

Ministério da Saúde

# Inspeção Sanitária em Abastecimento de Água

Brasília-DF

## **Inspeção Sanitária em Abastecimento de Água**

© 2006 Ministério da Saúde

Todos os direitos reservados. É permitida a reprodução parcial ou total desta obra, desde que citada a fonte e que não seja para venda ou qualquer fim comercial.

A coleção institucional do Ministério da Saúde pode ser acessada, na íntegra, na Biblioteca Virtual do Ministério da Saúde: <http://www.saude.gov.br/bvs>

O conteúdo desta e de outras obras da Editora do Ministério da Saúde pode ser acessado na página: <http://www.saude.gov.br/editora>

Série A. Normas e Manuais Técnicos

Tiragem: 1ª edição – 2007 – 7.000 exemplares

### Elaboração, edição e distribuição

MINISTÉRIO DA SAÚDE

Secretaria de Vigilância em Saúde

Organização: Coordenação Geral de Vigilância em Saúde Ambiental

Produção: Núcleo de Comunicação

### Endereço

Esplanada dos Ministérios, Bloco G

Edifício Sede, sobreloja

CEP: 70.058-900, Brasília, DF

E-mail: [svs@saude.gov.br](mailto:svs@saude.gov.br)

Endereço eletrônico: [www.saude.gov.br/svs](http://www.saude.gov.br/svs)

### Produção editorial

Copidesque/revisão: Napoleão Marcos de Aquino

Projeto gráfico: Fabiano Camilo, Sabrina Lopes

Capa e diagramação: Sabrina Lopes

Impresso no Brasil / *Printed in Brazil*

### Ficha catalográfica

---

Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde.

Inspeção sanitária em abastecimento de água / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. – Brasília : Ministério da Saúde, 2006.

84 p. – (Série A. Normas e Manuais Técnicos)

ISBN 85-334-1244-4

1. Abastecimento de água. 2. Controle da qualidade da água. I. Título. II. Série.

NLM WA 675

---

Catálogo na fonte – Coordenação-Geral de Documentação e Informação – Editora MS – OS 2006/1027

### Títulos para indexação

Em inglês: Health Surveillance Manual in Water Supply

Em espanhol: Manual de Inspección Sanitaria en el Abastecimiento de Agua

Ministério da Saúde  
Secretaria de Vigilância em Saúde

## **Inspeção Sanitária em Abastecimento de Água**

Série A. Normas e Manuais Técnicos

Brasília/DF • 2007

## Equipe de Elaboração

### Coordenação

Nolan Ribeiro Bezerra – CGVAM/SVS/MS

Maria de Lourdes Fernandes Neto – CGVAM/SVS/MS

Mariely Helena Barbosa Daniel – CGVAM/SVS/MS

Mara Lucia Carneiro – Opas/OMS

### Elaboração

Rafael Kopschitz Xavier Bastos – Universidade Federal de Viçosa

### Apoio técnico

Representação da Opas/OMS – Brasil

## Sumário

### Introdução 7

A inspeção sanitária no contexto da vigilância da qualidade da água para consumo humano 11

Fundamentos técnicos e conceituais para a realização de inspeções sanitárias em sistemas e demais soluções de abastecimento de água 16

Qualidade da água para consumo humano 16

Qualidade microbiológica da água 18

Padrão de aceitação para consumo humano 29

Avaliação de risco – introdução conceitual 29

Formas de abastecimento de água 35

Componentes de sistemas e soluções de abastecimento de água e identificação de perigos 37

Mananciais 37

Captação de águas superficiais 43

Captação de águas subterrâneas 45

Sistemas de abastecimento e soluções alternativas providas de distribuição por rede 50

Soluções alternativas desprovidas de distribuição por rede 68

Soluções individuais de abastecimentos de água 70

Ligações e instalações prediais 72

Roteiros de inspeção de sistemas e soluções alternativas e individuais de abastecimento de água 75

Bibliografia consultada 79



## Introdução

A Portaria MS nº 518/04 é considerada verdadeiro avanço na atualização da legislação brasileira sobre a qualidade da água para consumo humano, efetivo dispositivo de controle e vigilância, em consonância com a nova estrutura da Vigilância em Saúde Ambiental em implantação no país e o princípio de descentralização previsto no Sistema Único de Saúde (SUS).

No âmbito dessa vigilância encontram-se detalhadas as atribuições do setor saúde nas esferas federal, estadual e municipal. Dentre os deveres e obrigações das secretarias municipais de saúde, incluem-se atividades típicas ou associadas à inspeção sanitária em abastecimento de água, tais como:

- efetuar, sistemática e permanentemente, avaliação de risco à saúde humana de cada sistema de abastecimento ou solução alternativa, mediante informações sobre ocupação da bacia contribuinte ao manancial, histórico das características de suas águas, características físicas dos sistemas, práticas operacionais e de controle da qualidade da água, histórico da qualidade da água produzida e distribuída e associação entre agravos à saúde e situações de vulnerabilidade do sistema;
- auditar o controle da qualidade da água produzida e distribuída e as práticas operacionais adotadas.

A amplitude das atribuições da vigilância e a co-responsabilidade do SUS no processo de garantia da qualidade da água para consumo humano impõem ao setor saúde a necessidade de melhor estruturar-se para tal missão. Portanto, ante a necessidade de padronizar as ações relacionadas à vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano (Vigiagua) no país, a Secretaria de Vigilância em Saúde, do Ministério da Saúde (SVS/MS), definiu um modelo de atuação da vigilância da qualidade da água para consumo humano, estabelecendo seus princípios e diretrizes, as bases conceituais e gerenciais e as ações necessárias à sua implementação e concretização por meio de um Programa Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano.

No tocante aos aspectos operacionais, o Programa propõe uma forma de atuação em que, didaticamente, as ações são divididas em estratégicas e básicas. Dentre as ações estratégicas propostas destaca-se o aprimoramento dos recursos humanos mediante atividades contínuas de capacitação que contemplem todos os aspectos relacionados à vigilância, dirigidas tanto ao nível gestor quanto ao operacional.



Dentre os aspectos a serem contemplados em programas de capacitação, ressaltam-se:

- a perfeita compreensão dos marcos conceitual, legal e institucional do Vigiaqua e dos mecanismos para sua operacionalização;
- os aspectos conceituais e técnicos relacionados à qualidade e ao abastecimento de água para consumo humano, sobretudo os conceitos e procedimentos para as boas práticas em abastecimento de água;
- a sistematização e interpretação de dados e informações gerados pelos responsáveis pelo controle da qualidade da água;
- a sistematização e interpretação de dados e informações gerados pela vigilância epidemiológica, vigilância ambiental, órgãos ambientais e gestores de recursos hídricos;
- as orientações e conhecimentos necessários para a realização de inspeções sanitárias em sistemas de abastecimento de água.

No modelo, são definidas como ações básicas, entre outras, as atividades de cadastro e inspeção de sistemas, soluções alternativas e individuais de abastecimento de água; as atividades de monitoramento da qualidade de água para consumo humano; a avaliação e a análise integrada das informações reunidas pela vigilância e fornecidas pelos responsáveis pelo controle da qualidade da água.

Assim, o presente curso vem atender às expectativas e exigências criadas com a Portaria MS nº 518/04 e a implementação do Programa Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano .

Como os responsáveis pela vigilância da qualidade da água para consumo humano necessitarão capacitar-se para realizar as inspeções, o desenvolvimento do conteúdo procura, inicialmente, contextualizar as inspeções sanitárias sob a perspectiva da análise de risco. A seguir, é apresentada breve revisão sobre os fundamentos técnicos e conceituais necessários e indispensáveis à realização de inspeções sanitárias em sistemas e demais soluções de abastecimento de água, incluindo: a) aspectos conceituais sobre a qualidade da água para consumo humano; b) uma introdução conceitual sobre a metodologia de avaliação de risco; c) uma descrição das formas de abastecimento de água (sistemas de abastecimento, soluções alternativas providas e desprovidas de distribuição por rede, soluções individuais, ligações e instalações prediais); d) breve descrição e revisão sobre aspectos técnicos pertinentes às diversas unidades de produção e abastecimento de água (mananciais, captação, adução, tratamento, reservação e distribuição), acompanhadas de exemplos de identificação de boas práticas e/ou perigos associados.

Não se pretende realizar uma abordagem aprofundada – para o que se deve recorrer à literatura complementar ou especializada –, mas um embasamento mínimo e uma

seqüência lógica e didática aos itens sobre os quais se discorre a seguir: as inspeções propriamente ditas.

Sobre as inspeções, reforça-se o enfoque dessa atividade no contexto da vigilância, detalhando seu exercício, com destaque para os pontos a serem observados quando da inspeção nas diferentes unidades de produção e distribuição de água. Espera-se que este material, em conjunto com a própria Portaria MS nº 518/04 e três outras publicações – *Comentários sobre a Portaria MS nº 518/04 – Subsídios para implementação*; *Manual de boas práticas no abastecimento de água: procedimentos para a minimização de riscos à saúde* e *Manual de procedimentos em vigilância da qualidade da água para consumo humano* –, constitua importante subsídio para a atuação em vigilância da qualidade da água para consumo humano, sempre visando maior proteção à saúde da população brasileira.



## A inspeção sanitária no contexto da vigilância da qualidade da água para consumo humano

A vigilância da qualidade da água para consumo humano integra as ações de vigilância em saúde ambiental. O conceito de “vigilância em saúde” pode ser entendido como o acompanhamento sistemático de eventos adversos à saúde, com o propósito de aprimorar as medidas de controle, incluindo em sua aplicação a coleta sistemática da informação, a análise dos dados e a divulgação das informações adequadamente analisadas. Conceitualmente e na prática, a vigilância em saúde ambiental procura integrar as ações de vigilância epidemiológica, sanitária e ambiental.

A vigilância em saúde ambiental pode ser definida como o conjunto de ações que proporciona o conhecimento e a detecção de qualquer mudança nos fatores determinantes e condicionantes do meio ambiente – que interferem na saúde humana –, com a finalidade de identificar as medidas de prevenção e controle dos fatores de risco ambientais relacionados às doenças ou outros agravos à saúde.

Por sua vez, a vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano consiste no conjunto de ações adotadas continuamente pelas autoridades de saúde pública para garantir que a água consumida pela população atenda ao padrão e às normas estabelecidas na legislação vigente, bem como avaliar os riscos que a mesma representa para a saúde humana.

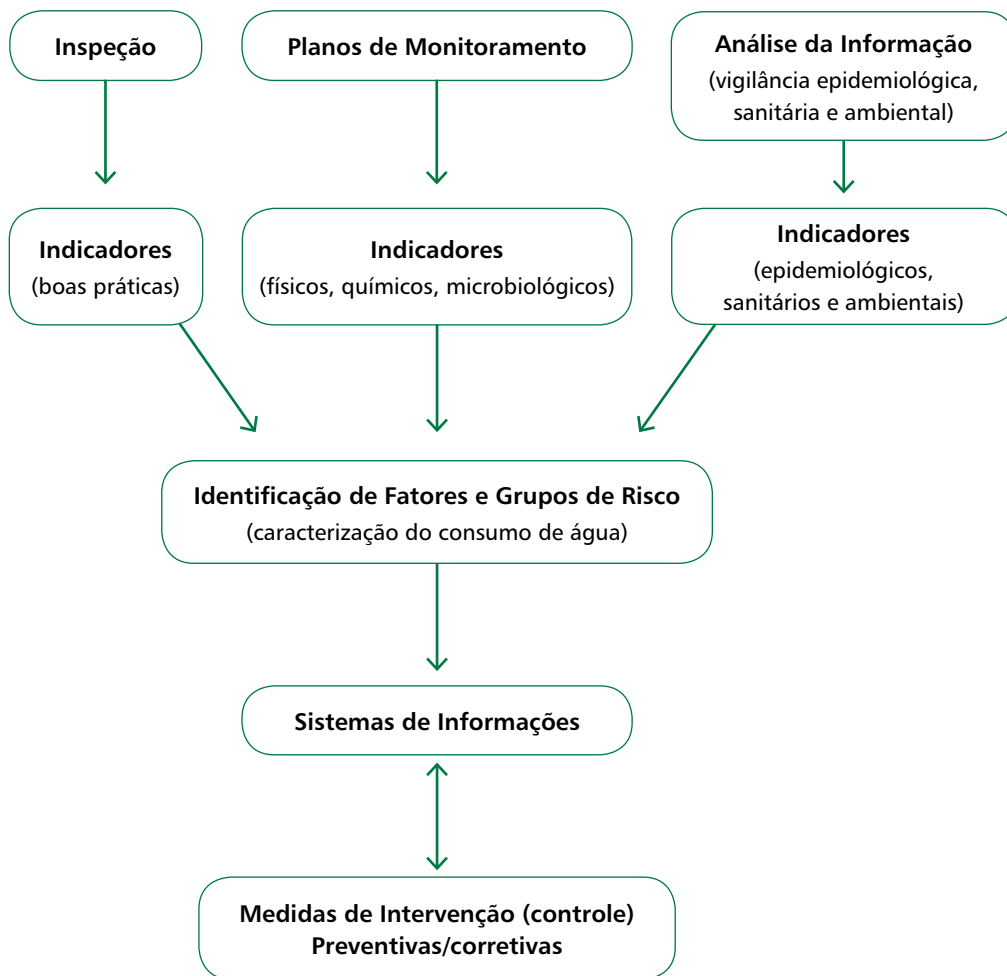
Os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e à vigilância da qualidade da água para consumo humano estão estabelecidos na Portaria MS nº 518/04. No modelo de atuação da vigilância da qualidade da água para consumo humano são definidas as ações básicas cotidianas no exercício da vigilância. Com fundamentação nesses dois documentos, dentre as diversas ações inerentes à vigilância da qualidade da água para consumo humano podem ser citadas:

- o cadastro e a inspeção das diversas formas de abastecimento e consumo de água;
- a implementação de um plano de amostragem da qualidade da água;
- a sistemática e permanente avaliação de risco à saúde humana representado pelo sistema de abastecimento ou solução alternativa, mediante informações sobre ocupação da bacia contribuinte ao manancial e histórico das características de suas águas; características físicas dos sistemas, práticas operacionais e de controle da qualidade da água; histórico da qualidade da água produzida e distribuída e associação entre agravos à saúde e situações de vulnerabilidade do sistema;
- a classificação do grau de risco à saúde representado pelas diferentes formas de abastecimento de água, com base na atuação pró-ativa da vigilância (cadastro, inspeções e monitoramento da qualidade da água) e na sistematização de informações;

- a auditoria do controle da qualidade da água produzida e distribuída e as práticas operacionais adotadas;
- as investigações de surtos e epidemias,
- a sistematização e análise integrada das informações reunidas pela vigilância e fornecidas pelos responsáveis pelo controle da qualidade da água, bem como pelos órgãos ambientais e gestores de recursos hídricos, sob a perspectiva da vulnerabilidade do abastecimento de água quanto aos riscos à saúde da população;
- a criação e alimentação de um sistema de informações cuja análise regular, em conjunto com a vigilância (ambiental, sanitária e epidemiológica) e outros sistemas de informações (pertinentes à saúde e à qualidade da água), permite a identificação de fatores de risco e populações vulneráveis, ou seja, expostas ao risco (consumo de água);
- a atuação junto aos responsáveis pelo fornecimento de água, para a correção de situações de risco identificadas;
- a garantia, à população, de informações sobre a qualidade da água e riscos à saúde associados.

As diversas ações inerentes à vigilância da qualidade da água para consumo humano podem ser assim sistematizadas: planos de monitoramento, atividades de cadastro e inspeções sanitárias permitem a obtenção de indicadores para o desenvolvimento de sistemas de vigilância da qualidade da água e a identificação de fatores de risco e populações vulneráveis, expostas ao risco (consumo de água). Adicionalmente, subsidiam o planejamento e a execução de medidas de controle, preventivas e corretivas (Figura 1).

**Figura 1.** Integração das ações da vigilância da qualidade da água para consumo humano



As atividades de vigilância são exercidas, complementarmente, por atividades típicas de auditoria e ações pró-ativas, dentre as quais se situam as inspeções sanitárias.

A abordagem de auditoria pode incluir visitas aos sistemas de abastecimento de água. Mas usualmente limitam-se à revisão do banco de dados e registros das práticas operacionais adotadas. A inspeção sanitária tem como objetivo avaliar *in loco* cada etapa ou unidade do processo de produção, fornecimento e consumo de água, bem como identificar fatores de risco.

Inspeção sanitária constitui a verificação *in loco* da fonte de água e de todas as instalações e equipamentos de um sistema (ou solução) de abastecimento, condições e procedimentos de operação e manutenção, visando avaliar a suficiência de todos esses componentes para produzir e fornecer, sob condições seguras, água para consumo humano (adaptado de EPA/Cepis, 2001).

Preliminarmente, o cadastro é um instrumento que possibilita planejar os procedimentos da vigilância, inclusive a priorização das inspeções. Sua análise também permite orientar as ações corretivas e de controle que configurem situações de risco à saúde humana.

Por sua vez, as atividades de inspeção sanitária não se encerram em si mesmas, compondo um conjunto de ações integradas sob o enfoque da avaliação e gerenciamento de riscos à saúde.

As inspeções sanitárias permitem, com maior detalhamento, identificar os pontos críticos de sistemas e demais soluções de abastecimento de água e fatores de risco ou perigos que possam interferir negativamente na qualidade da água para consumo humano. Salvo particularidades, preferencialmente o monitoramento da qualidade da água deve ser precedido da inspeção, na medida em que o conhecimento dos sistemas e demais soluções de abastecimento de água, em si, orienta a elaboração dos planos de amostragem.

O conjunto das atividades inerentes à vigilância – cadastro dos sistemas e soluções de abastecimento de água, inspeções, monitoramento da qualidade da água em planos implementados pelos responsáveis pelo controle e vigilância – gera um volume de informações a serem sistematizadas e permanentemente analisadas sob a ótica da avaliação de riscos à saúde. Seguidas, necessariamente, da atuação junto aos responsáveis pelo abastecimento de água e da adequada informação à população, sob pena da inocuidade das atividades postas em prática.

