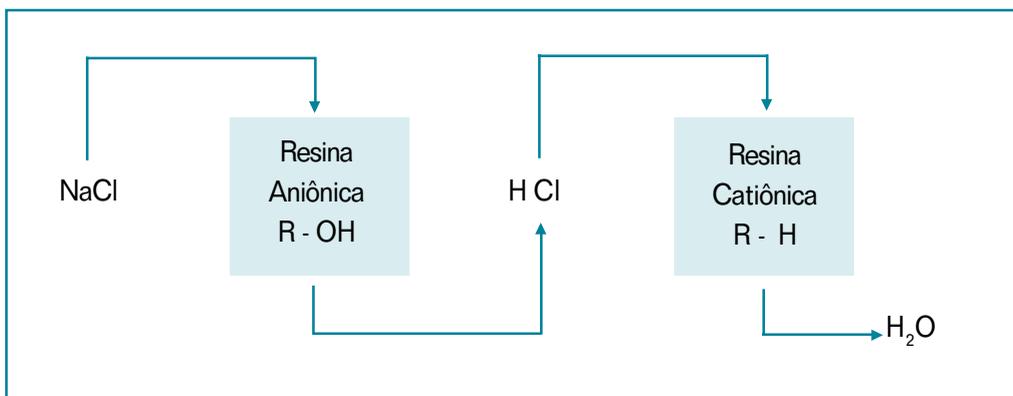


**Figura 11** – Compostos/microorganismos separados por diferentes técnicas que usam membranas de filtração

### a) DEIONIZAÇÃO

É o método mais usado em laboratórios para produzir água purificada e é capaz de purificar a água com uma **resistividade máxima**. Este é um método conveniente, rápido, e pode ser suficiente para muitas aplicações. Consiste basicamente na remoção de sólidos dissolvidos e gases. 18 Megaohm.cm a 25 °C

Consegue-se a deionização (ou desmineralização) de água ao passá-la por colunas de resinas catiônicas na forma  $H^+$  e aniônicas na forma  $OH^-$ , separadamente, ou então em uma só coluna que tenha esses dois tipos de resinas (leito misto). No primeiro caso, deve-se passar a água primeiramente pelas resinas catiônicas, pois estas são mais resistentes que as aniônicas, tanto química, como fisicamente. Desse modo, as resinas catiônicas podem proteger as aniônicas, funcionando como um filtro e aparando certos constituintes danosos às resinas aniônicas. Esse método troca íons hidrogênio por cátions e íons hidroxila por ânions, os quais estão presentes na água. Após certas quantidades de impurezas, todos os hidrogênios e hidroxilas na resina são substituídos; neste caso, as resinas podem ser substituídas ou regeneradas. Exemplo:

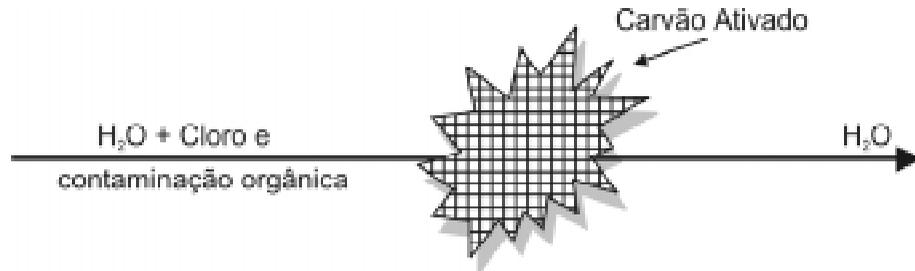


**Vantagens:** efetiva remoção de íons (Resistividade de 1-10 Megaohm.cm); instalação simples; baixo investimento; regenerável.

**Desvantagens:** não remove partículas, material orgânico ou microorganismos; resinas regeneradas podem gerar partículas, orgânicos ou promover crescimento de bactérias; altos custos de operação, regeneração, transporte; qualidade da água é variável; glóbulos danificados.

## b) FILTRAÇÃO COM CARVÃO ATIVADO

O carvão ativado é usado para remover cloro e compostos orgânicos dissolvidos. As membranas usadas na osmose reversa são sensíveis ao cloro e também a alguns orgânicos dissolvidos, por isso o carvão ativado é colocado em duas etapas nesses tipos de purificação.



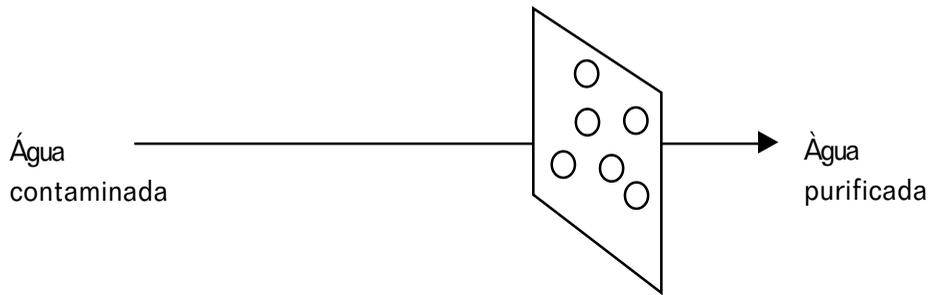
Deve-se ressaltar que, se o percurso entre o carvão ativado e o uso final da H<sub>2</sub>O for o mesmo, pode ocorrer contaminação dependendo do grau de manutenção e da idade do sistema de tubulações e reservatório.

## c) ADSORÇÃO ORGÂNICA

A limpeza orgânica é um processo pelo qual a água a ser purificada passa por uma resina recheada com carbono sintético especial. Essa técnica é usada em combinação com a osmose reversa para remover traços de contaminantes orgânicos até níveis baixos como 5 µg/l.

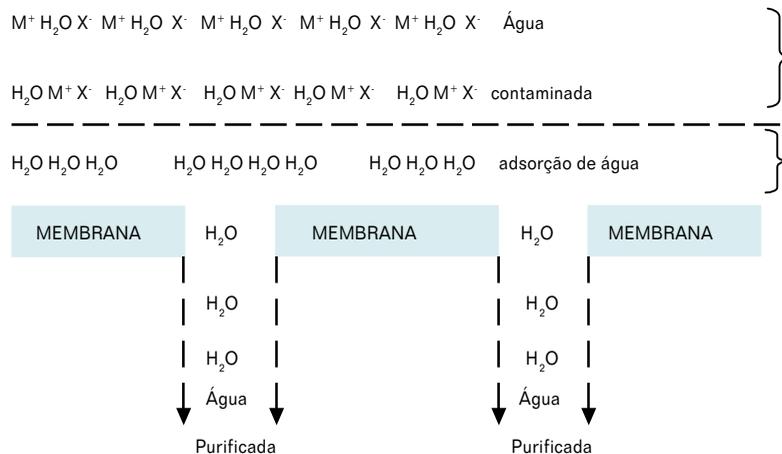
## d) MEMBRANA FILTRANTE

A membrana filtrante serve para remoção de partículas e microorganismos. É um complemento útil a qualquer sistema que usa filtração por carvão ativado ou deionização. Este sistema remove partículas finas, fragmentos de resinas e bactérias. Nesse sistema usa-se membrana com um tamanho de poro absoluto de 0,2 micron, a qual previne a passagem de qualquer contaminante maior.



### e) OSMOSE REVERSA

A osmose reversa é uma técnica muito usada para remoção de substâncias inorgânicas dissolvidas na água. A osmose reversa consiste na passagem de água por uma membrana semi-permeável, a qual permite somente a passagem da água e não de outros materiais. Esse processo depende da adsorção da água na superfície da membrana, que é constituída por acetato de celulose ou poliamida. A água pura adsorvida na camada é, sob pressão, passada pelos poros da membrana.