Cabe salientar que apesar de o monitoramento da qualidade da água constituir atividade fundamental, isto em si não basta para a garantia da qualidade da água para consumo humano. Assim, as atividades de inspeção sanitária ganham importância como instrumentos de avaliação e gerenciamento de riscos, além de implementarem as boas práticas.

A ênfase às boas práticas no abastecimento de água representa, de certa forma, novo paradigma no entendimento de que tão ou mais importante que manter os parâmetros de qualidade da água nos limites do padrão de potabilidade é o emprego de práticas que possibilitam prevenir o surgimento de perigos e riscos. Portanto, por boas práticas pode-se entender um conjunto de procedimentos aplicados aos sistemas de abastecimento, desde sua concepção, planejamento ou projeto até, e, sobretudo, às rotinas operacionais, com vistas à minimização de riscos à saúde humana associados ao consumo de água.

Como resumo, destacamos alguns conteúdos do acima exposto:

- Na visão da Organização Mundial da Saúde (OMS), o recurso a ferramentas de avaliação e gerenciamento de riscos, aplicadas de forma abrangente e integrada, desde a captação até o consumo, constitui a forma mais efetiva de garantir a segurança da qualidade da água para consumo humano (WHO, 2004).
- As boas práticas em abastecimento de água buscam prevenir ou combater os perigos (fatores de risco) e minimizar a probabilidade de ocorrência dos efeitos indesejáveis (riscos) à saúde humana.
- As atividades de inspeção sanitária não se encerram em si mesmas, mas compõem um conjunto de atividades inerentes à vigilância da qualidade da água para consumo humano, sob o enfoque da avaliação e gerenciamento de riscos à saúde.
- Na perspectiva da avaliação e gerenciamento de riscos, as inspeções sanitárias visam verificar as boas práticas em abastecimento de água e identificar perigos e pontos críticos em sistemas e soluções de abastecimento de água.
- De acordo com o disposto na Portaria MS nº 518/04, toda a água destinada ao consumo humano deve obedecer ao padrão de potabilidade e está sujeita à vigilância de sua qualidade, exercida pelas autoridades de saúde pública. Por conseguinte, o planejamento das atividades de inspeções sanitárias deve procurar abranger todas as formas de abastecimento e consumo de água em determinado contingente populacional.



## Fundamentos técnicos e conceituais para a realização de inspeções sanitárias em sistemas e demais soluções de abastecimento de água

### Qualidade da água para consumo humano

O conceito de qualidade da água relaciona-se a seu uso e características por ela apresentadas, determinadas pelas substâncias presentes. A cada uso corresponde uma qualidade e quantidade, necessárias e suficientes. Seu padrão de potabilidade é composto por um conjunto de parâmetros que lhe confere qualidade própria para o consumo humano.

Água potável é aquela que pode ser consumida sem risco à saúde e sem causar rejeição ao consumo.

Em tese, do ponto de vista tecnológico qualquer água pode ser tratada, porém nem sempre a custo acessível. Daí decorre o conceito de tratabilidade da água, relacionado à viabilidade técnico-econômica do tratamento, qual seja: dotar a água de determinadas características que permitam ou potencializem determinado uso. Assim, água potabilizável é aquela que em função de suas características *in natura* pode ser dotada de condições de potabilidade mediante processos de tratamento viáveis do ponto de vista técnico-econômico.

Porém, o tratamento da água em si não garante a manutenção da condição de potabilidade, haja vista que sua qualidade pode se deteriorar entre o tratamento, reservação, distribuição e consumo. Cabe também destacar que várias substâncias, como metais pesados e agrotóxicos, não são efetivamente removidas em processos convencionais de tratamento, bem como alguns organismos patogênicos de difícil remoção e detecção em águas tratadas – como os protozoários.

Qualidade da água bruta, tratamento da água e qualidade da água tratada são variáveis interdependentes.

O padrão brasileiro de potabilidade é composto por:

- padrão microbiológico;
- padrão de turbidez para a água pós-filtração ou pré-desinfecção;
- padrão para substâncias químicas que representam risco à saúde (inorgânicas, orgânicas, agrotóxicos, desinfetantes e produtos secundários da desinfecção);
- padrão de radioatividade;
- padrão de aceitação para consumo humano.

Na visão da OMS, os riscos à saúde impostos pelas substâncias químicas (de efeito crônico e longo prazo, por vezes não muito bem fundamentados do ponto de vista toxicológico e epidemiológico) não devem ser comparados aos riscos microbiológicos de transmissão de doenças (de efeito agudo e curto prazo, inquestionáveis e de grande impacto). Em termos gerais, guardada a importância relativa e específica de cada um, a garantia da qualidade microbiológica da água deve receber prioridade.

A potabilidade da água é aferida pelo atendimento simultâneo dos valores máximos permitidos (VMP – concentrações-limite) estabelecidos para cada parâmetro.

A avaliação da qualidade da água para consumo humano deve superar o mero controle laboratorial para verificar o atendimento ao padrão de potabilidade, pois do ponto de vista do gerenciamento de riscos à saúde são várias as limitações:

- a amostragem para o monitoramento da qualidade da água baseia-se em princípio estatístico/probabilístico, incorporando, inevitavelmente, uma margem de erro/incerteza;
- a qualidade microbiológica da água bruta, tratada e distribuída pode sofrer alterações bruscas e não detectadas em tempo real;
- por razões financeiras, limitações técnico-analíticas e necessidade de respostas ágeis, no controle microbiológico da qualidade da água usualmente recorre-se ao emprego de organismos indicadores; entretanto, reconhecidamente não existem organismos que indiquem a presença/ausência da ampla variedade de patógenos possíveis de serem removidos/inativados ou resistirem/trespassem os diversos processos de tratamento da água (Bastos *et al*, 2000).
- do ponto de vista químico, os limites de concentração adotados internacionalmente muitas vezes partem de estudos toxicológicos ou epidemiológicos com elevado grau de incerteza, arbitrariedade ou não representatividade; além disso, não há como assegurar o desejável dinamismo e agilidade na legislação para corrigir valores de VMP ou incluir/excluir parâmetros.

Por tudo isso, merecem destaque as seguintes observações:

- O controle da qualidade da água, baseado única e exclusivamente em análises laboratoriais de amostras, ainda que freqüentes, não constitui garantia absoluta de potabilidade.
- A adoção de boas práticas em todas as partes constituintes e etapas dos processos e sistemas de produção e abastecimento de água, bem como a vigilância epidemiológica e a associação entre agravos à saúde e situações de vulnerabilidade dos sistemas e soluções de abastecimento de água são tão importantes quanto o controle laboratorial.

Na visão da OMS, o recurso a ferramentas de avaliação e gerenciamento de riscos, aplicadas de forma abrangente e integrada, desde a captação até o consumo, constitui a forma mais efetiva de garantir a segurança da qualidade da água para consumo humano (WHO, 2004).

## Qualidade microbiológica da água

### Organismos patogênicos

A Tabela 1 apresenta uma relação de organismos patogênicos e respectivas características, organizadas de forma a facilitar a visualização da importância relativa de cada um na transmissão de doenças via abastecimento de água. Em linhas gerais, pode-se dizer que os seguintes fatores favorecem a transmissão: sobrevivência prolongada na água; possibilidade de reprodução na água, particularmente em sistemas de distribuição; resistência elevada à desinfecção; baixa dose infectante; existência de múltiplos focos de contaminação – por exemplo, reservatórios animais.

**Tabela 1. Organismos patogênicos de veiculação hídrica e transmissão fecal-oral e sua importância para o abastecimento**

Agente patogênico	Importância para a saúde	Persistência na água <sup>a</sup>	Resistência ao cloro <sup>b</sup>	Dose infecciosa relativa <sup>c</sup>	Reservatório animal importante
<b>Bactérias</b>					
<i>Campylobacter jejuni, C. coli</i>	Considerável	Moderada	Baixa	Moderada	Sim
<i>Escherichia coli</i> patogênica	Considerável	Moderada	Baixa	Alta	Sim
<i>Salmonella typhi</i>	Considerável	Moderada	Baixa	Alta <sup>d</sup>	Não
Outras salmonelas	Considerável	Prolongada	Baixa	Alta	Sim
<i>Shigella spp.</i>	Considerável	Breve	Baixa	Moderada	Não
<i>Vibrio cholerae</i>	Considerável	Breve	Baixa	Alta	Não
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Considerável	Prolongada	Baixa	Alta (?)	Sim
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> <sup>e</sup>	Moderada	Podem multiplicar-se	Moderada	Alta (?)	Não
<i>Aeromonas spp.</i>	Moderada	Podem multiplicar-se	Baixa	Alta (?)	Não
<b>Vírus</b>					
Adenovírus	Considerável	?	Moderada	Baixa	Não
Enterovírus	Considerável	Prolongada	Moderada	Baixa	Não
Hepatite A	Considerável	?	Moderada	Baixa	Não
Hepatite transmitida por via entérica, hepatite E	Considerável	?	?	Baixa	Não
Vírus de Norwalk	Considerável	?	?	Baixa	Não
Rotavírus	Considerável	?	?	Moderada	Não (?)
<b>Protozoários</b>					
<i>Entamoeba histolytica</i>	Considerável	Moderada	Alta	Baixa	Não
<i>Giardia lamblia</i>	Considerável	Moderada	Alta	Baixa	Sim
<i>Cryptosporidium parvum</i>	Considerável	Prolongada	Alta	Baixa	Sim

?Não conhecido ou não confirmado.

<sup>a</sup>Período de detecção da fase infecciosa na água a 20°C: breve, até uma semana; moderada, de uma semana a um mês; prolongada, mais de um mês.

<sup>b</sup>Quando a fase infecciosa encontra-se em estado livre na água tratada com doses e tempos de contato tradicionais. Resistência moderada, o agente pode não acabar completamente destruído; resistência baixa, o agente acaba completamente destruído.

<sup>c</sup>A dose necessária para causar infecção em 50% dos voluntários adultos são; no caso de alguns vírus, basta uma unidade infecciosa.

<sup>d</sup>Segundo os resultados de experimentos com seres humanos voluntários.

<sup>e</sup>A principal via de infecção é o contato cutâneo, porém pacientes com câncer ou imunodepressão podem ser infectados por via oral.

Fonte: OMS (1995)

Alguns organismos causam sérios agravos à saúde, por vezes letais, a exemplo da febre tifóide, cólera, hepatite. Outros, são responsáveis por conseqüências mais amenas, como diarreias provocadas por rotavírus e *Cryptosporidium* – que podem se agravar quando acometidos por grupos vulneráveis, como idosos, crianças subnutridas ou indivíduos imunocomprometidos. Embora possível, a associação de doenças causadas por helmintos com o consumo de água é menos nítida, sendo o consumo de alimentos e o contato com solos contaminados os modos de transmissão mais freqüentes.

Atenção crescente tem sido dada ao problema da transmissão de protozoários, nomeadamente *Giardia* e *Cryptosporidium*. Giardiase e criptosporidiose são zoonoses e têm como principais fontes de contaminação os esgotos sanitários e as atividades agropecuárias. Sua remoção por processo de tratamento de água é mais difícil que a dos demais organismos patogênicos e as técnicas de pesquisa em amostras de água ainda estão em fase de consolidação.

A Tabela 1 não é conclusiva na listagem dos organismos patogênicos possíveis de transmissão via abastecimento de água para consumo humano, sendo cada vez mais freqüentes as evidências de transmissão de doenças “emergentes”. A própria tabela revela as muitas incertezas que ainda cercam os riscos associados aos vírus. Outros protozoários têm sido identificados como agentes de surtos associados com o consumo de água (inclusive no Brasil), incluindo *Cyclospora*, *Isospora*, *Microsporidium* e *Toxoplasma*. Além da ingestão de água contaminada, alguns organismos, capazes de colonizar sistemas de distribuição, podem ser transmitidos via inalação de aerossóis – por exemplo, bactérias do gênero *Legionella* e os protozoários *Naegleria fowleri* e *Acanthamoeba spp.*, agentes, respectivamente, de encefalite meningocócica amebiana e meningite amebiana. Por outro lado, várias bactérias, usualmente de vida livre, porém reconhecidamente patogênicas oportunistas, também apresentam capacidade de colonizar sistemas de distribuição de água, constituindo risco à saúde de grupos populacionais vulneráveis (ex.: pacientes hospitalizados, idosos, recém-nascidos, imunocomprometidos): *Pseudomonas aeruginosa*, *Flavobacterium*, *Acinetobacter*, *Klebsiella*, *Serratia*, *Aeromonas*.

Do exposto, percebe-se o quanto ainda falta ser elucidado no tocante à epidemiologia das doenças transmissíveis via abastecimento e consumo de água, reforçando as recomendações sobre os limites do controle laboratorial e a importância de recursos adicionais de avaliação e gerenciamento de riscos, dentre os quais se insere a inspeção sanitária.

### Cianobactérias e cianotoxinas

A eutrofização de lagos e reservatórios decorre do excesso de nutrientes no manancial, provocando aumento da atividade fotossintética ou produção primária de biomassa. O fenômeno da floração é caracterizado pela presença excessiva de algas, eventualmente

acompanhado por um grupo de bactérias fotossintéticas – as cianobactérias, também conhecidas como algas azuis. Com a lise das células, algumas espécies de cianobactérias liberam toxinas (substâncias químicas orgânicas hepatotóxicas, neurotóxicas ou causadoras de irritações de pele) que representam riscos significativos à saúde humana, em especial para grupos vulneráveis, como pacientes renais crônicos, por exemplo. Dentre as cianotoxinas, destaca-se a microcistina, pela ocorrência mais freqüente da cianobactéria *Microcystis* em nossos mananciais, por evidências mais consistentes de riscos à saúde com base em estudos toxicológicos, bem como pela disponibilidade de técnicas padronizadas de determinação analítica.

### Organismos indicadores de contaminação

A identificação dos microrganismos patogênicos na água é, quase sempre, morosa, complexa e onerosa. Por tal razão, tradicionalmente recorre-se à identificação dos organismos indicadores de contaminação, na interpretação de que sua presença indicaria a introdução de matéria de origem fecal (humana ou animal) na água e, portanto, o risco potencial da presença de organismos patogênicos.

Um organismo indicador “ideal” deveria preencher os seguintes requisitos:

- ser de origem exclusivamente fecal;
- apresentar maior resistência que os patogênicos aos efeitos adversos do meio ambiente e processos de tratamento;
- ser removido e/ou inativado por meio do tratamento da água, pelos mesmos mecanismos e na mesma proporção que os patogênicos;
- apresentar-se em maior número que os patogênicos;
- ser de fácil identificação;
- não se reproduzir no meio ambiente.

A rigor, não há um único organismo que satisfaça simultaneamente todas essas condições. Na ausência de um indicador ideal, deve-se trabalhar com o melhor indicador: aquele que apresente a melhor associação com os riscos à saúde implícitos na contaminação da água. Os indicadores de utilização tradicional e quase universal são as bactérias do grupo coliforme.

### Emprego dos coliformes na avaliação da qualidade da água bruta (*in natura*)

As bactérias do grupo coliforme estão presentes no intestino humano e de animais de sangue quente, sendo eliminadas nas fezes em números elevados ( $10^6$ - $10^8$ /g). Entretanto, o grupo dos coliformes inclui bactérias não exclusivamente de origem fecal, podendo ocorrer naturalmente no solo, água e plantas. Além disso, principalmente em climas tropicais, os coliformes apresentam a capacidade de multiplicarem-se na água. Assim,

na avaliação da qualidade de águas naturais os coliformes totais têm valor sanitário limitado, incluindo a avaliação de fontes individuais de abastecimento.

O grupo dos coliformes termotolerantes inclui bactérias de origem não exclusivamente fecal<sup>1</sup>, embora em proporção bem menor que a encontrada no grupo dos coliformes totais. Por isso, sua utilização na avaliação da qualidade de águas naturais, principalmente em países de clima tropical, também tem sido questionada. Contudo, em vista do fato de que a presença de coliformes termotolerantes, na maioria das vezes, guarda melhor relação com a presença de *E. coli*, aliado à simplicidade das técnicas laboratoriais de detecção, seu emprego ainda é aceitável.

O indicador mais preciso de contaminação fecal é a *E. coli*. Mesmo em mananciais bem protegidos não se pode desconsiderar a importância sanitária da detecção de *E. coli*, pois, no mínimo, indicaria a contaminação de origem animal silvestre, podendo tornar-se reservatórios de agentes patogênicos ao ser humano.

O grau de contaminação das águas é usualmente aferido com base na densidade de organismos indicadores, no pressuposto de que há uma relação semiquantitativa entre a mesma e a presença de microrganismos patogênicos.

### **Emprego dos coliformes na avaliação da qualidade da água tratada**

Na avaliação da eficiência do tratamento na remoção ou inativação de organismos patogênicos, o pressuposto do emprego de organismos indicadores é o de que a ausência dos indicadores expressa a ausência dos patogênicos. A presença dos indicadores pode indicar falhas ou insuficiência no tratamento.

Em geral, no tratamento da água as bactérias e vírus são inativados no processo de desinfecção, enquanto os protozoários e helmintos são, preponderantemente, removidos por meio da filtração.

Os organismos apresentam-se na seguinte ordem crescente de resistência à desinfecção: bactérias, vírus, protozoários, helmintos.

Rigorosamente, os coliformes só se prestam ao papel de indicadores da inativação de bactérias patogênicas por meio da desinfecção. Portanto, na aferição da qualidade bacteriológica da água tratada, a ausência de coliformes totais é indicador adequado e suficiente da eficiência do tratamento, haja vista que apresentam uma taxa de decaimento (inativação) similar ou inferior à dos coliformes termotolerantes e da *E. coli*.

<sup>1</sup>Razão pela qual a tendência atual é a de referir-se ao grupo como coliformes ‘termotolerantes’ e não mais coliformes fecais.

Os vírus têm mais resistência que os coliformes aos processos de desinfecção. Portanto, na avaliação da qualidade virológica da água tratada, a ausência de coliformes não constitui indicador suficiente da qualidade da água. Torna-se necessário o emprego de indicadores complementares não-biológicos. No caso, a turbidez da água pré-desinfecção e os parâmetros de controle da desinfecção adequados à inativação de vírus. Cabe registrar que um fator de segurança consiste na prática da dosagem de cloro, de forma a manter o residual mínimo exigido nas pontas de rede (0,2 mg/l), o que pode garantir o residual de >0,5mg/l na saída do tanque de contato, indicativo de eficiente inativação de vírus.