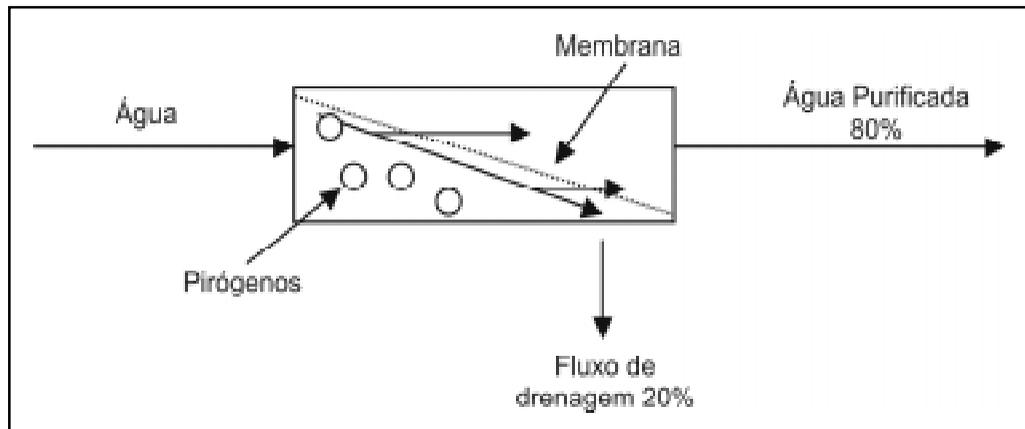


**Vantagens:** remove uma certa porcentagem de todos os tipos de contaminantes da água (íons, compostos orgânicos, pirógenos, vírus, bactérias, partículas e colóides); baixos custos de operação devido à pouca utilização de energia elétrica; manutenção mínima e bom controle dos parâmetros operacionais.

**Desvantagens:** contaminantes não são suficientemente removidos; membranas de osmose reversa estão sujeitas a incrustações e obstruções no longo prazo (se não forem apropriadamente protegidas); consumo de água semelhante ao dos destiladores.

## f) ULTRAFILTRAÇÃO

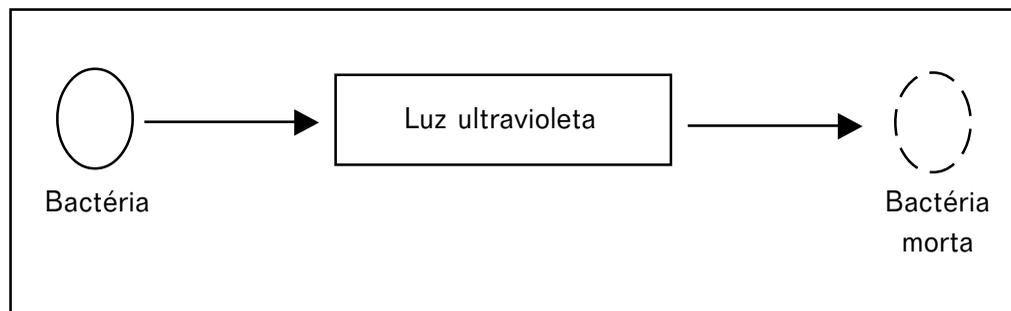
Nesta técnica, usa-se um filtro de membrana com poros muito finos (microporos). Este sistema é capaz de reter partículas, microrganismos e também pirógenos. A ultrafiltração é parceira nas aplicações farmacêuticas, uma vez que os filtros microporos (osmose reversa) não removem muito bem os pirógenos. É um sistema muito usado para remover pirógenos de águas já purificadas de outros contaminates.



**Figura 12** – Sistema de ultrafiltração

## g) OXIDAÇÃO ULTRAVIOLETA

A purificação d'água por oxidação ultravioleta é outro método que pode ser acoplado a outros sistemas de purificação (DANIEL, 2001). Porém, não é aconselhável sua utilização em estabelecimentos de saúde, em função da dificuldade de aferição e manutenção da fonte de luz ultravioleta. Esse método consiste na eliminação de bactérias e também realiza um excelente trabalho na ionização de compostos orgânicos. A radiação ultravioleta no comprimento de onda a 254/nm causa inativação das bactérias.



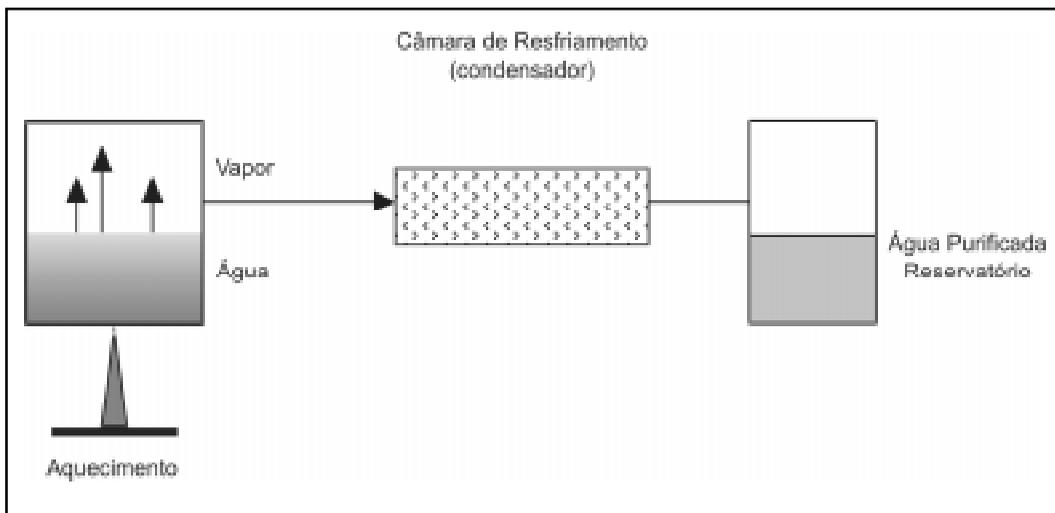
**Figura 13** – Oxidação ultravioleta

**Vantagens:** conversão de traços de contaminantes orgânicos em espécies com carga e ao final em  $\text{CO}_2$  (185 + 254 nm); destruição limitada de microrganismos e vírus (254 nm); baixo consumo de energia; fácil operação.

**Desvantagens:** técnica de polimento; pode ser prejudicada se a concentração de compostos orgânicos na água de alimentação for muito alta; compostos orgânicos são convertidos e não removidos; efeito limitado sobre outros contaminantes; projeto tem de ser bem adequado para garantir eficácia.

## h) DESTILAÇÃO

É o método de purificação que consiste na condensação do vapor d'água.



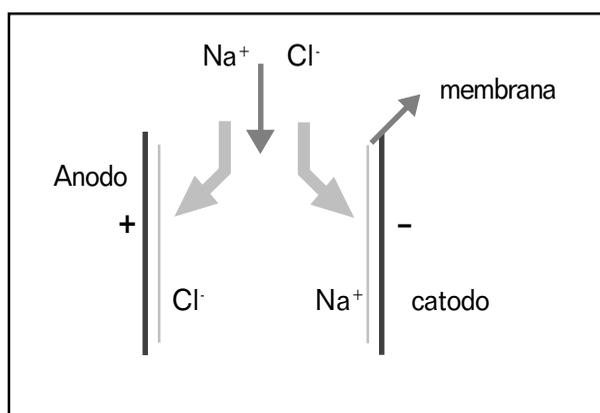
**Figura 14** – Destilação

**Vantagens:** remove uma grande porcentagem de impurezas; produz água com resistividade entre 0,2 e 1,0 Megaohm.cm; investimento médio e técnica reconhecida como de fácil operação.

**Desvantagens:** nem todos os contaminantes são removidos e alguns são introduzidos durante o processo; sem controle do nível de pureza; altos custos de operação por aquecimento elétrico (0,8 kw/l) e resfriamento (15 litros consumidos por litro destilado); requer manutenção regular (limpeza ácida) ou pré-tratamento para assegurar bom desempenho.

### i) ELETRODIÁLISE (ED)

A eletrodialise consiste na remoção de contaminantes iônicos da água através de uma corrente elétrica, utilizando membranas seletivas. A ED tem muitas desvantagens para produzir água de grau laboratorial e raramente é usada em instalações laboratoriais. É limitada na remoção de contaminantes, não remove orgânicos, pirógenos e metais fracamente carregados ou sem carga superficial. O sistema requer uma escala operatória e manutenção rotineira. Muitos colóides e detergentes podem ocupar os poros da membrana, reduzindo a habilidade de transporte iônico, requerendo assim limpeza freqüente. É um sistema caro.



**Figura 15** – Migração de íons em um campo elétrico

### j) ELETRODEIONIZAÇÃO (EDI)

Baseia-se no efeito que se consegue quando uma corrente elétrica contínua passa pela água e numa sucessão de membranas trocadoras de cátions e ânions colocados alternadamente. Os cátions passam pelas membranas trocadoras de ânions, o que provoca uma diminuição da salinidade num compartimento e um aumento no seguinte, e assim sucessivamente ao longo de todo o equipamento. É um método que apresenta baixo custo de operação e baixa manutenção, fácil de usar e ecologicamente correto.

#### **1) Exemplos de Montagem Sequencial de Cartuchos de Purificação**

Segundo o grau de pureza desejado para a água, este pode ser obtido por uma seqüência de cartuchos que nada mais são do que colunas preen-

chidas com materiais especiais por onde a água passará. Imaginemos quatro classes (qualidades) de água:

**Tipo A:** água de uso corrente (rinçagem de vidrarias, uso em baterias, umidificadores, laboratório fotográfico);

**Tipo B:** água para laboratório de análises bioquímicas (dosagem de soros, análises físico-químicas, meios de culturas não-estéreis);

**Tipo C:** água para laboratório de pesquisa médica e farmacêutica (meios de cultura estéreis, enzimologia, absorção atômica, microscopia eletrônica, microbiologia);

**Tipo D:** água especial (sem colóides) para laboratório de análises bioquímicas (microeletrônica, imunologia, biologia molecular, cromatografia).