Cistos e oocistos de protozoários são bem mais resistentes que bactérias aos efeitos dos agentes desinfetantes e não são inativados com as doses usualmente praticadas no tratamento da água. Por sua vez, cistos de *Giardia* e oocistos de *Cryptosporidium* apresentam, respectivamente, diâmetros de aproximadamente 8-15µm e 4-6µm, portanto, potencial e significativamente removíveis por filtração. Assim, os coliformes pouco se prestam como indicadores da qualidade parasitológica da água tratada, devendo-se, neste caso, recorrer a indicadores da eficiência da filtração, principalmente a turbidez. Adicionalmente, tem-se recorrido à contagem de partículas, mais especificamente à remoção de partículas em suspensão de dimensões aproximadas às de cistos e oocistos de protozoários.

### **Emprego dos coliformes na avaliação da qualidade da água distribuída**

Mesmo que o tratamento seja adequado, a água pode muito bem se deteriorar ao longo da distribuição. O isolamento de *E. coli* no sistema de distribuição é sinal inequívoco de recontaminação ou falhas no tratamento e, por medida de segurança, assim também deve ser interpretada a detecção de coliformes termotolerantes. Por isso, na avaliação da qualidade da água distribuída requer-se a ausência sistemática de *E. coli* ou coliformes termotolerantes.

O isolamento de coliformes totais, embora não guarde relação exclusiva com recontaminação de origem fecal, serve como indicador da integridade do sistema de distribuição. Águas insuficientemente tratadas (por exemplo, sem a garantia de residual de cloro) ou infiltrações podem permitir o acúmulo de sedimentos ou matéria orgânica e promover o desenvolvimento de bactérias no sistema de distribuição, incluindo as do grupo coliforme que não a *E. coli* ou termotolerantes. Assim, a detecção eventual de coliformes totais no sistema de distribuição, em um percentual das amostras analisadas (5%), não necessariamente é indicativa de contaminação.

O alcance e as limitações do emprego dos coliformes como indicadores da qualidade da água para consumo humano podem ser assim resumidos:

- Em qualquer situação, o indicador mais preciso de contaminação da água é a *E. coli*, cuja presença é interpretada como sinal inequívoco de contaminação.



- Ainda que com ressalvas, os coliformes termotolerantes podem ser utilizados como alternativa à determinação de *E. coli*.
- Coliformes totais não são indicadores adequados da qualidade da água *in natura*, guardando validade apenas como indicadores da qualidade da água tratada e distribuída.
- Em amostras de água *in natura*, por exemplo, de poços e minas, a presença de coliformes totais, principalmente em baixas densidades, pode ser desprovida de qualquer significado sanitário.
- Em amostras de água tratada, a determinação de coliformes totais é suficiente, uma vez que apresentam taxa de inativação similar ou superior à dos coliformes termotolerantes e *E. coli*. A ausência de coliformes totais na água tratada é indicador adequado da ausência de bactérias patogênicas; cuja presença é sinal de falhas no tratamento.
- Coliformes não são indicadores plenos da eficiência do tratamento de água e devem ser empregados com critérios e ressalvas. Vírus e protozoários são mais resistentes à desinfecção que os coliformes. Portanto, a simples ausência de coliformes não constitui garantia absoluta de potabilidade. A verificação da eficiência do tratamento depende de indicadores complementares, tais como a turbidez da água pós-filtração ou pré-desinfecção, e dos parâmetros de controle da desinfecção – dose, residual desinfetante e tempo de contato.

### Contagem de bactérias heterotróficas

A contagem de bactérias heterotróficas, genericamente definidas como microrganismos que requerem carbono orgânico como fonte de nutrientes, fornece, de forma ampla, informações sobre a qualidade bacteriológica da água. Inclui a detecção, inespecífica, de bactérias ou esporos de bactérias de origem fecal, componentes da flora natural da água ou resultantes da formação de biofilmes no sistema de distribuição, das quais algumas são patogênicas oportunistas. Assim, presta-se ao papel de indicador auxiliar da qualidade da água, ao fornecer informações adicionais sobre eventuais falhas na desinfecção, colonização e formação de biofilmes no sistema de distribuição, além de alterações na qualidade da água na reservação ou possível não-integridade do sistema de distribuição. Dentre os fatores que podem favorecer a formação de biofilmes, destacam-se: temperatura elevada, estagnação de água em trechos de baixo consumo – como pontas de rede – e disponibilidade de nutrientes e baixas concentrações residuais de desinfetante. Adicionalmente, a contagem serve como controle de qualidade das análises de coliformes, já que elevadas densidades de bactérias podem inibir o crescimento dos coliformes em meios de cultura à base de lactose.

Do exposto neste item, encontram-se os pressupostos gerais implícitos no padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano (Tabela 2).

**Tabela 2. Padrão microbiológico de potabilidade. Portaria MS nº 518/04**

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

<sup>1</sup>Valor máximo permitido.

<sup>2</sup>Água para consumo humano em toda e qualquer situação, incluindo fontes individuais como, dentre outras, poços, minas e nascentes.

<sup>3</sup>A detecção de *Escherichia coli* deve ser preferencialmente adotada.

## Outros indicadores da qualidade microbiológica da água

### Turbidez

A turbidez é característica da água, motivada pela presença de partículas em estado coloidal, em suspensão, matéria orgânica e inorgânica finamente dividida, plâncton e outros organismos microscópicos. Expressa a interferência à passagem de luz, através do líquido. Portanto, simplificada, a transparência da água. Ressalte-se que valores de turbidez em torno de 8uT ou menos são visualmente imperceptíveis.

A turbidez da água bruta é um dos principais parâmetros de seleção de tecnologia de tratamento e controle operacional dos processos de tratamento. Em mananciais superficiais, pode apresentar variações significativas entre períodos de chuva e estiagem.

Na água filtrada, a turbidez assume a função de indicador sanitário – e não meramente estético. A remoção da turbidez mediante filtração indica a remoção de partículas em suspensão, incluindo cistos e oocistos de protozoários.

Internacionalmente reconhecidos (Usepa, 2000; 2001) como indicadores da remoção de protozoários, temos os seguintes critérios:

- remoção/inativação conjunta, mediante filtração-desinfecção, de 99,9% (3 log) de cistos de *Giardia*: turbidez da água filtrada inferior a 0,5uT para a filtração rápida e 1,0uT, para a lenta (2,5 log de remoção), complementada por desinfec-

ção adequada para inativação equivalente a 0,5 log, controlada pelo tempo de contato, residual de cloro livre e temperatura;

- remoção de 99% (2 log) de oocistos de *Cryptosporidium*: turbidez da água filtrada inferior a 0,3uT para a filtração rápida e 1,0uT para a lenta.

A turbidez da água após a pré-desinfecção, precedida ou não de filtração, é também um parâmetro de controle da eficiência da desinfecção, no entendimento de que partículas em suspensão podem proteger os microrganismos da ação do desinfetante (OMS,1995).

Do exposto, compreende-se porque o padrão de turbidez da água pré-desinfecção ou pós-filtração é componente do padrão microbiológico de sua potabilidade (Tabela 3).

**Tabela 3. Padrão de turbidez para água pós-filtração ou pré-desinfecção. Portaria MS nº 518/04**

Tratamento da água	VMP <sup>1</sup>
Desinfecção (água subterrânea)	1,0 uT <sup>2</sup> em 95% das amostras
Filtração rápida (tratamento completo ou filtração direta)	1,0uT <sup>2</sup>
Filtração lenta	2uT <sup>2</sup> em 95% das amostras

<sup>1</sup>Valor máximo permitido.

<sup>2</sup>Unidade de turbidez.

No art. 12, parágrafo 2º, da Portaria MS nº 518/2004, encontra-se a seguinte recomendação:

“Com vistas a assegurar a adequada eficiência de remoção de enterovírus, cistos de *Giardia spp.* e oocistos de *Cryptosporidium sp.*, recomenda-se, enfaticamente, que para a filtração rápida se estabeleça como meta a obtenção de efluente filtrado com valores de turbidez inferiores a 0,5uT em 95% dos dados mensais e nunca superiores a 5,0uT”.

### Cloro residual

Um dos mais importantes atributos de um desinfetante é sua capacidade de manter residuais minimamente estáveis após sua aplicação e reações na água, sendo esta uma das principais vantagens do cloro.

Na saída do tanque de contato, a medida do cloro residual cumpre papel de indicador da eficiência da desinfecção. No sistema de distribuição, a manutenção de residuais de cloro objetiva prevenir a pós-contaminação, e sua medida também indica a segurança da água distribuída. Assim, em qualquer situação, o cloro residual é parâmetro indicador da potabilidade microbiológica da água. Em geral, considera-se que os pro-

blemas de odor e sabor na água são mais sentidos em concentrações acima de 1mg/l e que nenhum efeito adverso à saúde é observado até teores de cloro livre de 5mg/l (OMS, 1995).

O artigo 13 da Portaria MS nº 518/04 traz as seguintes disposições:

“Após a desinfecção, a água deve conter um teor mínimo de cloro residual livre de 0,5mg/l, sendo obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2mg/l em qualquer ponto da rede de distribuição, recomendando-se que a cloração seja realizada em pH inferior a 8,0 e tempo de contato mínimo de 30 minutos. Parágrafo único. Admite-se a utilização de outro agente desinfetante ou outra condição de operação do processo de desinfecção, desde que fique demonstrado pelo responsável pelo sistema de tratamento uma eficiência de inativação microbiológica equivalente à obtida com a condição definida neste artigo”.

### **Substâncias químicas que representam risco à saúde**

A presença de substâncias químicas dissolvidas pode ser natural e decorrente do elevado poder solvente da água, ou de natureza antropogênica (poluição). É, portanto, resultado das características específicas da bacia, incluindo aspectos geomorfológicos e intensidade e natureza de atividades industriais e agrícolas, além de características inerentes à própria substância, tais como solubilidade e persistência no solo e na água.

No estabelecimento do padrão de potabilidade para substâncias químicas (orgânicas e inorgânicas) que representam risco à saúde, são levados em consideração os efeitos crônicos resultantes de exposição prolongada, ou seja, da ingestão contínua de água com dada concentração de determinada substância. O padrão para cada substância (VMP) é usualmente estabelecido a partir da aceitação de um nível de risco (ex.:  $10^{-5}$ , que significa aceitável um caso em cada 100 mil pessoas, dentre uma população consumidora ao longo de 70 anos) e de evidências toxicológicas ou epidemiológicas que permitam estimar um nível de efeito não observado (Noael). Calcula-se, assim, a dose abaixo da qual as pessoas poderiam estar expostas sem que ocorresse danos à saúde – ingestão diária tolerável (IDT) (OMS,1995).

Devido às especificidades que determinam a presença das substâncias na água, os planos de amostragem estabelecidos na Portaria MS nº 518/04 apresentam a flexibilidade necessária:

“O responsável pela operação do sistema ou solução alternativa de abastecimento de água pode solicitar à autoridade de saúde pública a alteração na frequência mínima de amostragem de determinados parâmetros estabelecidos nesta norma.

Parágrafo único. Após avaliação criteriosa, fundamentada em inspeções sanitárias e/ou em histórico mínimo de dois anos do controle e da vigilância da qualidade da água, a autoridade de saúde pública decidirá quanto ao deferimento da solicitação, mediante emissão de documento específico” (art. 30)

“Em função de características não conformes com o padrão de potabilidade da água ou de outros fatores de risco, a autoridade de saúde pública competente, com fundamento em relatório técnico, determinará ao responsável pela operação do sistema ou solução alternativa de abastecimento de água que amplie o número mínimo de amostras, aumente a frequência de amostragem ou realize análises laboratoriais de parâmetros adicionais ao estabelecido na presente norma” (art. 31).

Na água bruta e na saída do tratamento são exigidas, semestralmente, análises “completas” da água, de acordo com o especificado, respectivamente, na Resolução Conama nº 20/86 e na Portaria MS nº 518/04.

Para a maioria dos parâmetros, quando não detectados na saída do tratamento e/ou no manancial, é dispensada a análise na rede de distribuição, com exceção das substâncias que potencialmente possam ser introduzidas, no sistema, ao longo da distribuição. A exceção também é feita para o fluoreto e trihalometanos, respectivamente, introduzidos e formados nos processos de tratamento e cuja frequência de análise varia de mensal a semestral. A determinação de cianotoxinas depende da ocorrência de cianobactérias no manancial.

Não custa lembrar o quão ágil é a indústria química no lançamento de novos produtos, particularmente a indústria de agrotóxicos, e que a maioria das substâncias e compostos orgânicos e inorgânicos não é efetivamente removida em processos de tratamento convencional da água.

O diagnóstico do uso e ocupação do solo na bacia e o histórico da qualidade da água do manancial são, em si, importantes ferramentas de orientação de planos de amostragem de controle e vigilância da qualidade da água.

## Padrão de aceitação para consumo humano

Este padrão é estabelecido com base em critérios de ordem estética e organoléptica (gosto ou odor) e visa evitar rejeição ao consumo e busca de outras fontes, eventualmente menos seguras do ponto de vista da saúde. Algumas substâncias apresentam risco à saúde, porém o limiar de percepção de gosto e odor ocorre em concentrações inferiores ao critério estabelecido. Portanto, constam apenas como do padrão de aceitação para consumo. Para outras substâncias não há nenhuma ou suficiente evidência de risco à saúde, ao menos nas concentrações usualmente encontradas nas águas de abastecimento.

## Avaliação de risco – introdução conceitual

O termo *risco* é definido como “característica de uma situação ou ação em que dois ou mais efeitos são possíveis, mas que o efeito particular que ocorrerá é incerto e pelo menos uma das possibilidades é indesejável” (Covello & Merkhofer, 1993). Devem ser enfatizados, na definição de risco, os termos *incerto* e *indesejável*. Nesse conceito, uma situação de abastecimento de água pode conduzir a diferentes e *incertos* efeitos sobre a saúde do usuário, alguns benéficos e outros nocivos, logo *indesejáveis*.

É importante distinguir o termo *risco* do termo *perigo* – muito utilizado em estudos de avaliação de risco. Enquanto risco está associado à probabilidade de ocorrência de um efeito, perigo é uma característica intrínseca de dada substância ou situação. Por exemplo: uma água para consumo humano que contenha agentes patogênicos seria um perigo, enquanto seu fornecimento à população traz um risco, que pode ser quantificado e expresso em termos de probabilidade.

Por sua vez, avaliação de risco (AR) compreende uma metodologia que consiste na caracterização e estimativa, quantitativa ou qualitativa, de potenciais efeitos adversos à saúde devidos à exposição de indivíduos e populações a fatores de risco (físicos, químicos e agentes microbianos, ou situações), o que, portanto, inclui a identificação de perigos. Esta metodologia não é utilizada de forma isolada, sendo parte constituinte da atualmente denominada análise de risco, que, além da avaliação de risco, engloba o gerenciamento de risco e a comunicação de risco (Haas *et al.*, 1999).

A utilização da metodologia de avaliação de risco pressupõe quatro etapas fundamentais: 1) identificação do perigo; 2) avaliação da dose-resposta; 3) avaliação da exposição; 4) caracterização do risco.

### Identificação do perigo

A existência de exploração agrícola na bacia de contribuição do manancial, bem como a descarga, no mesmo, de efluentes oriundos de esgoto doméstico ou de agroindústrias, falhas no tratamento da água e rupturas na rede de abastecimento são exemplos de perigo (*hazard*) ou fatores de risco, pois podem comprometer a qualidade da água. Os pontos cruciais são identificar o agente envolvido e definir se é responsável pelos efeitos adversos à saúde humana.

A identificação de um perigo pode ser associada à ocorrência aumentada ou inédita de casos de doenças na população, mas o correto diagnóstico das doenças em questão pode auxiliar a identificação do agente. Esta etapa compreende, ainda, a avaliação do conhecimento disponível e a descrição de efeitos adversos à saúde, crônicos ou agudos, associados com determinado agente (situação, físico, químico ou microbiano).

### Avaliação da dose-resposta

Uma vez caracterizado o perigo e identificado o agente associado, há que se avaliar o seu potencial de resposta em diversos níveis de exposição. Para determinados agentes, a definição da dose que causa algum efeito adverso é estabelecida a partir de estudos experimentais, desenvolvidos principalmente em animais. Em outros casos, são utilizadas informações de estudos epidemiológicos.

### Avaliação da exposição

Esta etapa compreende a determinação do tamanho e caracterização da população exposta, bem como a definição da(s) rota(s), quantidade e duração da exposição. Procura-se não apenas a identificação, mas a quantificação do agente presente na água – o que pode tornar-se um problema se sua distribuição, na água, for errática e a concentração muito baixa.

### Caracterização do risco

Integra os resultados obtidos nas etapas de identificação do perigo, avaliação da dose-resposta e avaliação da exposição, gerando informações qualitativas e quantitativas. A partir do conhecimento da dose do agente (quantidade presente na água) e do consumo de água, pode-se determinar, por modelos matemáticos, o risco de determinado agravo resultante da ingestão de determinado volume de líquido contendo uma quantidade conhecida do agente por unidade de volume para uma ou mais exposições. Pretende-se estimar a magnitude do problema de saúde e subsidiar as estratégias de gerenciamento de risco.

A avaliação de risco integra um processo mais amplo, o da análise de risco, que envolve as etapas de gerenciamento de risco (corresponde ao processo de controlar os riscos, ponderando alternativas e selecionando ações apropriadas, considerando as

informações levantadas na avaliação de risco e diversas, como de engenharia, econômicas, legais e políticas) e de comunicação de risco (refere-se à comunicação do risco às autoridades públicas e à comunidade em geral. Deve considerar a percepção da população e utilizar linguagem adequada para a difusão de informação científica).

A avaliação quantitativa de riscos é empregada no estabelecimento do padrão de potabilidade para substâncias químicas (orgânicas e inorgânicas) que representam risco à saúde. Atualmente, tem-se procurado estender sua metodologia para a avaliação quantitativa de riscos microbiológicos. Nos EUA, admite-se um risco anual de infecção de 1:10.000 ( $10^{-4}$ ) para os diversos organismos patogênicos transmissíveis via abastecimento de água para consumo humano (Haas *et al.*, 1999). Para este nível de risco, a concentração, por exemplo, de cistos de *Giardia* e oocistos de *Cryptosporidium* na água tratada teria de ser, no máximo e respectivamente, de  $6,9 \times 10^{-6}/l$  e  $3,27 \times 10^{-5}/l$ , o que, convenhamos, é de detecção impraticável.