A seguir, é mostrada uma seqüência de montagem de cartuchos para obterem-se as quatro classes (tipos) de águas de pureza diferenciada. Os números da tabela expressam a quantidade de cartuchos para cada tipo de uso.

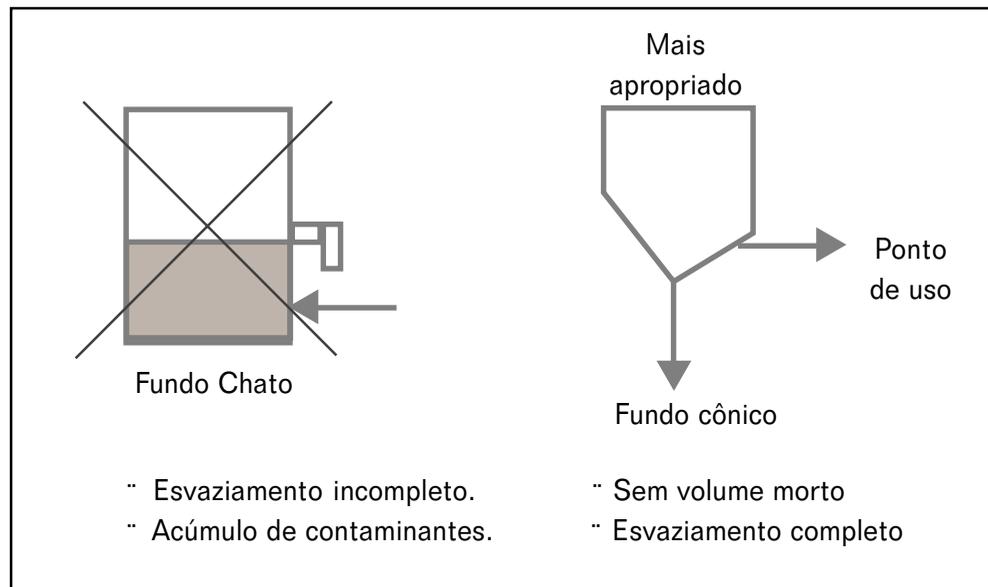
**TABELA 5 – SEQÜÊNCIA DE CARTUCHOS**

Água/Cartucho	Tipo A	Tipo B	Tipo C	Tipo D
Carvão Ativo	1	1	1	1
Troca Iônica Simples	2	1	-	1
Troca Iônica	-	1	2	2
Esterilização	-	1	1	1

## Monitoramento da Pureza da Água

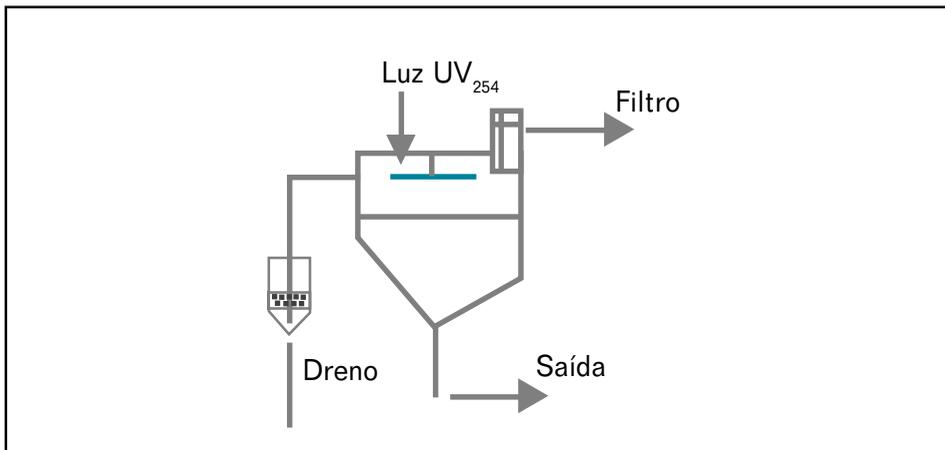
Os parâmetros de monitoramento da qualidade da água mais usados no controle da purificação da água são:

- ▶ condutividade e resistividade: medidas feitas com aparelhos analógicos;
- ▶ matéria orgânica total (COT): pode ser determinada por oxidação físico-química ou por equipamento disponível no mercado;
- ▶ análise bacteriológicas: métodos padronizados (Ex.: tubos múltiplos).



**Figura 16** – Formas de armazenagem da água purificada

Nas paredes internas dos reservatórios, é possível que se formem biofilmes (orgânicos, partículas, bactérias). Entretanto, a desinfecção com NaOCl é eficiente somente nas superfícies em contato direto com a água (tanque e circuito de distribuição) e ineficaz em superfícies acima do nível da água (ex.: gotículas de condensação, no topo do tanque). Para garantir a qualidade da água já purificada, uma lâmpada de ultravioleta no interior do reservatório pode ser usada como manutenção preventiva.



**Figura 17** – A ação da lâmpada UV<sub>254</sub> por 10-30 min/dia protege todo o interior do tanque contra a formação de biofilme e tem ação direta sobre a água armazenada.

## Casos Específicos

### A) QUALIDADE DA ÁGUA PARA DIÁLISE

A pessoa que apresenta insuficiência renal precisa ser tratada por meio da diálise, que é o processo de filtração do sangue para eliminar as impurezas acumuladas no organismo. As formas mais comuns de diálise incluem a hemodiálise e a diálise peritoneal. A hemodiálise é o processo de filtração no qual o sangue é retirado do organismo com a ajuda de uma bomba – uma máquina com filtro especial que retira as substâncias tóxicas e o excesso de água. A segurança do tratamento dialítico tem como um de seus fatores determinantes a qualidade da água empregada no processo de diálise. Para tanto, existem portarias específicas regulamentando os serviços de diálise.

Ministério da Saúde, Portaria nº 1469, de 29/12/2000  
Ministério da Saúde, Portaria nº 82, de 02/01/2000.

Como exemplo, mostramos abaixo as características físicas e organolépticas da água para uso em diálise, com a respectiva frequência de análise (Tabela 6).

**TABELA 6** – CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E ORGANOLÉPTICAS DA ÁGUA PARA USO EM DIÁLISE

<b>Característica</b>	<b>Parâmetro aceitável</b>	<b>Freqüência de verificação</b>
Cor aparente	Ausente	Diária
Turvação	Ausente	Diária
Sabor	Ausente	Diária
Odor	Ausente	Diária
Cloro residual livre	0,2 mg/l	Diária
pH	6,5 a 8,5	Diária

Os procedimentos de manutenção dos sistemas de armazenamento de água devem ser realizados de acordo com a freqüência prevista no Quadro I.

**QUADRO I** – PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO DO SISTEMA DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA PARA DIÁLISE.

<b>Procedimentos</b>	<b>Freqüência</b>
Limpeza do reservatório de água potável	Semestral
Controle bacteriológico do reservatório de água potável	Mensal
Limpeza e desinfecção do reservatório de água tratada para diálise	Mensal

#### B) ÁGUA UTILIZADA EM CALDEIRAS E TORRE DE RESFRIAMENTO (AR-CONDICIONADO)

As águas usadas nas caldeiras e torres de resfriamento precisam ser monitoradas, uma vez que as impurezas presentes ocasionam freqüentemente deterioração de equipamentos e canalizações. Entre os principais problemas em caldeiras e torres de resfriamento estão as corrosões, as incrustações e o arraste (DREW, 1979).

### ▶ **Corrosão**

A corrosão nas caldeiras dá-se em função da pressão e temperatura de operação, presença de contaminantes, tipos de tratamento da água e outros fatores, inclusive de origem mecânica.

### ▶ **Incrustação**

A presença de sais na água, entre eles o cálcio e o magnésio nas formas de carbonatos e sulfatos (dureza), ou sílica em alta concentração, provoca a formação de incrustações nas paredes internas das tubulações.

### ▶ **Arraste**

O arraste de gotas d'água com o vapor diminui sensivelmente o rendimento energético de vapor, provoca danos como a corrosão nas turbinas, queima do superaquecedor, além dos golpes de água (umidade) nas máquinas alternativas.

### ▶ **Controle das águas de caldeira**

Recomenda-se o seguinte programa de análises para o controle das águas de caldeiras:

▶ **Águas de alimentação:** dureza, sílica, oxigênio dissolvido, cloretos e pH;

▶ **Águas de caldeira:** alcalinidade total; alcalinidade a fenolftaleína; fosfatos; sílica; cloretos; pH; sólidos totais dissolvidos e sólidos em suspensão.