Em que pesem as limitações do emprego, por completo, da metodologia de avaliação e análise de risco (Bevilacqua *et al.*, 2002), no exercício rotineiro do controle e vigilância da qualidade da água é possível e recomendável a incorporação das etapas de identificação de perigo, do gerenciamento e comunicação de risco.

### **A metodologia APPCC (Bevilacqua *et al.*, 2005)**

A metodologia APPCC (Análise de perigos e pontos críticos de controle) tem por base a preocupação com a qualidade do produto em todas as fases da “cadeia produtiva”, ou seja, incorpora as preocupações de monitorar e avaliar a qualidade do produto desde sua origem até o consumo.

Objetiva-se identificar ‘onde’ e ‘como’ uma determinada contaminação (por exemplo, microbiológica) pode ocorrer, para assim monitorá-la, preveni-la ou controlá-la. Além da produção segura, objetiva-se a comprovação, por documentos técnicos adequados, de que o produto foi elaborado com segurança. Nesse sentido, o ‘onde’ e o ‘como’ são representados pelas letras AP (análise de perigos) e as provas de controle da fabricação recaem nas letras PCC (pontos críticos do controle).

Como ferramenta, inicialmente desenvolvida para a indústria química e de alimentos, o método APPCC incorpora os seguintes princípios:

- identificação e avaliação dos perigos associados a cada etapa da cadeia produtiva e das respectivas medidas preventivas;
- identificação dos pontos críticos para controlar os perigos identificados – determinação dos fatores que precisam ser controlados para evitar os problemas antes que ocorram;
- estabelecimento de sistemas para monitorar os pontos críticos de controle, que possam medir e documentar se esses fatores estão sendo controlados adequadamente;



- estabelecimento de limites críticos para as medidas preventivas associadas com cada PCC;
- estabelecimento dos requisitos de controle (monitoramento) dos PCC;
- estabelecimento de procedimentos para utilização dos resultados do monitoramento, com vistas ao ajuste do processo e manutenção do controle;
- estabelecimento de ações corretivas no caso de desvio dos limites críticos;
- estabelecimento de um sistema para registro de todos os controles;
- estabelecimento de procedimentos de verificação, para avaliar se o sistema está funcionando adequadamente.

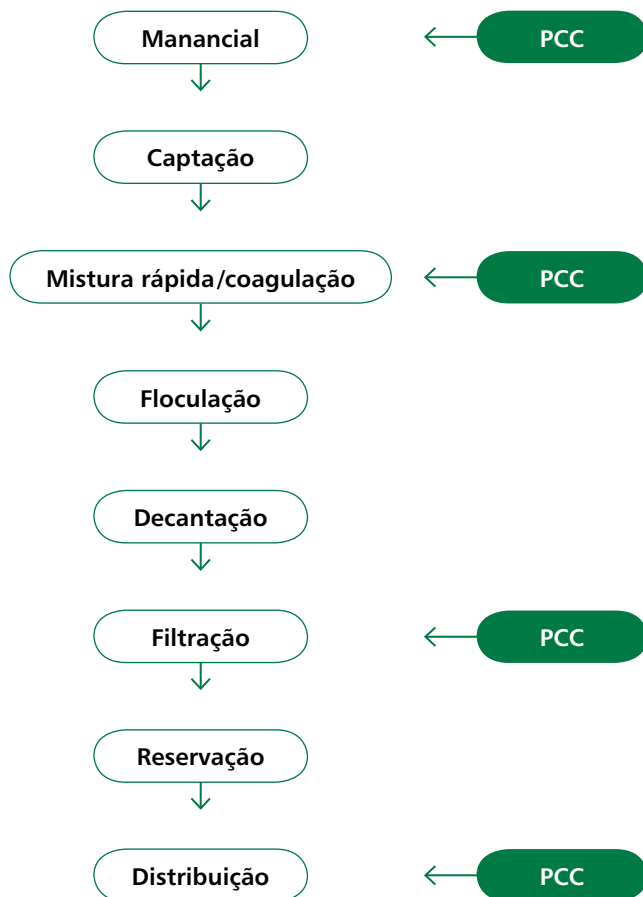
Esses princípios são incorporados às atividades que constituem o plano APPCC, que inclui, adicionalmente, as etapas de formação de uma equipe multidisciplinar, descrição do produto e método de distribuição, identificação do uso específico e dos consumidores e desenvolvimento de um diagrama de fluxo e verificação do fluxo de produção – onde efetivamente serão aplicados os princípios APPCC. Percebe-se nitidamente a natureza preventiva do método.

O diagrama de fluxo, ou fluxograma de produção, objetiva fazer uma descrição simples e clara de todas as etapas relacionadas à fabricação do produto, da matéria-prima até o produto final. O fluxograma deve ser modificado sempre que necessário, para refletir adequadamente a situação que se deseja representar. A caracterização do diagrama de fluxo visa facilitar a definição dos pontos críticos e de controle que se deseja monitorar.

A água é um ‘produto’ dinâmico no tempo e no espaço, ou seja, pode sofrer alterações de seus parâmetros de qualidade em função do local (quer em relação à água bruta – modificações sofridas no manancial devido às formas de ocupação da área da bacia hidrográfica –, quer em relação à água tratada – modificações sofridas ao longo do tratamento ou da rede de distribuição) ou do período (variações devidas à sazonalidade anual) em que se encontra. Portanto, a abordagem da cadeia produtiva é perfeitamente aplicável, na medida em que pressupõe o acompanhamento da qualidade do produto desde sua origem (produção), transformação (indústria), comercialização e consumo final (residencial ou comercial).

A aplicação da metodologia APPCC à produção e distribuição da água para consumo humano é uma ferramenta que pode auxiliar a identificar, nas etapas do processo, os perigos relacionados à produção de água inadequada ao consumo e, uma vez incorporada ao processo produtivo, servir como ferramenta para o controle da qualidade da água produzida. Para esse objetivo, são necessárias pesquisas que avaliem/validem a metodologia, aplicando-a a situações reais, para, por exemplo, melhor caracterização/definição de pontos críticos de controle e de parâmetros de monitoramento em cada um.

**Figura 2.** Sugestão de fluxograma de produção de água para consumo humano em estação de tratamento de água e identificação de possíveis pontos críticos de controle



**Tabela 4. Sugestão de requisitos de controle (monitoramento) na produção e abastecimento de água para consumo humano**

Parâmetro	Água bruta	Mistura/ coagulação	Floculação	Sedimentação	Filtração	Desinfecção/ Saída da ETA	Distribuição
	Manancial/ Entrada da ETA						
Precipitação pluviométrica	x						
Vazão	x	x	x	x	x	x	
Pressão							x
Perda de carga					x		
pH	x	x				x	x
Dosagem de produtos químicos		x				x	
Turbidez	x			x	x	x	x
Cor	x					x	x
Carbono orgânico total	x						
Algas e toxinas	x			x			
Colimetria	x					x	x
Contagem de bactérias heterotróficas						x	x
Cloro residual						x	x
CT						x	
Produtos secundários da desinfecção						x	x

Fonte: adaptado de WHO (2004)

## Formas de abastecimento de água

Na medida em que a água destinada ao consumo humano deve obedecer ao padrão de potabilidade e está sujeita à vigilância de sua qualidade, exercida pelas autoridades de saúde pública, as inspeções sanitárias devem ser realizadas em qualquer sistema e solução alternativa (coletivos) ou individual de abastecimento de água. De forma complementar, as instalações prediais, como objeto das ações da vigilância, também devem constar da programação das inspeções sanitárias. Nesse sentido, torna-se oportuno recapitular algumas definições encontradas na Portaria MS nº 518/04 e no Programa Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano:

- **Sistema de abastecimento de água para consumo humano** – instalação composta por conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, destinada à produção e à distribuição canalizada de água potável para populações, sob a responsabilidade do poder público, mesmo que administrada em regime de concessão ou permissão;
- **Solução alternativa de abastecimento de água para consumo humano** – toda modalidade de abastecimento coletivo de água distinta do sistema de abastecimento de água, incluindo, entre outras, fonte, poço comunitário, distribuição por veículo transportador, instalações condominiais horizontais e verticais;
- **Solução individual de abastecimento de água** – toda e qualquer solução alternativa de abastecimento de água que atenda a um único domicílio;
- **Instalações prediais** – conjunto composto por uma ou mais unidades, constituído por canalizações, reservatórios, equipamentos e outros componentes, destinado ao abastecimento interno de água.

Entende-se por *sistema de abastecimento de água* as “soluções clássicas”, incluindo sua distribuição por meio de rede. A principal diferença em relação às soluções alternativas é o fato de que em todo, sistema de abastecimento o responsável pela prestação do serviço é o município, mesmo que concedida a um ente público vinculado a outra esfera administrativa (como, por exemplo, os serviços prestados pelas companhias estaduais) ou a um ente privado.

As soluções alternativas podem ser providas ou desprovidas de rede de distribuição. Sob o ponto de vista físico, as providas podem ser idênticas aos sistemas de abastecimento, como ocorre em muitos casos de instalações particulares, condomínios horizontais, hotéis, clubes, dentre outros, que optam por implantar e operar instalações próprias, por vezes completas. A Portaria MS nº 518/04 enquadra esses casos como soluções alternativas, independentemente de seu porte.

Geralmente, as soluções alternativas desprovidas de rede de distribuição são associadas a fontes, poços ou chafarizes comunitários – com distribuição por veículo transportador – e a água é utilizada de forma coletiva.

Assim, configuram-se as seguintes modalidades de fornecimento de água:

- sistemas de abastecimento e soluções alternativas coletivas providas de rede de distribuição;
- soluções alternativas coletivas desprovidas de rede de distribuição, com fornecimento coletivo de água;
- soluções individuais.

As soluções individuais de abastecimento e instalações prediais também devem ser objeto de vigilância (incluindo a inspeção sanitária), haja vista que a qualidade da água da fonte de abastecimento e/ou problemas decorrentes de defeitos, má conservação ou manutenção das instalações podem representar risco à saúde de populações ou indivíduos que não têm acesso às soluções coletivas de fornecimento de água, ou acarretar a deterioração da qualidade da água fornecida pelas soluções coletivas de abastecimento.

## Componentes de sistemas e soluções de abastecimento de água e identificação de perigos

A seguir, é apresentada uma breve visão sobre os componentes de sistemas e soluções alternativas e individuais de abastecimento, além das instalações prediais, com ênfase nos pontos de interesse para as inspeções sanitárias. Maiores informações sobre descrição, características, aspectos técnicos e construtivos podem ser buscadas na literatura especializada.

Para desenvolvimento deste item, o texto acerca dos mananciais e captação pode ser aplicado às diferentes modalidades de fornecimento de água (sistemas de abastecimento e soluções alternativas providas de rede de distribuição; soluções alternativas desprovidas de rede de distribuição e soluções individuais), guardadas as devidas particularidades.

Na seqüência, discorre-se sobre as unidades comuns aos sistemas de abastecimento e soluções alternativas providas de rede de distribuição: adução, tratamento, reservação e distribuição. Em separado, apresentam-se os componentes de soluções alternativas desprovidas de rede de distribuição, soluções individuais, ligações e instalações prediais.

Haja vista que nas inspeções sanitárias, essencialmente, busca-se a verificação da implementação de boas práticas e a identificação de perigos, cada item a seguir inclui exemplos de boas práticas ou de perigos associados às diversas unidades de sistemas e soluções de abastecimento e consumo de água, extraídos do *Manual de procedimentos de vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano*, do *Manual de boas práticas em abastecimento de água – Procedimentos para a minimização de riscos à saúde* (Bastos et al., s.d.) e/ou adaptados de EPA/Cepis (2001) e WHO (2004).

### Mananciais

O manancial de abastecimento pode ser superficial, subterrâneo (lençol não confinado ou freático, no qual a água mantém a pressão atmosférica, ou lençol confinado entre camadas impermeáveis, onde a água fica sob pressão) ou resultante da água de chuvas.

Tanto a quantidade como a qualidade da água disponível são fortemente influenciadas pelo uso e ocupação do solo na bacia de captação. A atenção ao manancial é a primeira e fundamental garantia da quantidade e qualidade da água, o que, conforme disposto na Portaria MS nº 518/04, em seus artigos 9º, 10 e 19, a seguir transcritos, constitui atribuições dos responsáveis pelos serviços de abastecimento.

Art. 9º. Ao(s) responsável(is) pela operação de sistema de abastecimento de água incumbe:

III. manter avaliação sistemática do sistema de abastecimento de água, sob a perspectiva dos riscos à saúde, com base na ocupação da bacia contribuinte ao manancial, no histórico das características de suas águas, nas características físicas do sistema, nas práticas operacionais e na qualidade da água distribuída.

V. promover, em conjunto com os órgãos ambientais e gestores de recursos hídricos, as ações cabíveis para a proteção do manancial de abastecimento e de sua bacia contribuinte, assim como efetuar controle das características das suas águas, nos termos do artigo 19 deste Anexo, notificando imediatamente a autoridade de saúde pública sempre que houver indícios de risco à saúde ou sempre que amostras coletadas apresentarem resultados em desacordo com os limites ou condições da respectiva classe de enquadramento, conforme definido na legislação específica vigente.

VI. fornecer a todos os consumidores, nos termos do Código de Defesa do Consumidor, informações sobre a qualidade da água distribuída, mediante envio de relatório, dentre outros mecanismos, com periodicidade mínima anual e contendo, pelo menos, as seguintes informações:

- a) descrição dos mananciais de abastecimento, incluindo informações sobre sua proteção, disponibilidade e qualidade da água;

Art. 10. Ao responsável por solução alternativa de abastecimento de água (...), incumbe:

V. efetuar controle das características da água da fonte de abastecimento, nos termos do artigo 19 deste Anexo, notificando imediatamente a autoridade de saúde pública sempre que houver indícios de risco à saúde ou sempre que amostras coletadas apresentarem resultados em desacordo com os limites ou condições da respectiva classe de enquadramento, conforme definido na legislação específica vigente.

Art. 19. Os responsáveis pelo controle da qualidade da água de sistemas e de soluções alternativas de abastecimento supridos por manancial superficial devem coletar amostras semestrais da água bruta, junto do ponto de captação, para análise de acordo com os parâmetros exigidos na legislação vigente de classificação e enquadramento de águas superficiais, avaliando a compatibilidade entre as características da água bruta e o tipo de tratamento existente.

### Qualidade da água

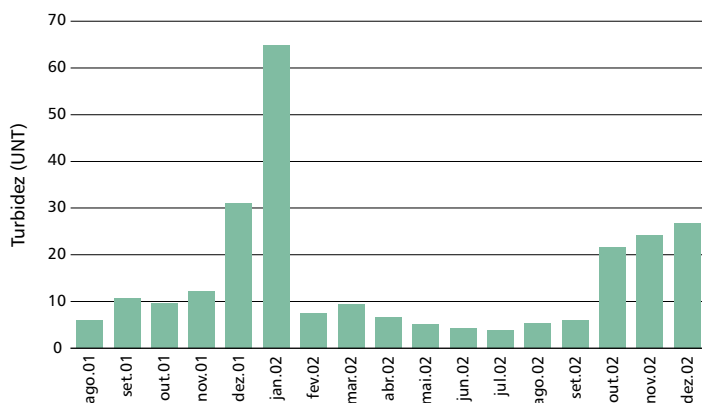
Na seguinte seqüência, os mananciais apresentam maior vulnerabilidade às fontes de contaminação e susceptibilidade a variações sazonais de qualidade da água: mananciais superficiais, lençol não confinado (freático) e confinado (artesiano). As águas superficiais represadas, lagos naturais ou barragens em geral, apresentam melhor qualidade que as águas correntes em termos de partículas em suspensão (turbidez) e organismos patogênicos sedimentáveis (por exemplo, protozoários). Contudo, estão mais sujeitas ao fenômeno da eutrofização, com acentuação da cor e possibilidade de proliferação de algas e cianobactérias

As águas subterrâneas, em geral, são mais bem protegidas, porém podem estar sujeitas a fontes de poluição/contaminação naturais, decorrentes das características do solo, tais como ferro, manganês, arsênico e fluoretos.

Na maioria dos casos, a qualidade da água bruta de mananciais superficiais apresenta variações sazonais significativas entre períodos de chuva e estiagem, o que exige atenção na operação da estação de tratamento de água.

A ilustração a seguir exemplifica um manancial de turbidez relativamente reduzida, portanto de fácil tratabilidade. Entretanto, mesmo em casos como este a atenção cotidiana é indispensável: no manancial em questão, em janeiro de 2001 e 2003, chuvas torrenciais provocaram brusca elevação da turbidez, até 1.000uT. Na primeira oportunidade, os operadores foram “pegos de surpresa”, o que incorreu em comprometimento da água filtrada, interrupção do tratamento e descarte da água até a superação do problema (Bastos *et al.*, 2003).

**Figura 3. Turbidez da água bruta**





Como destaque, vale lembrar que dois dos principais problemas “emergentes” da qualidade da água para consumo humano guardam relação direta com o uso e ocupação do solo na bacia de captação: a transmissão de protozooses (ex.: giardíase e criptosporidiose) e o desenvolvimento de cianobactérias.

### **Protozoários e cianobactérias: riscos à saúde emergentes em abastecimento de água e a importância da atenção ao manancial**

Em que pesem os avanços analítico-metodológicos na pesquisa de protozoários e cianotoxinas em amostras de água, seu emprego rotineiro ainda é possibilidade distante, quer pelas limitações dos próprios métodos, quer pelos custos envolvidos. Em extensão considerável, a “emergência” dessas duas questões põe em xeque os paradigmas tradicionais de avaliação da qualidade da água. Com relação aos protozoários, alguns autores sugerem que tanto ou mais importante que sua pesquisa é a adoção de medidas como inspeção sanitária das fontes de abastecimento e respectivas bacias de captação (uso e ocupação do solo, potenciais fontes de contaminação, etc.) e programas de proteção de bacias e fontes de abastecimento.

Nos programas de inspeção de mananciais deve-se dar especial atenção à existência de focos de poluição pontuais ou difusos, tais como ocupação residencial na bacia de captação e atividades agropecuárias e industriais. Assumem particular importância: a) os focos de poluição associados à carga de nutrientes (ex.: atividades agrícolas) que concorrem para a eutrofização de mananciais e as devidas conseqüências ao tratamento da água e à saúde humana, em vista da proliferação de algas e cianobactérias; b) as atividades pecuárias como fonte de contaminação de mananciais com organismos patogênicos com potencial zoonótico, em especial os protozoários, dada sua reconhecida maior dificuldade de remoção por meio de processos convencionais de tratamento de água.

A mesma abordagem aplica-se às substâncias de difícil remoção por meio de processos convencionais de tratamento de água. Assim, a atenção aos mananciais deve também considerar as atividades agrícolas, industriais e extrativistas (ex.: garimpo) como fontes de contaminação de substâncias químicas refratárias aos processos de tratamento convencional da água, tais como agrotóxicos e metais pesados. A elevada contaminação ou eutrofização de mananciais é, em si, um fator de risco potencial da presença de protozoários e cianotoxinas em efluentes de estações de tratamento de água sem o devido rigor do controle operacional. Dos pontos de vista do controle e vigilância da qualidade da água e sob a perspectiva da avaliação de riscos, a disciplina do uso do solo e a proteção dos mananciais assumem fundamental importância.

### Quantidade de água

É fundamental o conhecimento da saturação do manancial, ou seja, do limite de oferta de água ou do limite de adução (l/hab.dia), comparado à evolução do consumo (l/hab.dia). A importância deste fator é o pressuposto de que tanto a qualidade da água como sua quantidade apresenta implicações de saúde pública, seja por limitar um consumo mínimo desejável (demanda essencial), seja por causar problemas de intermitência do abastecimento – o que pode acarretar a deterioração da qualidade da água no sistema de distribuição e/ou induzir a população ao uso de fontes de qualidade duvidosa.

A intermitência no abastecimento de água representa risco à saúde pública.

Para fins de avaliação do balanço oferta x demanda de água, faz-se imprescindível o recurso a séries históricas de vazão dos mananciais de abastecimento e evolução da população e consumo – o que facilita futura extrapolação. É importante notar que não só a população consumidora pode crescer, mas também o próprio padrão de consumo.

#### Estimativa do consumo *per capita* de água (médio anual)

$$q = V/P \times 365$$

q = consumo *per capita* de água (l/habitante.dia)

V = volume anual tratado (m<sup>3</sup>)

P = população consumidora (habitantes)

Do exposto, surgem alguns dos primeiros pontos de interesse em uma inspeção sanitária:

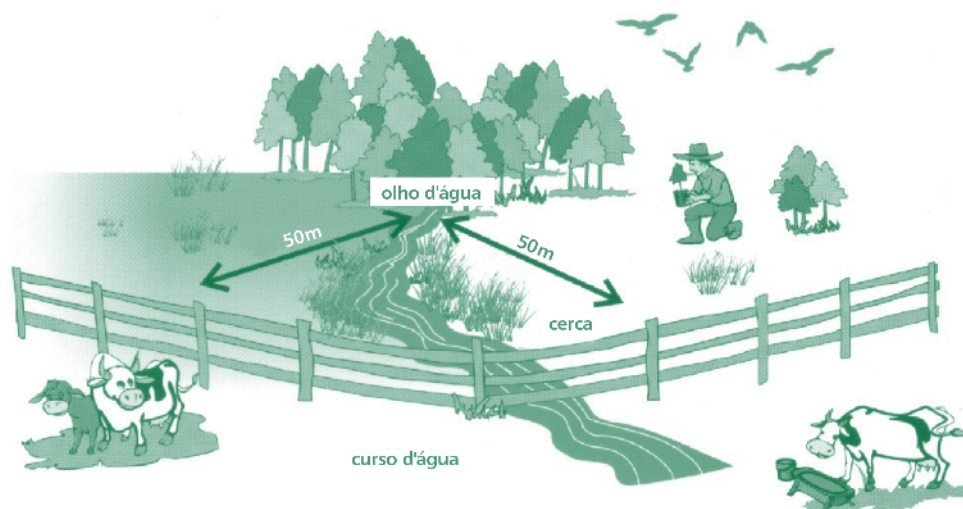
O processo de tratamento empregado é adequado às características da água bruta, incluindo suas variações sazonais?  
O balanço oferta x demanda de água permite segurança (continuidade) no abastecimento?

## Proteção de mananciais

A seguir, serão evidenciadas algumas medidas de ordem geral, exemplos de boas práticas para garantir a qualidade e quantidade de água em mananciais de abastecimento.

- Conservação ou recomposição da vegetação das áreas de recarga do lençol subterrâneo, geralmente situadas nas chapadas ou topos dos morros.
- Manutenção da vegetação em encostas de morros, além da implantação de dispositivos que minimizem as enxurradas e favoreçam a infiltração da água de chuva, como, por exemplo, pequenas bacias de captação de enxurradas nas encostas dos morros.
- Conservação ou replantio, com vegetação nativa, das matas ciliares situadas ao longo dos cursos de água, importantes para minimizar o carreamento do solo e de poluentes às coleções de água de superfície.
- Utilização e manejo corretos de áreas de pasto, de modo a evitar a degradação da vegetação e o endurecimento do solo por excessivo pisoteamento de animais (o que dificulta a infiltração da água de chuva).
- Utilização e manejo adequados do solo nas culturas agrícolas, visando prevenir erosão e carreamento de sólidos para os cursos de água, por meio de técnicas apropriadas como plantio em curvas de nível e previsão de faixas de retenção vegetativa, cordões de contorno e culturas de cobertura, além do uso criterioso de maquinário agrícola, evitando a impermeabilização do solo.
- Desvio de enxurradas que ocorrem em estradas de terra, para bacias de infiltração a serem implantadas lateralmente às estradas vicinais, procedimento que evita o carreamento do solo aos cursos de água e favorece a infiltração da água de chuva.
- Utilização correta de agrotóxicos e fertilizantes, de modo a evitar a contaminação dos aquíferos e coleções de água de superfície.
- Destinação adequada dos esgotos sanitários, efluentes e resíduos agroindustriais.
- Estímulo, para os agricultores, à utilização de sistemas de irrigação mais eficientes no consumo de água e energia.
- Existência de instrumentos legais e/ou práticas de disciplina de uso do solo e de recursos hídricos na bacia de captação.

**Figura 4. Proteção de mananciais (nascentes)**



Fonte: Emater-MG (2003)

## **Captação de águas superficiais**

O balanço entre a oferta (vazão do manancial) e a demanda de água (vazão de adução) determina se a captação poderá ser direta ou se será necessário construir reservatórios de acumulação de água (barragens e represas) para, nos períodos de chuva, cobrir o déficit das épocas de estiagem. Em linhas gerais, deve ser feita a seguinte análise:

- vazão mínima do manancial superior à vazão de captação: captação direta;
- vazão mínima do manancial inferior à vazão de captação e vazão média do manancial superior à vazão de captação: captação por meio de reservatórios de acumulação;
- vazão mínima e média do manancial inferiores à vazão de captação: o manancial, sozinho, não atende à demanda.

Por vazão mínima deve ser entendida a menor vazão do manancial, estimada para determinada condição hidrológica, subtraída de uma vazão ecológica remanescente, necessária para a manutenção da vida aquática à jusante. Essa última parcela é definida nas legislações estaduais que estabelecem os critérios para a outorga de uso dos cursos de água.

### Estimativa da vazão de adução

$$Q = K_1 P \cdot q / 86.400$$

Q = vazão de adução (l/s)

q = consumo *per capita* de água (l/habitante.dia)

P = população consumidora (habitantes)

$K_1$  = coeficiente do dia de maior consumo

$$K_1 = \frac{\text{consumo médio de água do dia de maior consumo}}{\text{consumo médio anual}} \approx 1,2 - 1,3$$

$$\text{Consumo médio anual} = P \cdot q / 86.400$$

As estruturas de captação superficial podem ser compostas por:

- barragens ou vertedores para a manutenção do nível ou regularização da vazão;
- órgãos de tomada de água com dispositivos para impedir a entrada de materiais flutuantes;
- dispositivos para controlar a entrada da água;
- canais ou tubulações de interligação e órgãos acessórios;
- poços de sucção e casa de bombas para alojar os conjuntos elevatórios, quando necessário.

Dentre os dispositivos de tomada de água mais comuns, podem ser descritos:

- a) Tomada de água com barragem de nível – encontra uso generalizado no aproveitamento de pequenos cursos d'água. A barragem visa apenas a elevar o nível da água, de forma a facilitar a tomada de água ou garantir a submergência dos dispositivos de recalque. A vazão mínima do manancial deve ser superior à captada, pois a barragem não tem a função de acumular água;
- b) Captação direta com proteção e poço de tomada – consiste na construção de uma caixa com barras espaçadas para proteger o crivo da tubulação de tomada e o poço de tomada. Normalmente, é utilizada em cursos d'água perenes sujeitos a pequenas oscilações de nível, sem transporte de sedimentos (areia);
- c) Captação indireta com canal ou tubulação de derivação – consiste no desvio parcial das águas de um rio, visando facilitar a tomada de água;
- d) Torre de tomada – utilizada para captação em represas e lagos. A torre fica sempre envolvida pela água, sendo provida de várias comportas situadas em níveis dife-

rentes. O ingresso da água ao seu interior é feito por uma das comportas, permanecendo as demais fechadas, sendo conveniente que a escolha da comporta a ser aberta considere a melhor condição de qualidade da água (Figura 5);

e) Tomada de água flutuante

**Figura 5.** Torre de tomada de água (observar os sinais nítidos de eutrofização: proliferação de salvínea)

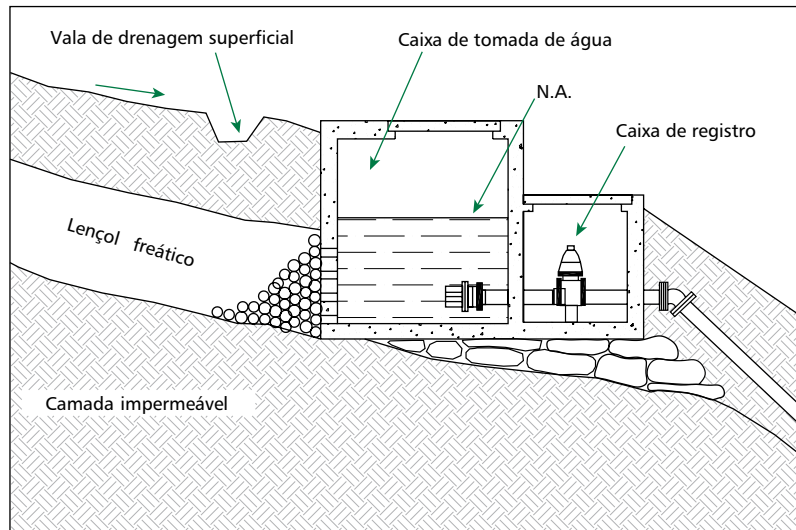


## **Captação de águas subterrâneas**

### **a) Do lençol não confinado (freático)**

#### **Captação de fonte aflorante ou de encosta**

São caixas de tomada adequadamente protegidas que, instaladas no local do afloramento, recolhem diretamente a água do lençol ou indiretamente de uma canalização simples ou com ramificações que penetram o lençol (Figura 6).

**Figura 6. Captação de fonte de encosta (minas)**

Fonte: Barros *et al* (1995)

#### **Captação de fonte emergente**

Geralmente, são sistemas de drenagem subsuperficial, denominados como galerias de infiltração. A solução consiste de um sistema de drenos, que termina em um coletor central, através do qual a água é encaminhada a um poço.

#### **Captação em poço raso**

Escavação circular, geralmente de 0,80m a 2m de diâmetro, com profundidade de acordo com o nível do lençol freático.

#### **Captação em poço profundo freático**

Constituída pelo poço propriamente dito, cravado ou perfurado (manual ou mecanicamente), com revestimento interno para evitar desmoronamentos e impedir a entrada de água com características indesejáveis; com filtro nas camadas geológicas que contêm água e equipamento de recalque. Em geral, demandam mão-de-obra e equipamentos mais sofisticados.

## **b) Do lençol confinado (artesiano)**

### **Poço profundo artesiano**

Para atingir o lençol artesiano, os poços são usualmente perfurados por meio de percussão rotativa ou ar comprimido. As partes componentes são essencialmente as mesmas do poço profundo freático, mas sua execução é mais cara e exige mão-de-obra e equipamentos ainda mais sofisticados.

### **Exemplos de boas práticas na captação de água subterrânea de lençol freático (poços rasos, drenos, nascentes, etc.)**

- Manter a área de captação devidamente cercada (garantindo uma distância mínima das estruturas de, por exemplo, 15m), limpa e com aparência agradável (sempre que possível, gramada e arborizada);
- Posicionar os dispositivos de captação em cota superior à da localização de possíveis fontes de poluição, garantindo também afastamentos horizontais mínimos em relação às mesmas, observado o tipo de solo, conforme referências a seguir: de fossas secas, tanques sépticos, linhas de esgoto: 15m; de depósitos de lixo e de estrumeiras: 15m; de poços absorventes e de linhas de irrigação subsuperficial de esgotos: 30m; de estábulos ou currais: 30m; de fossas negras (cujo fundo atinge o lençol freático): 45m;
- Proteger as tomadas de água em nascentes ou fontes com a utilização de caixas de tomada de água cobertas, fechadas e dotadas de tubulações de descarga de fundo e de extravasão;
- Dotar os poços freáticos e os poços de visita ou de bombeamento das galerias de infiltração (drenos de captação de água) de tampas seladas, com caimento para fora dos poços;
- Construir paredes impermeabilizadas até a profundidade de 3m abaixo da superfície do solo, para os poços rasos e poços das galerias de infiltração;
- Posicionar as coberturas dos poços rasos e das caixas ou poços de tomada de água de nascentes ou de galerias de infiltração em cota altimétrica superior à cota do terreno e à cota de inundação da área correspondente (pelo menos 0,30m acima dessas cotas);
- Construir e manter valetas de desvio de águas superficiais para as áreas onde se situam os poços rasos ou as caixas de tomada de nascentes;
- Dotar os poços freáticos e as galerias de infiltração de dispositivos adequados e seguros para a extração de água, inclusive sob o ponto de vista sanitário.



### **Exemplos de boas práticas na captação de água subterrânea de lençol confinado (poços jorrantes ou não jorrantes)**

- A captação deve garantir vazão constante e contínua, sem prejuízo da qualidade da água;
- O funcionamento de cada poço deve ser adequadamente monitorado, como parcela integrante dos recursos hídricos regionais;
- Em áreas com mais de um poço, os ensaios de vazão devem considerar a interferência entre os mesmos;
- Dotar a área de localização dos poços com perímetro de proteção sanitária, com condições de segurança (cerca e portão) e aspecto agradável (gramado, pintura de moirões, etc.), além de disponibilidade de espaço e facilidades, na superfície, para a instalação e manutenção dos equipamentos e instalações de bombeamento;
- Cimentar o poço em toda a extensão necessária ao seu isolamento, visando a prevenção de riscos de contaminação ou mineralização;
- Definir a profundidade de instalação da bomba com base na posição prevista para o nível dinâmico relativo à vazão explotada e tipo de equipamento de extração de água;
- Dotar a tubulação na saída do poço com válvulas que evitem o retorno da água (válvula de retenção) e possibilitem a interrupção ou o controle de seu fluxo (válvula de parada). A tubulação deve ser também provida de ventosa e de derivação aberta para a atmosfera, com válvula de parada, visando permitir operações de medição de vazão, limpeza do poço e descarga da adutora;
- Desinfetar, sempre, os poços após sua construção e/ou execução de serviços de desenvolvimento, limpeza e manutenção (inclusive dos equipamentos de extração de água);
- Vedar adequadamente os poços abandonados, de modo a impedir a poluição do aquífero ao qual se encontram conectados.

### **Exemplos de perigos associados aos mananciais e à captação**

#### **Águas superficiais**

- Insuficiência de oferta de água;
- Inexistência de medidas de proteção de nascentes e bacias de captação;
- Inexistência de medidas de disciplina de usos múltiplos e conflitantes da água e solo;
- Inexistência de restrições ao uso para fins recreativos na área de captação;
- Alterações bruscas da qualidade da água;
- Depleção do nível da água de reservatórios de acumulação;
- Estratificação de reservatórios de acumulação;
- Existência de focos de poluição pontuais ou difusos, tais como ocupação residencial na bacia de captação e atividades agropecuárias e industriais;
- Sinais de eutrofização (Figura 5) e floração de algas;

- Localização imprópria de tomadas de água em relação ao fundo do manancial e influências de correntes ou em relação às entradas de água de drenagem pluvial;
- Tomadas de água expostas e sujeitas a violações.