A frequência das análises depende da qualidade da água de alimentação (entre 6 e 12 horas).

### ▶ **Pontos de amostragem**

a) Água de alimentação: tubulação de recalque ou diretamente do tanque de alimentação através de tubulação apropriada.

b) Água de caldeira: tubulação de purga.

Torre de resfriamento é usada em diversas aplicações industriais. Por exemplo: os sistemas de águas de refrigeração fechados com recirculação são muito usados para refrigeração de compressores, turbinas a gás, trocadores de calor na indústria, ar-condicionado, sistemas de óleo de lubrificação, etc.

Além do monitoramento químico da água para evitar a corrosão e incrustação, alguns cuidados devem ser tomados no desenvolvimento microbiológico no tanque de armazenamento de água. Portanto, devem ser usados alguns agentes bactericidas e algicidas para resolver esse problema.

Os parâmetros sugeridos para um bom controle estão descritos na Tabela 7.

**TABELA 7 – PARÂMETROS PARA TORRE DE REFRIGERAÇÃO (AR-CONDICIONADO).**

<b>Análise</b>	<b>Unidade</b>	<b>Parâmetro</b>
Alcalinidade Total	ppm CaCO <sub>3</sub>	Até 200
Amônia	ppm N-NH <sub>3</sub>	Máx 1,0
Cloreto	ppm Cl	Até 150
Cobre	ppm Cu	Até 1,0
Dureza Total	ppm CaCO <sub>3</sub>	Máx 200 (aliment.)N.D. na saída
Ferro Total	ppm Fe	Até 1,0
Ortofosfatos	ppm PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Até 40
pH	-	7,0 a 9,0
Condutividade	mS/cm	2.500

#### INFORMAÇÕES BÁSICAS SOBRE OS PARÂMETROS ANALISADOS

**a) Alcalinidade:** é a forma de expressar a presença de sais dissolvidos na água em forma de bicarbonatos, hidróxidos e carbonatos. A importância de sua determinação é que, ao decomporem-se, liberam gás carbônico

(CO<sub>2</sub>) que reage com a água formando ácido carbônico (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), diminuindo o pH do meio, o qual tende a tornar-se corrosivo.

**b) Dureza Total:** a dureza total na água é devida à presença de bicarbonato, sulfatos, cloretos e nitratos de cálcio e magnésio, que são os principais causadores de incrustações.

**c) Oxigênio dissolvido:** quando presente na água de caldeira, favorece o processo de corrosão, razão pela qual deve existir um controle permanente com finalidade de mantê-lo no menor nível possível.

**d) Sulfito:** um residual de sulfito de sódio na água de caldeira indica que todo o oxigênio dissolvido na água de alimentação foi eliminado.

**e) Sílica:** a sílica solúvel presente na água de caldeira acima do limite estabelecido para a mesma pode formar, principalmente com o cálcio, incrustações de difícil remoção, além de reduzir a eficiência da caldeira.

**f) Cloretos:** o cloreto é um ânion encontrado mais freqüentemente em águas naturais, e sua concentração varia de acordo com a região.

**g) Fosfatos:** o controle de teor de fosfato é importante para certificar-se de que existe na água um residual de fosfatos. Este residual indica que não existem sais de cálcio e magnésio, isto é, dureza zero, pois os mesmos estão continuamente sendo precipitados em forma de fosfatos.

**h) pH:** o controle do pH serve para orientação na prevenção de corrosão, cujos limites de trabalho variam de acordo com o tipo e capacidade das torres de resfriamento ou caldeiras.

**i) Sólidos em suspensão:** os sólidos em suspensão nas águas de caldeira devem ser medidos para o conhecimento do material em suspensão na água (areia, lama, óleo, matéria-orgânica e outros), os quais devem estar sob controle dentro dos níveis estabelecidos para o tipo de caldeira.

**j) Sólidos totais dissolvidos (STD):** o acompanhamento deste teor permite avaliar se está tendendo ao valor máximo permissível para o tipo de caldeira, estabelecendo-se, assim, uma freqüência de descarga ou a redução do nível de STD.