### **Águas subterrâneas**

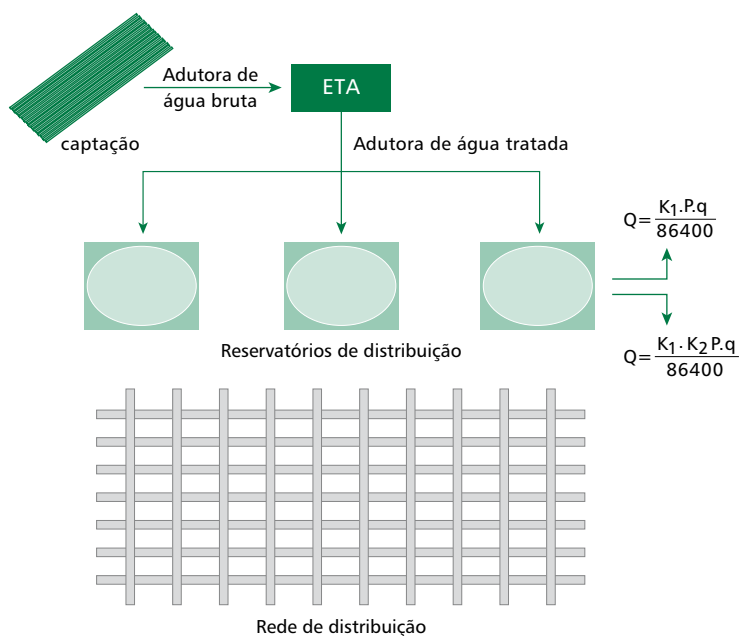
- Insuficiência de oferta de água;
- Fendas ou falhas, naturais ou abertas nas camadas superpostas às formações aquíferas, principalmente quando da descarga de drenagem superficial ou efluentes nas proximidades do manancial;
- Infiltrações no revestimento de poços tubulares; revestimento não suficientemente profundo; revestimento não elevado acima do solo ou do piso da sala de bombas ou não fechado na extremidade superior; revestimento imprópriamente utilizado como canalização de sucção;
- Poço de captação ou reservatório exposto à contaminação pelo refluxo de água poluída por dreno impróprio ou drenagem superficial; ausência de tampas; dispositivos de inspeção imprópriamente construídos; frestas, etc. – fatores que podem permitir a contaminação;
- Estruturas de captação sujeitas a inundações;
- Emprego de manilhas de barro ou outros condutos não impermeáveis em locais onde a água do subsolo pode ser contaminada;
- Condutos sob pressão em conexão perigosa com esgoto ou abastecimento de água de qualidade inferior;
- Poços situados nas proximidades de sistemas de esgotos, fossas, irrigação subsuperficial por meio de manilhas; instalações de criação de animais; postos de gasolina ou outras formas de contaminação;
- Bocas e revestimentos de poços, bombas e instalações de recalque e sucção expostos; caixas de válvula em comunicação com canalizações de sucção;
- Resíduos industriais e agropecuários lançados na área da bacia de captação, em águas superficiais, na superfície do solo ou em camadas subterrâneas, causando contaminação das águas subterrâneas.

## **Sistemas de abastecimento e soluções alternativas providas de distribuição por rede**

Estes sistemas apresentam uma variedade de possíveis combinações de unidades, que se integram com o propósito de atender à população por meio de água encanada. Não existe um arranjo único e fixo que os possa caracterizar. No entanto, a maioria inclui, além da captação, os seguintes componentes:

- adução: transporte de água bruta do manancial ao tratamento ou da água tratada ao sistema de distribuição. Pode ser realizada por recalque ou gravidade;
- tratamento: unidade de processo das alterações nas características da água, visando torná-la própria para consumo humano (potável);
- sistema de distribuição: composto por reservatórios e redes de distribuição;
- reservatórios de distribuição: armazena a água entre as fases de tratamento e consumo. Objetivam suprir as variações horárias de consumo e garantir a adequada pressurização do sistema de distribuição e das reservas de emergência;
- redes de distribuição: conduzem a água para as edificações e pontos de consumo, por meio de canalizações instaladas em vias públicas;
- ligações prediais: responsáveis pela derivação da água da rede de distribuição às edificações ou pontos de consumo, por meio de instalações assentadas na via pública até a testada da edificação;
- estações elevatórias ou de recalque: instalações de bombeamento destinadas a transportar a água a pontos mais distantes e/ou mais elevados. Frequentemente encontradas nas unidades de captação e adução (adução por recalque) e em pontos intermediários dos sistemas de distribuição (*boosters*).

**Figura 7.** Esquema geral de um sistema de abastecimento de água



### Adução

Realizada por meio de um conjunto de canalizações, peças especiais e órgãos acessórios, dispostos entre a captação e a estação de tratamento de água (ETA) ou entre a ETA e o sistema de distribuição (reservatórios e rede).

A canalização que deriva de uma adutora, abastecendo determinado setor, é chamada de subadutora. As adutoras podem ser classificadas de acordo com a natureza da água transportada, energia utilizada para o escoamento da água e regime de escoamento, como explicitado a seguir.

#### a) De acordo com a natureza da água transportada

- adutora de água bruta: transporta água da captação até a ETA;
- adutora de água tratada: transporta água da ETA até o sistema de distribuição.

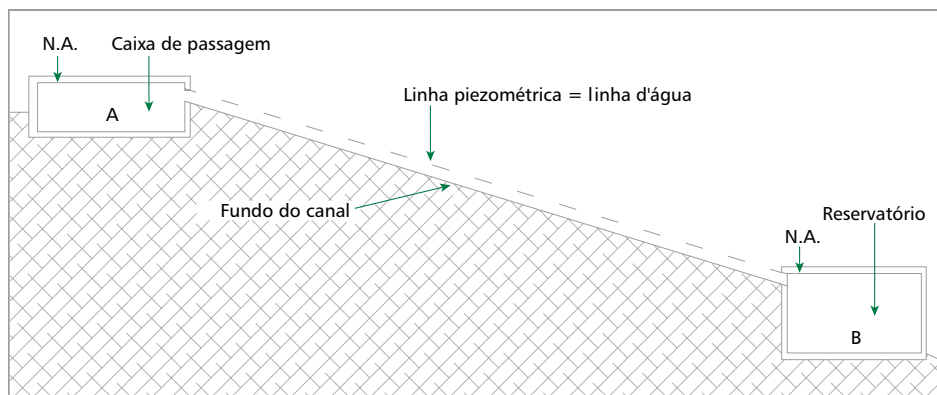
#### b) De acordo com a energia utilizada para o escoamento da água

- adutora por gravidade: quando o ponto inicial da adução é mais alto que o final e se aproveita o desnível existente (energia hidráulica);
- adutora por recalque: quando se faz uso de um sistema elevatório (conjunto moto-bomba e acessórios);
- mista: utiliza-se tanto o recalque como a gravidade.

**c) De acordo com o regime de escoamento**

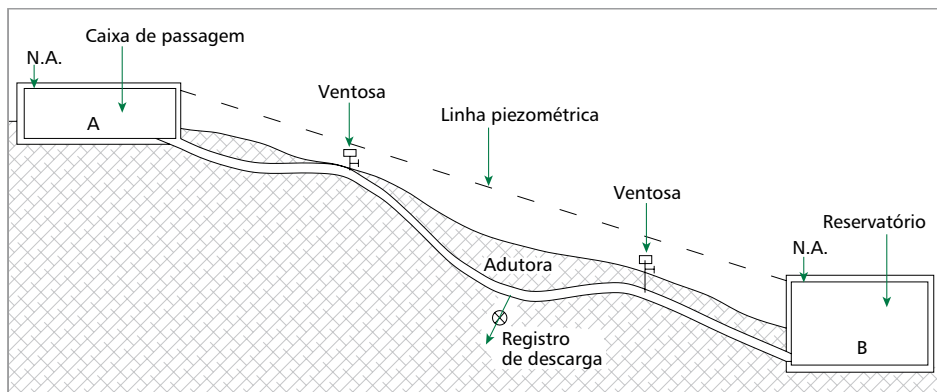
- adutora em conduto livre: os condutos podem ser abertos (canal) ou fechados. A água ocupa apenas parte da seção de escoamento e a superfície mantém-se sob pressão atmosférica (Figura 8);
- adutora em conduto forçado: a água ocupa a plena seção, mantendo a pressão interna superior à pressão atmosférica. O escoamento pode se dar a partir da energia hidráulica disponível (adutoras por gravidade) ou por energia introduzida (adutoras por recalque) (Figuras 9 e 10).

**Figura 8. Adutora por gravidade em conduto livre**



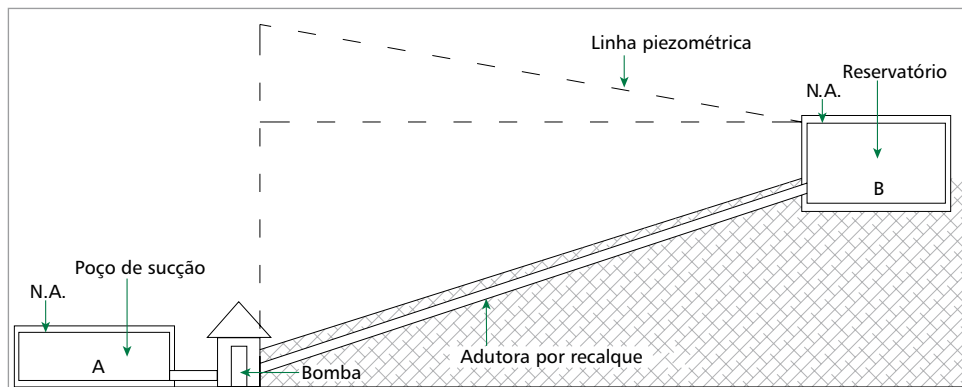
Fonte: Funasa (1999)

**Figura 9. Adutora por gravidade em conduto forçado**



Fonte: Funasa (1999)

**Figura 10. Adutora por recalque**



Fonte: Funasa (1999)

### Adução – exemplos e boas práticas

- Evitar que as adutoras de água tratada se esvaziem, pois tal situação pode favorecer a contaminação por água poluída;
- Instalar e manter adequadamente, nas adutoras, válvulas de descarga e ventosas que, respectivamente, possibilitem a sua conservação e limpeza e evitem a ocorrência de pressão negativa no interior das tubulações (situação que pode favorecer a sucção de águas de qualidade inferior);
- Dar a necessária manutenção às estruturas de sustentação das tubulações, à vegetação destinada a evitar erosões nos terrenos e às valetas de desvio de enxurradas;
- Atentar, especialmente, para as retiradas clandestinas de água, em vista da possibilidade de contaminação da água transportada pela adutora;
- Evitar o assentamento de ocupações humanas e de construções nas faixas de terreno sob as quais estejam implantadas as tubulações das adutoras.

### Tratamento

O conhecimento das características da água bruta permite a avaliação de sua tratabilidade, ou seja, a escolha do processo de tratamento mais adequado e viável – do ponto de vista técnico-econômico – para torná-la potável. Por sua vez, o tipo de manancial, superficial ou subterrâneo, é fator determinante das características da água bruta.

Na concepção das estações de tratamento de águas provenientes de mananciais superficiais, considera-se a combinação das seguintes etapas:

- clarificação, com o objetivo de remover impurezas;
- desinfecção, para a inativação de organismos patogênicos;
- fluoretacção, para a prevenção da cárie dentária (Portaria MS nº 635/75);
- controle de corrosão e incrustações.

A Portaria MS nº 518/04 estabelece que:

- Toda água fornecida coletivamente deve ser submetida a processo de desinfecção, concebido e operado de modo a garantir o atendimento ao padrão microbiológico (art. 22);
- Toda água para consumo humano, suprida por manancial superficial e distribuída por meio de canalização, deve incluir tratamento por filtração (art. 23).

### Seleção de técnicas de clarificação da água

Em linhas gerais, as técnicas de tratamento de clarificação podem ser divididas em dois grupos:

- 1º – coagulação química e filtração rápida;
- 2º – filtração lenta.

Águas brutas com presença de cor ou valores mais elevados de turbidez e algas exigirão uma das variantes da técnica de filtração rápida. Essas variantes englobam seqüências de tratamento conhecidas como de ciclo completo ou convencional, nas quais, em função de elevados teores de impurezas, a filtração rápida é precedida de outro processo de clarificação: a sedimentação ou flotação. Englobam também as seqüências conhecidas como filtração direta, nas quais o filtro é responsável único pela remoção do material em suspensão; geralmente são adequadas para o tratamento de águas que apresentam teores de turbidez, cor e algas de médio a alto, não suficientemente elevados para justificar o uso de uma ETA de ciclo completo. Importante lembrar que, em qualquer das variantes da filtração rápida, a etapa de coagulação é parte fundamental da seqüência de tratamento.

Nas seqüências de filtração direta, os filtros podem ser de escoamento ascendente ou descendente. Nesse último, podem ser precedidos ou não de uma etapa de floculação. É também considerada como filtração direta o uso em série de filtros ascendentes e descendentes.

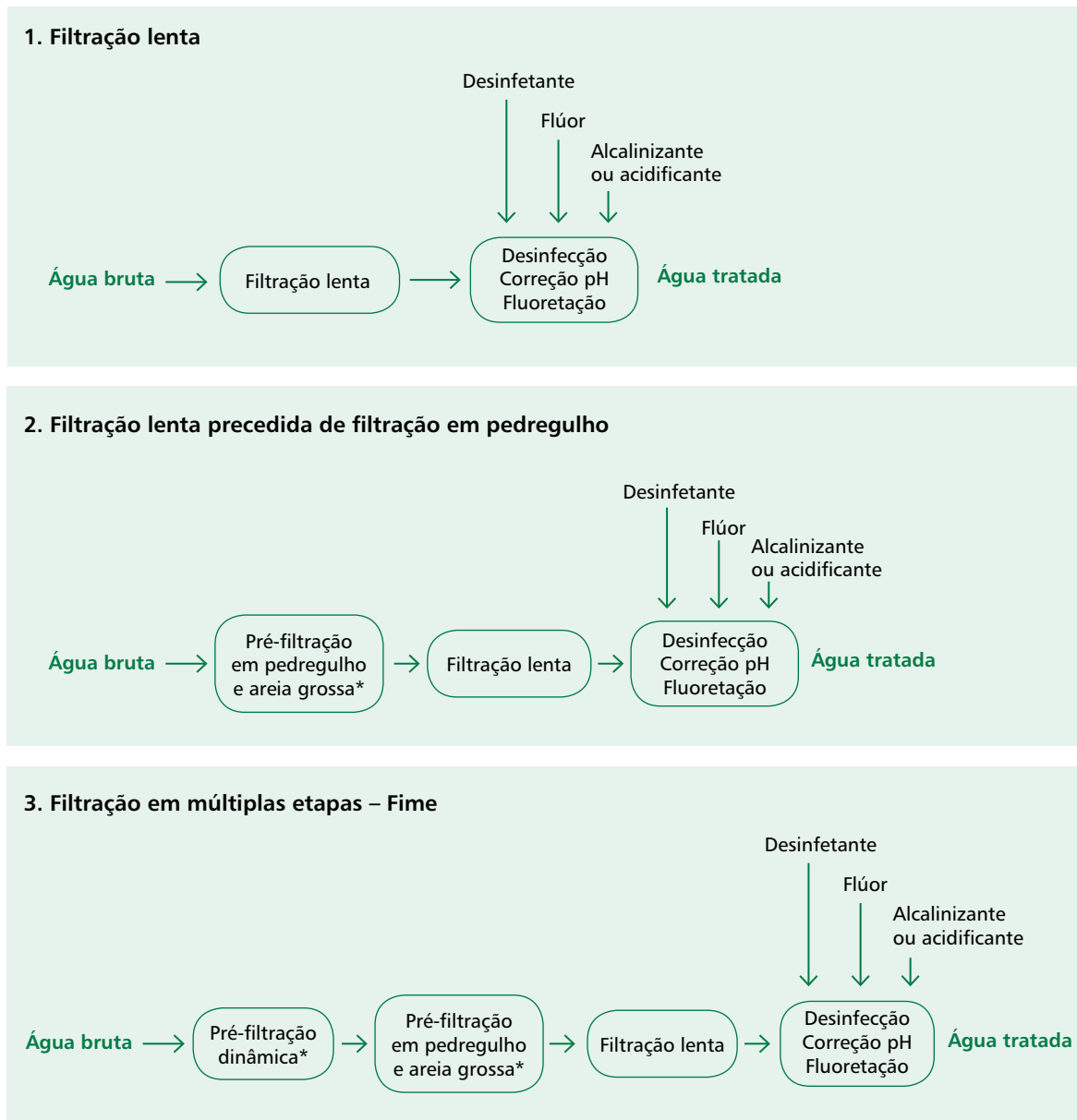
A filtração lenta é geralmente adequada para o tratamento de águas de ‘boa’ qualidade, por exemplo, águas com baixa turbidez, cor e densidade de algas. Dotada de sistemas de pré-tratamento, essa tecnologia pode ser a opção adequada para tratar águas com valores medianos de turbidez e densidade de algas, mas, em nenhuma hipótese, será aplicável a águas que contenham cor verdadeira acima de poucas unidades.

A Figura 11 apresenta, respectivamente, os fluxogramas mais usuais das técnicas de filtração lenta e de filtração rápida. As Tabela 5 e 6 sintetizam alguns critérios para a seleção de processos de tratamento em função da qualidade da água bruta – os quais devem ser considerados apenas como recomendações genéricas.

A Tabela 7 apresenta breve descrição dos diversos processos unitários de tratamento, respectivos parâmetros de controle e principais aspectos a serem observados quando de uma inspeção sanitária, por exemplo.

Figura 11. Técnicas de tratamento com uso de filtração lenta e rápida

### Filtração lenta



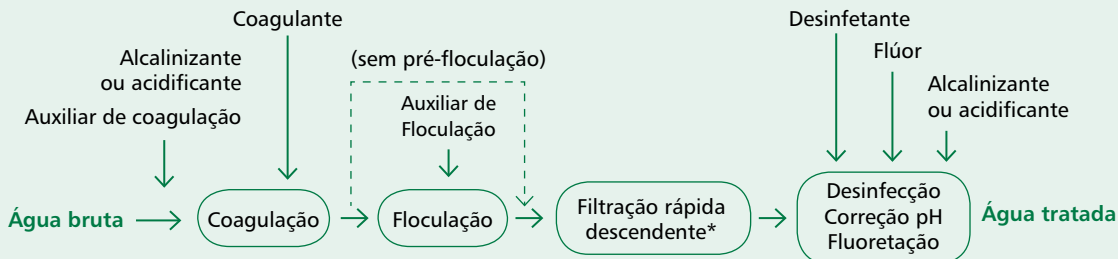
continua

\*Processos que geram descargas de fundo

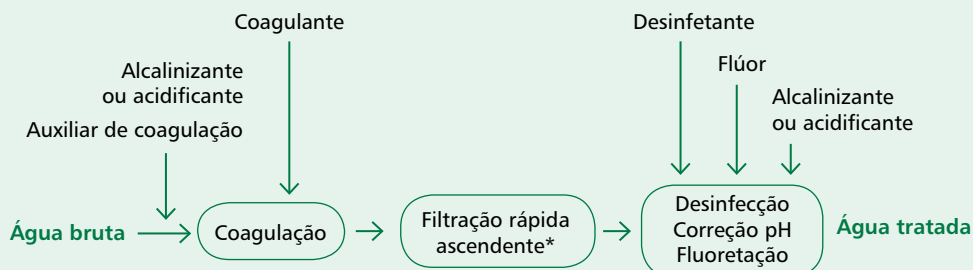


## Filtração rápida

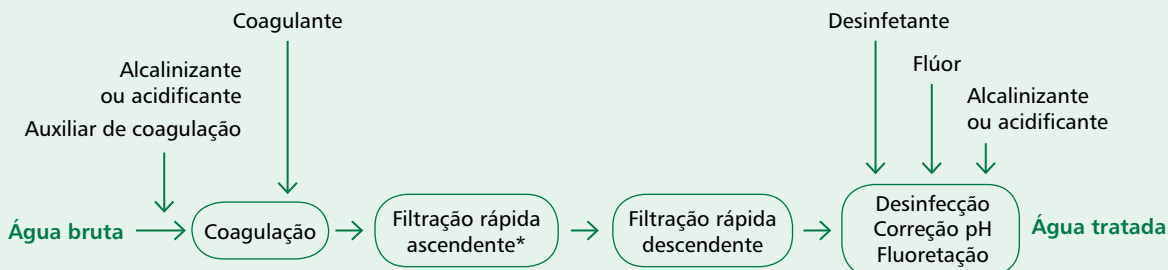
### 1. Filtração direta descendente, com ou sem pré-floculação



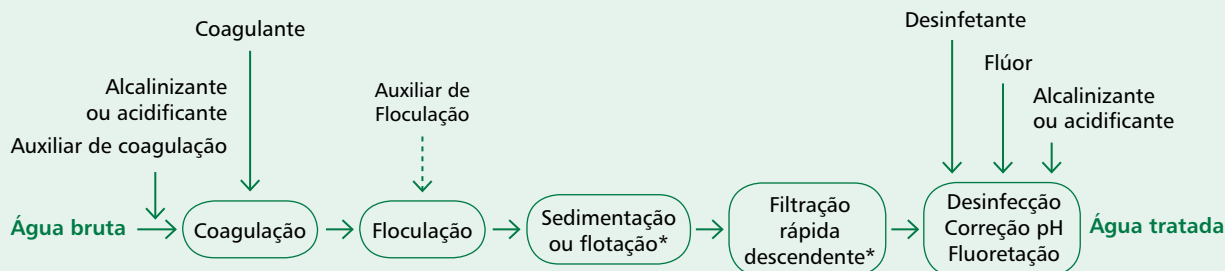
### 2. Filtração direta ascendente



### 3. Dupla Filtração



### 4. Ciclo completo ou convencional



\*Processos que geram resíduos

**Tabela 5.** Parâmetros de qualidade da água bruta sugeridos para as técnicas de filtração lenta

Características da água bruta	Tecnologias de tratamento		
	Filtração lenta	Filtração em pedregulho + filtração lenta	Filtração em múltiplas etapas (Fime)
Turbidez (uT)	10	25*	100
Cor verdadeira (uC)	5	5	10
Ph	6 – 9	6 – 9	6 – 9
Coliformes totais (NMP/100 ml)	1.000*	5.000*	20.000
<i>E. coli</i> (NMP/100 ml)	500	1.000*	5.000
Substâncias potencialmente prejudiciais à saúde	Os valores máximos recomendados para água de Classe 2 na Resolução Conama nº 357/2005		

\*Limites mais elevados podem ser praticados com a adoção de manta sintética sobre a superfície da areia no filtro lento

Fonte: adaptada de Di Bernardo (1993)

**Tabela 6.** Parâmetros de qualidade da água bruta sugeridos para as técnicas de filtração rápida

Características da água bruta	Tecnologias de tratamento				
	Filtração direta descendente	Filtração direta ascendente	Dupla filtração pedregulho + areia	Dupla filtração areia G + areia	Ciclo completo
Turbidez (uT)	90% ≤ 10	90% ≤ 10	90% ≤ 100	90% ≤ 50	90% ≤ 1500
	95% ≤ 25	95% ≤ 25	95% ≤ 150	95% ≤ 100	
	100% ≤ 100	100% ≤ 100	100% ≤ 200	100% ≤ 150	
Cor verdadeira (uC)	90% ≤ 20	90% ≤ 20	90% ≤ 100	90% ≤ 50	90% ≤ 150
	95% ≤ 25	95% ≤ 25	95% ≤ 150	95% ≤ 100	
	100% ≤ 50	100% ≤ 50	100% ≤ 200	100% ≤ 150	
Sólidos em Suspensão (mg/l)	95% ≤ 25	95% ≤ 25	95% ≤ 150	95% ≤ 100	
	100% ≤ 100	100% ≤ 100	100% ≤ 150	100% ≤ 150	
Coliformes totais (NMP/100ml)	1.000 (1)	1.000 (1)	5.000 (1)	5.000 (2)	
<i>E. coli</i> (NMP/100ml)	500 (1)	500 (1)	1.000 (1)	1.000 (1)	
Taxa de filtração (m/dia)	200-600 (2)	160-240	FAP: 80-180 FRD: 180-600 (2)	FAAG: 80-180 FRD: 180-600 (2)	200-600 (2)

1) Limites mais elevados podem ser praticados com a adoção de pré-desinfecção.

2) Na faixa sugerida, as taxas mais elevadas são aplicáveis somente quando é utilizado o meio granular de dupla camada e testes pilotos revelaram que a qualidade da água não fica comprometida.

Fonte: adaptada de Di Bernardo et al.(2003); Cepis (1992)

**Tabela 7. Processos unitários de tratamento: descrição, parâmetros de controle e principais aspectos a serem observados**

Processo	Características/descrição do processo	Principais parâmetros operacionais
<b>Clarificação</b>	<p>Conjunto de operações destinadas à remoção de partículas em suspensão, principais responsáveis pela turbidez da água.</p> <p>A remoção da turbidez e o atendimento ao respectivo padrão de potabilidade visam:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• garantir a aparência estética da água;</li> <li>• indicar a necessidade de remoção de protozoários;</li> <li>• garantir o adequado desempenho do processo de desinfecção (os sólidos podem proteger os patogênicos da ação do desinfetante).</li> </ul> <p>Durante o processo de clarificação podem ocorrer as seguintes operações: mistura rápida e coagulação, floculação, sedimentação e filtração. Denomina-se tratamento convencional ou completo quando a ETA conta com a seqüência dessas quatro unidades (coagulação, floculação, decantação/sedimentação e filtração), seguida da desinfecção e correção de pH.</p>	<p>A produção de água de boa qualidade depende do bom controle operacional dos processos unitários de tratamento, a começar pela coagulação. A dosagem correta do coagulante propicia a adequada floculação e a formação de flocos com boas características de sedimentabilidade, o que, por sua vez, garante elevada remoção de turbidez por meio da decantação. Uma decantação deficiente compromete o processo de filtração, reduzindo a carreira de filtração, que, se não bem controlada, pode comprometer a qualidade da água filtrada, elevando sua turbidez. Como conseqüências temos aumentos da demanda de cloro e da produção de cloro residual combinado, que apresenta menor poder desinfetante, e proteção dos microrganismos à ação do cloro pelas partículas em suspensão. Ressalte-se que uma eficiente filtração é a melhor garantia para a remoção de protozoários.</p>
<b>Mistura rápida e coagulação</b>	<p>Adição de coagulantes com vistas à desestabilização das partículas; posterior formação de flocos.</p> <p>A mistura rápida refere-se ao processo físico de homogeneização do coagulante na água; a coagulação, aos processos químicos resultantes da adição do coagulante.</p> <p>As reações do coagulante na água são instantâneas. Portanto, o coagulante deve ser introduzido em local de intensa turbulência da água. A mistura pode ser hidráulica – em geral aplicando-se o coagulante na calha Parshall (dispositivo de medição de vazão) – ou mecanizada.</p>	<p>pH e dose de coagulante: para cada água, incluindo as variações sazonais verificadas em um mesmo manancial, existirá um par de valores ótimos, os quais devem ser determinados em ensaios de <i>Jar Test</i>.</p> <p>Gradiente de velocidade: expressa a intensidade de agitação da água; função da vazão. Na mistura, deve ser tão elevado quanto <math>1.000s^{-1}</math></p> <p>Tempo de mistura, também função da vazão: tão reduzido quanto 1-3s.</p>
<b>Floculação</b>	<p>Formação de flocos mediante a introdução de energia na massa líquida, capaz de propiciar o contato das partículas desestabilizadas na coagulação, sua aglutinação e, portanto, ganho em tamanho e densidade. A energia introduzida deve ser suave, de forma a evitar a quebra dos flocos gradualmente formados. Os floculadores podem ser hidráulicos (dotados de dispositivos que promovam uma agitação suave na massa d'água – câmaras, orifícios de passagem, etc.) ou mecanizados.</p>	<p>Gradiente de velocidade (entre <math>20-60s^{-1}</math>) e tempo de detenção hidráulica ou tempo de floculação (entre 20-40min). Também neste caso, para cada água haverá parâmetros ótimos a serem determinados em ensaios de <i>Jar Test</i> e controlados na rotina de operação da ETA.</p>
<b>Decantação</b>	<p>Separação dos flocos pela ação da gravidade. Os sólidos presentes na água são depositados no fundo dos decantadores, de onde o lodo acumulado deve ser removido periodicamente em operações de limpeza dos decantadores.</p>	<p>Taxa de escoamento superficial, representada pela vazão aplicada por unidade de área do decantador (<math>m^3/m^2.dia</math>), que se iguala à velocidade de sedimentação da menor partícula que se pretende remover (cm/min). Também pode e deve ser determinada em ensaios de <i>Jar Test</i> e controlada rotineiramente em função da vazão afluyente na ETA.</p>

continua

Processo	Características/descrição do processo	Principais parâmetros operacionais
Filtração	<p>Passagem da água por um leito de material granular (usualmente areia), por meio do qual ocorre a remoção das partículas não retidas no decantador. Em função do sentido do fluxo, são classificados como descendentes ou ascendentes; e em função da velocidade de filtração, em rápidos ou lentos. A seleção de alternativas é, essencialmente, função da qualidade da água bruta e a cada alternativa corresponderá uma granulometria adequada para o leito filtrante. A limpeza dos filtros é, em geral, realizada por retrolavagem com água tratada.</p>	<p><b>Taxa de filtração ou velocidade de filtração:</b> expressa pela vazão afluente ao filtro por unidade de área do leito filtrante (<math>m^3/m^2 \cdot dia</math>). A cada alternativa de filtração corresponderá uma taxa de filtração adequada.</p> <p><b>Carreira de filtração:</b> tempo de funcionamento dos filtros entre duas lavagens consecutivas. Carreiras muito curtas são antieconômicas e se por demais prolongadas comprometem a qualidade do efluente filtrado.</p>
Pré-filtros de pedregulho	<p>Utilizados como pré-tratamento para a filtração lenta. Alivia essa unidade de algumas impurezas, especialmente os sólidos em suspensão.</p> <p>Podem ser utilizados para a absorção de picos de sólidos em suspensão (pré-filtro dinâmico) ou para a remoção desses sólidos (pré-filtro de pedregulho). O pré-filtro dinâmico é usualmente empregado junto à captação. O pré-filtro de pedregulho pode ser classificado, segundo a direção e o sentido do fluxo, em horizontal e vertical descendente ou vertical ascendente. O meio filtrante é usualmente constituído por pedregulho ou areia grossa.</p>	<p>Taxas de filtração usuais: 12 a 36 <math>m^3/m^2 \cdot dia</math></p>
Filtração lenta	<p>Solução bastante simples do ponto de vista operacional. Limitando-se, em muitos casos, à existência dos próprios filtros, sem instalações para manuseio de produtos químicos.</p> <p>As baixas taxas de filtração e a granulometria fina da areia determinam um desempenho bastante diferente daquele característico dos filtros rápidos. A camada superficial é responsável por praticamente todo o mecanismo de filtração. Na superfície do leito, a baixa taxa de aplicação permite a formação de uma camada biológica gelatinosa, constituída por bactérias, algas e plâncton em geral, capaz de exercer eficiente função bactericida. A filtração lenta pode ser realizada em fluxo ascendente ou descendente.</p>	<p>Taxas de filtração usuais: 2 a 6 <math>m^3/m^2 \cdot dia</math></p>
Filtração rápida	<p>Os processos de clarificação que antecedem a filtração rápida permitem o aproveitamento de águas superficiais menos protegidas e o tratamento de vazões mais elevadas.</p> <p>A filtração pode ser direta, precedida de coagulação, com ou sem floculação; ou filtração precedida de tratamento completo: coagulação, floculação e decantação. A opção será baseada na qualidade da água bruta e no controle adequado dos mecanismos de coagulação. A filtração direta pode ser ascendente ou descendente. O tratamento completo usualmente envolve a filtração descendente.</p> <p>A filtração direta é mais sensível a oscilações de qualidade da água bruta, exige controle operacional mais rigoroso e deve ser empregada água bruta de baixa turbidez, pouco poluída. Ao tratamento completo associa-se o importante conceito de barreiras múltiplas de proteção.</p>	<p>Taxas de filtração usuais: 120 a 300 <math>m^3/m^2 \cdot dia</math>; ou 600 <math>m^3/m^2 \cdot dia</math>, no caso de filtros de camada dupla.</p>

continua

Processo	Características/descrição do processo	Principais parâmetros operacionais
<b>Desinfecção</b>	<p>Destruição ou inativação de microrganismos pela aplicação de um agente desinfetante. Os mais empregados são os oxidantes químicos, como cloro, dióxido de cloro e ozônio, e a radiação ultravioleta.</p> <p>Na escolha do agente desinfetante deve-se considerar: potencial desinfetante, potencial de manutenção de residuais desinfetantes, formação de subprodutos secundários tóxicos, potencial de geração de odor e sabor, custo, complexidade de operação e manutenção.</p> <p>A inativação dos microrganismos ocorre pela ação de certa dose de cloro por determinado tempo de contato. Normalmente, em ordem crescente de resistência à desinfecção, apresentam-se as bactérias, os vírus, os protozoários e os helmintos (praticamente imunes).</p> <p>A eficiência da cloração, de longe o processo mais frequentemente empregado, é reduzida em pH elevado. Por isso, a correção final de pH deve ser realizada após a desinfecção.</p> <p>Aplica-se a desinfecção como processo isolado de tratamento para águas subterrâneas que apresentam boa qualidade físico-química, com o intuito de, ao menos, garantir residuais desinfetantes no sistema de distribuição.</p>	<p>Turbidez da água filtrada <math>\leq 1,0</math> UNT, preferencialmente <math>\leq 0,5</math> UNT.</p> <p>A eficiência da desinfecção é medida pelo parâmetro K (dose x tempo de contato).</p> $K = C \times T$ <p>K = constante para cada microrganismo; função da temperatura e do pH (mg.min/l); C = concentração do desinfetante (mg/l); T = tempo de contato (min).</p> <p>Após a desinfecção, a água deve conter um teor mínimo de cloro residual livre de 0,5mg/l, recomendando-se que a cloração seja realizada em pH inferior a 8,0 e tempo de contato mínimo de 30 minutos (Portaria MS nº 518/2004).</p> <p>A dose aplicada na ETA deve ser fixada de forma a garantir o residual mínimo (0,2mg/L) em todo o sistema de distribuição.</p> <p>Admite-se a utilização de outro agente desinfetante ou outra condição de operação do processo de desinfecção, desde que fique demonstrada uma eficiência de inativação microbiológica equivalente à obtida nas condições acima referidas (art. 13, parágrafo único, Portaria MS nº 518/2004).</p>
<b>Fluoretação</b>	<p>A aplicação de flúor objetiva a prevenção da cárie dentária, principalmente em consumidores de até 14 anos de idade.</p> <p>A aplicação é realizada por meio de aparelhos dosadores, sendo usados o fluoreto de sódio, o fluossilicato de sódio e o ácido fluossilícico.</p> <p>A concentração de íon fluoreto varia em função da média das temperaturas máximas diárias, observadas durante o período mínimo de um ano (recomenda-se cinco anos). A concentração ótima situa-se em torno de 1,0mg/l. Dosagens excessivas podem ser prejudiciais à saúde, provocando o desenvolvimento de fluorose dentária e osteoporose.</p>	<p>Temperatura e dose (mg/l)</p>
<b>Correção final de pH</b>	<p>A maioria das ETAs inclui como processo final a correção de pH, já que o próprio tratamento da água tende a abaixá-lo. Essa correção visa ao controle da corrosão e incrustações e usualmente é realizada mediante a adição de cal.</p>	<p>Para efeito de controle da corrosão, o pH da água tratada deve ser mantido próximo à neutralidade (7,0). A Portaria MS nº 518/2004 recomenda que no sistema de distribuição o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5.</p>

## Desinfecção

Dentre os desinfetantes mais freqüentemente utilizados, devem ser destacadas algumas de suas vantagens e desvantagens.

**Tabela 8. Características dos principais desinfetantes utilizados no tratamento da água para consumo humano**

Desinfetante	Vantagens	Desvantagens
<b>Cloro</b>	<p>Elevada eficiência na inativação de bactérias e vírus.</p> <p>Efeito residual relativamente estável.</p> <p>Baixo custo.</p> <p>Manuseio relativamente simples.</p> <p>Grande disponibilidade no mercado.</p>	<p>Limitada eficiência na inativação de cistos e oocistos de protozoários e ovos de helmintos.</p> <p>Na presença de matéria orgânica pode formar compostos tóxicos, principalmente trihalometanos (THM).</p> <p>Em doses elevadas pode produzir forte odor e sabor.</p> <p>Alguns subprodutos, como clorofenóis, também provocam odor e sabor.</p>
<b>Dióxido de cloro</b>	<p>Desinfetante mais potente, inclusive na inativação de cistos e oocistos de protozoários.</p> <p>Não forma trihalometanos.</p> <p>Eficiência estável em amplas faixas de Ph.</p>	<p>Na presença de matéria orgânica pode formar outros subprodutos tóxicos (cloritos).</p> <p>Residuais desinfetantes menos estáveis.</p> <p>Em doses elevadas pode produzir forte odor e sabor.</p> <p>Operação mais delicada e complexa.</p>
<b>Ozônio</b>	<p>Desinfetante mais potente, inclusive na inativação de cistos e oocistos de protozoários.</p> <p>Menor risco de formação de subprodutos tóxicos.</p> <p>Não provoca odor e sabor.</p>	<p>Pode formar outros subprodutos tóxicos (bromatos).</p> <p>Não apresenta poder residual.</p> <p>Custos elevados.</p> <p>Técnicas de aplicação mais sofisticadas.</p>
<b>Radiação ultravioleta</b>	<p>Elevada eficiência na destruição dos mais diversos microrganismos em tempo de contato reduzido.</p> <p>Não forma subprodutos.</p> <p>Não provoca odor e sabor.</p>	<p>Não apresenta poder residual.</p> <p>Redução significativa da eficiência com o aumento da cor ou turbidez da água.</p> <p>Custos elevados.</p> <p>Técnicas de aplicação mais sofisticadas.</p>

Fonte: adaptada de Reiff & Witt (1995).