## RESUMO

Neste capítulo, abordamos as técnicas de proteção e desinfecção dos reservatórios d'água. Essas técnicas devem ser aplicadas com a frequência que se fizer necessária para manter a qualidade da água dentro das normas legais. O monitoramento da qualidade da água é de fundamental importância para resguardarmos a saúde dos usuários da água, porém as técnicas de monitoramento são relativamente difíceis de serem aplicadas, exigindo pessoal com qualificação, além de infraestrutura adequada para sua aplicação.

Em virtude dos graves problemas que uma água contaminada pode ocasionar a um estabelecimento de saúde, procuramos esclarecer as metodologias disponíveis para a purificação da água. Essas técnicas geralmente demandam um treinamento especial, mas aqui foram apresentados os princípios fundamentais para a escolha e aplicação desses processos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA AWWA; WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 19. ed. Washington, D.C., 1995. p. 1060-9060.

CETESB. **Guia de coleta e preservação de amostras de águas**. São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1998. cap. 3, 5.

DANIEL, L. A. **Processos de desinfecção e desinfetantes alternativos na produção de água potável**. São Carlos: PROSAB, 2001. ISBN: 85-86552-18-6.

DREW. **Princípios de tratamento de águas industriais**. Drew Chemical Corporation, São Paulo, SP, 1979.

FUNASA. **Publicações técnicas e científicas**. Disponível em: <<http://www.funasa.gov.br/pub/pub00.htm>>. Acesso em: 4 out. 2002.

LORA, E. E. S. **Prevenção e controle da poluição nos setores energético, industrial e de transporte**. Brasília: ANEEL, 2000. ISBN: 85-87491-04-0.

OPAS. **Guias para la calidad del agua potable**. Washington, D.C., 1987. Anexo 3, p. 76-83, v. 3.

RICHTER, C.; AZEVEDO NETTO, J. M. **Tratamento de água: tecnologia atualizada**. São Paulo: Edgard Blucher, 1991.

SANTOS-FILHO, D. F. **Tecnologia de tratamento de água**. 3. ed. São Paulo: Nobel, 1987. ISBN: 85-213-0039-5.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, 1996. v. 1. ISBN: 85-7041-114-6.

SAIBA MAIS

---

---

[www.anvisa.gov.br/legis/portarias/82\\_00.htm](http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/82_00.htm)

[www.millipore.com.br](http://www.millipore.com.br)

[www.tratamentodeagua.com.br](http://www.tratamentodeagua.com.br)

[www.saneamentobasico.com.br](http://www.saneamentobasico.com.br)

[www.sabesp.com.br](http://www.sabesp.com.br)

[www.universidadedaagua.org.br](http://www.universidadedaagua.org.br)

[www.cetesb.com.br](http://www.cetesb.com.br)

[www.sanepar.pr.gov.br/prosab](http://www.sanepar.pr.gov.br/prosab)

## ATIVIDADE DE AUTO-AVALIAÇÃO

Assinale V para as afirmações verdadeiras e F para as falsas:

- a. ( ) Após a construção ou qualquer reparo em poços ou reservatórios, estes deverão ser desinfetados.
- b. ( ) 10 ppm de cloro residual na água potável é uma quantidade ideal para o consumo.
- c. ( ) Cianotoxinas são toxinas produzidas por cianobactérias que apresentam efeitos adversos à saúde por ingestão oral.
- d. ( ) A presença de *E. coli* em grande quantidade na água potável significa contaminação de origem fecal recente.
- e. ( ) Bactérias são consideradas contaminantes orgânicos quando presentes na água potável.
- f. ( ) Osmose reversa é uma técnica específica para reter matéria orgânica.
- g. ( ) Outras fontes alternativas de abastecimento de água, como, por exemplo, poços artesianos, não precisam ter suas águas monitoradas.
- h. ( ) Águas usadas em caldeiras e torres de resfriamento não precisam ser tratadas.
- i. ( ) Deionização é um método de tratamento para retirar espécies iônicas das águas naturais.
- j. ( ) Um paciente em hemodiálise nunca se contaminará, pois o aparelho que filtra o sangue retém os contaminantes presentes na água.

## EXERCÍCIOS PARA ELABORAÇÃO DO PLANO

---

---

Com o que foi estudado nesta unidade, você deve coletar as informações necessárias e realizar as seguintes atividades:

a) preencher o formulário FCA-02 (Tratamento de Água), caso seja realizado algum tipo de tratamento de água em seu estabelecimento;

b) preencher o formulário FCA-03 (Manutenção da Qualidade da Água) com as atividades realizadas para garantir a qualidade da água no estabelecimento.

---

---