Apesar de o cloro apresentar algumas limitações como desinfetante no tratamento da água para consumo humano, continua, por seus atributos positivos, sendo a opção mais amplamente utilizada. Seus principais produtos para o tratamento da água destinada ao consumo humano são:

- cloro-gás: fornecido liquefeito em cilindro sob pressão, com elevada pureza; altamente tóxico;

- hipoclorito de cálcio: fornecido em forma de pó branco, com teor de cloro de 60-70%; armazenamento por um ano, com perdas da ordem de 2-2,5%; corrosivo;
- hipoclorito de sódio: fornecido em solução líquida, com teor de cloro de 10-15%, armazenamento por um mês, com perdas da ordem de 2-4%; corrosivo.

Por ser o desinfetante de aplicação quase universal no Brasil, alguns aspectos relacionados aos princípios e mecanismos da cloração merecem ser enfatizados:

- O cloro reage com a água e a matéria orgânica presente; parte do cloro será consumido na ação desinfetante e parte na oxidação da matéria orgânica (demanda de cloro); os residuais de cloro pós-reações podem apresentar-se nas formas de cloro livre e cloro combinado;
- A ação desinfetante do cloro livre é bem mais eficiente que a do cloro combinado; a ação desinfetante das formas de cloro livre e combinado diminuem bastante em  $\text{pH} > 8,0$ ;
- Teores de cloro residual livre de 0,2 – 0,5 mg/l são adequados e suficientes para a inativação de bactérias;
- Para a inativação de vírus, recomenda-se um teor mínimo de cloro residual de 0,5 mg/l após 30 minutos de tempo de contato, em  $\text{pH} < 8,0$ ;
- É essencial que o tratamento para clarificação, que precede a desinfecção final, produza uma água cuja turbidez não exceda uma unidade de turbidez – UT, preferencialmente 0,5 UT. Fontes de águas aceitáveis para consumo humano apenas pela desinfecção devem cumprir os mesmos requisitos que as águas submetidas à clarificação, ou seja, a água bruta não deve apresentar demanda de cloro elevada e a turbidez deve ser inferior a 1 UT.
- Cistos e oocistos de protozoários são muito resistentes à ação do cloro e não são inativados com as doses usualmente praticadas no tratamento da água. Nesse particular, a filtração assume papel fundamental de remoção dos organismos patogênicos. Em linhas gerais, recomenda-se: a) remoção/inativação conjunta, por meio da filtração-desinfecção, de 99,9% (3 log) de cistos de *Giardia*: turbidez da água filtrada inferior a 0,5 UT para a filtração rápida e 1,0 UT para a filtração lenta (2,5 log de remoção), complementada por desinfecção adequada para inativação equivalente a 0,5 log, controlada pelo tempo de contato, residual de cloro livre e temperatura; b) remoção de 99% (2,0 log) de oocistos de *Cryptosporidium*: turbidez da água filtrada inferior a 0,3 UNT para a filtração rápida e 1,0 UT para a filtração lenta.
- A cloração pode gerar subprodutos tóxicos, principalmente os trihalometanos. O valor máximo permitido pela legislação brasileira é de 100 $\mu\text{g/l}$ . Contudo, a OMS ressalta que o cumprimento deste limite nunca deve vir em prejuízo dos padrões microbiológicos.

### Exemplos de perigos associados ao tratamento

- Inadequação do processo de tratamento existente à qualidade da água bruta;
- Sobrecarga da estação de tratamento;
- Controle operacional deficiente dos processos unitários de tratamento, cobrindo as variações sazonais de qualidade da água bruta e de vazões afluentes à estação de tratamento de água: negligência no ensaio sistemático de *Jar Test*, dosagem e aplicação incorretas de coagulante; negligência no controle rigoroso dos parâmetros de controle da desinfecção: dosagem, tempo de contato e pH; procedimentos inadequados para lavagem de filtros; recirculação de água de lavagem dos filtros sem a observação de requisitos de segurança;
- Desconhecimento ou negligência em relação aos parâmetros hidráulicos de controle e operação dos processos unitários de tratamento: gradientes de velocidade, tempos de detenção hidráulica, taxa de aplicação superficial dos decantadores, taxas de filtração, carreiras de filtração, etc.;
- Falhas de projeto ou deficiências de instalações e equipamentos: falhas de projeto que comprometam a hidráulica e o funcionamento das estações de tratamento de água: tempos de detenção de floculação, decantação e desinfecção insuficientes, granulometria inadequada dos leitos filtrantes, etc.; estado precário de bombas dosadoras de produtos químicos (coagulantes e desinfetantes) e equipamentos de medição de vazões; deterioração dos filtros: leito filtrante, sistema distribuidor de água de lavagem, registros de controle de água de lavagem e água filtrada;
- Controle inadequado da qualidade da água nos processos unitários de tratamento: não observação dos planos de amostragem mínimos exigidos; controle inadequado da turbidez da água filtrada, em especial em eventos pós-lavagem dos filtros; controle inadequado dos residuais desinfetantes na saída do tanque de contato;
- Inexistência ou negligência no controle de qualidade dos insumos químicos: coagulantes, desinfetantes, oxidantes, etc.;
- Falta de supervisão e de operação competentes ou de controle laboratorial adequado;
- Falta de proteção adequada para a água tratada;
- Existência de interconexões perigosas ou derivações na estação, entre condutos ou depósitos de água bruta ou parcialmente tratada com condutos ou tanques de água completamente tratada e sua introdução no sistema de distribuição;
- Localização imprópria da estação de tratamento ou proteção imprópria contra águas de inundação;
- Inadequação de medidas de segurança, proteção e controle do acesso às instalações da ETA.



## Reservação e distribuição

Entre o tratamento e o consumo, geralmente são interpostos reservatórios de distribuição, os quais cumprem as seguintes finalidades: atender às variações de consumo na rede de distribuição ao longo do dia; proporcionar a continuidade no abastecimento da população em caso de paralisação da produção de água; manter pressões adequadas na rede de distribuição; garantir uma reserva estratégica em casos de incêndio.

As vazões de adução suprem o sistema de abastecimento até os reservatórios de distribuição com vazões que garantem as variações diárias de consumo ao longo do ano. Entretanto, ao longo das 24 horas do dia também ocorrem variações significativas de consumo. Assim, para garantir que não falte água na rede de distribuição esta deve ser dimensionada para a demanda máxima horária do dia de maior consumo. Portanto, os reservatórios de distribuição devem acumular água suficiente para suprir as variações de consumo, regularizando as diferenças entre o abastecimento e o consumo.

### Estimativa da vazão de distribuição

$$Q = K_1 K_2 P \cdot q / 86.400$$

Q = vazão de distribuição (l/s)

q = consumo per capita de água (l/habitante.dia)

P = população consumidora (habitantes)

K<sub>1</sub> = coeficiente do dia de maior consumo

K<sub>2</sub> = coeficiente da hora de maior consumo

$$K_2 = \frac{\text{consumo da hora de maior consumo}}{\text{consumo médio diário}} \approx 1,5$$

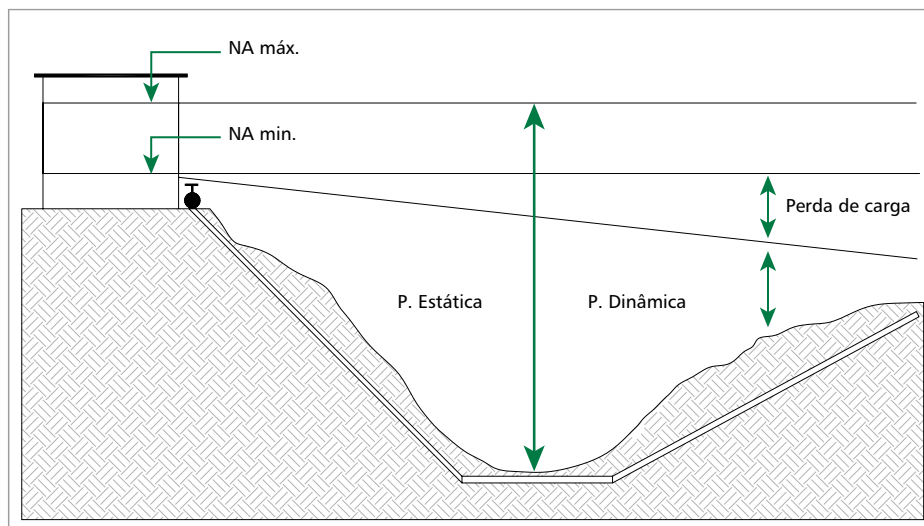
A localização topográfica dos reservatórios de distribuição estabelece as condições de pressão na rede. Pressões excessivas podem provocar vazamentos e, mesmo, a ruptura de canalizações e conexões, o que resulta em perdas e desperdícios de água, além de riscos de contaminação na rede. Por outro lado, pressões insuficientes podem levar à descontinuidade do abastecimento em pontos de consumo distantes e/ou elevados, o que, adicionalmente, pode gerar condições de subpressão na rede e provocar a recontaminação da água tratada.

Portanto, os reservatórios devem ser estrategicamente localizados de forma a manter o funcionamento da rede de distribuição entre pressões estáticas máximas e pressões dinâmicas mínimas. Pressões estáticas referem-se ao nível máximo do reservatório quando a rede não está em funcionamento. Pressões dinâmicas são as pressões nos pontos da rede de distribuição computadas a partir do nível mínimo do reservatório, descontadas as perdas de carga que ocorrem durante o movimento da água nas tubulações.

Por vezes, em função da escala do sistema de distribuição ou das condições topográficas, faz-se necessário mais de um reservatório, sendo cada um responsável pela garantia da adequada pressurização em respectivas zonas de pressão. As normas técnicas brasileiras recomendam os seguintes valores de pressão na rede (Figura 12):

- pressão estática máxima: 50mca (metros de coluna d'água);
- pressão dinâmica mínima: 15mca.

**Figura 12.** Pressurização da rede de distribuição



De acordo com a localização no sistema de abastecimento de água, os reservatórios podem ser:

- de montante: situado no início da rede de distribuição – sendo sempre fornecedor de água para a rede;
- de jusante: situado no extremo ou em pontos estratégicos do sistema, podendo, alternadamente, fornecer ou receber água da rede de distribuição.

Quanto à forma construtiva, os reservatórios se classificam como:

- elevados (construídos sobre pilares, quando há necessidade de aumentar a pressão em consequência de condições topográficas);
- apoiados, enterrados e semi-enterrados (construídos sob o solo, abaixo do solo e parte abaixo do solo, respectivamente).

### Exemplos de perigos associados à reservação

- Insuficiência de reserva para atender as variações horárias de consumo;
- Insuficiência de adequada pressurização à rede de distribuição;
- Material impróprio ou inadequado utilizado na construção dos reservatórios;
- Reservatórios em mau estado de conservação, apresentando fendas e/ou falta de cobertura apropriada;
- Reservatórios com sistemas de ventilação e extravasores que não evitem a entrada de pássaros, poeira, chuvas, insetos, etc.;
- Indicadores de nível da água e válvulas de controle que favoreçam a contaminação da água armazenada;
- Platibanda do teto interferindo com a drenagem do reservatório;
- Aberturas na inspeção, tampas de tipo raso e tampas ou buracos de inspeção que permitem penetração de drenagem no reservatório ou unidade de armazenamento;
- Drenos dos reservatórios descarregando nos esgotos ou em águas de superfície, favorecendo refluxos;
- Hastes de registros não protegidas atravessando a cobertura do reservatório;
- Negligência na limpeza periódica dos reservatórios, em especial após serviços de construção e reparos;
- Negligência no controle da qualidade da água no interior dos reservatórios;
- Inadequação de medidas de segurança, proteção e controle do acesso às instalações de reservação.

### Rede de distribuição – exemplos de boas práticas

- Garantir, no interior das tubulações, pressões dentro dos limites recomendados pela ABNT, ou seja, preferencialmente entre 10 e 50mca (pressões elevadas favorecem perdas de água; pressões baixas dificultam o abastecimento domiciliar e ensejam a contaminação da água no interior das tubulações);
- Evitar, ao máximo possível, situações em que as tubulações fiquem vazias ou despressurizadas, visando evitar a entrada de águas poluídas ou contaminadas;
- Dotar a rede de distribuição com registros de descarga adequadamente localizados para permitir as operações de limpeza necessárias, inclusive para combater a formação de água colorida ou biofilmes favoráveis ao desenvolvimento de microrganismos patogênicos no interior das tubulações;

- Limitar, ao mínimo incontornável, os trechos da rede de distribuição que não estejam interligados a outras tubulações, ou seja, que favoreçam a ocorrência de água parada. Situação condenável por possibilitar o acúmulo de resíduos, com a consequente formação de água colorida ou biofilmes favoráveis ao desenvolvimento de bactérias patogênicas;
- Substituir as tubulações muito antigas e responsáveis pela freqüente formação de água colorida ou comprometimento da qualidade bacteriológica da água distribuída;
- Evitar a imersão das tubulações em águas de qualidade inferior;
- Assentar as tubulações em valas situadas, sempre que possível, a mais de 3m das canalizações de esgoto (nos cruzamentos, a tubulação de esgoto deve estar sempre em posição inferior, com distância de, pelo menos, 0,5m em relação à tubulação de água, que deve ser dotada de junta de borracha estanque). Quando não for possível guardar essas distâncias, obras especiais deverão ser executadas, tais como o envolvimento da tubulação de esgoto com concreto ou a adoção de tubos de esgoto com junta de borracha estanque;
- Garantir que as tubulações estejam livres de ser poluídas ou contaminadas durante a execução de reparos, substituições, remanejamentos ou prolongamentos;
- Desinfetar as tubulações após realizar serviços de construção ou reparos.

Como exemplo de boas práticas interdependentes entre o tratamento e a distribuição, o tratamento deve ser otimizado de forma a prevenir o crescimento de biofilmes, a corrosão e a formação de depósitos. Como postulado genérico, pode-se dizer que a água que entra no sistema de distribuição deve ser sanitariamente segura, química e biologicamente estável e conter residual desinfetante.

### **Exemplos de perigos associados à distribuição**

- Existência de interconexões perigosas entre uma rede primária e secundária de qualidade duvidosa em qualquer ponto da rede de distribuição;
- Serviços intermitentes, acarretando diminuição da pressão ou pressão negativa na rede;
- Diâmetros das canalizações principais ou secundárias insuficientes para prevenir pressões negativas;
- Presença de pontos mortos, provocando redução de pressões, pressões negativas, baixas velocidades ou consumo de cloro;
- Recalque de água, pelo consumidor, quando a pressão está baixa, causando pressões negativas na rede de distribuição;
- Proximidade e conexões indevidas de dispositivos de descarga com redes de esgotos e de drenagem pluvial;
- Existência de drenos de hidrantes ligados às redes de esgoto e de drenagem pluvial;

- Pontos de descarga mal localizados na rede e negligência na limpeza, principalmente após operações de reparo e manutenção;
- Ligação de novas linhas de canalização ao sistema, sem a prévia desinfecção das mesmas;
- Pressões excessivas e estado de conservação precário da rede, provocando pontos de perda de água e possíveis infiltrações;
- Estado de conservação precário ou material impróprio da rede, provocando a deterioração da qualidade da água (ex: redes em ferro fundido ou chumbo);
- Formação de biofilmes, por exemplo, devida à insuficiência do tratamento ou negligência na limpeza da rede, provocando o consumo do residual de cloro e a colonização do sistema com bactérias patogênicas oportunistas;
- Acúmulo de sedimentos e matéria orgânica na rede de distribuição, provocando o consumo do residual de cloro ou favorecendo a formação de trihalometanos;
- Insuficiência de dispositivos de manobra na rede, de forma a permitir operações seguras de reparos e/ou manutenção.

### **Soluções alternativas desprovidas de distribuição por rede**

Podem ser agrupadas de acordo com o tipo de manancial – subterrâneo (fontes, nascentes, minas; poços); superficial; água de chuva – e forma de distribuição de água (chafariz ou torneira pública; veículo transportador).

Normalmente, os dispositivos de captação e adução são similares aos descritos para os sistemas de abastecimento de água. Por conseguinte, também as observações relativas às boas práticas e identificação de perigos.

Um caso particular seria a captação de água de chuva e seu armazenamento em reservatórios coletivos, que encontram especial aplicação nas regiões de clima seco. Os reservatórios coletivos são, em geral, construídos em concreto e abastecidos por campos de infiltração e sistemas de drenagem. É comum encontrar-se reservatórios elevados ou apoiados, acoplados a chafarizes ou torneiras públicas.

Os veículos transportadores são bastante difundidos no Brasil, para atender a população que não conta com água encanada ou, mesmo, de municípios que contam com sistemas de abastecimento mas enfrentam problemas de intermitência. Há, ainda, situações em que coexistem os chafarizes/torneiras públicas e os caminhões-pipa.

### **Chafarizes reservatórios com torneiras públicas – exemplos de boas práticas**

- Garantir a segurança da fonte supridora;
- Verificar se não há fendas – ou prevenir sua ocorrência – que propiciem vazamentos e eventuais contaminações externas;
- Dotar o reservatório com dispositivos de extravasão, limpeza e ventilação adequados, visando evitar a entrada de pássaros, insetos, poeira e outros animais e/ou substâncias indesejáveis;
- Cuidar para que o reservatório contenha tampa de inspeção devidamente selada, para evitar a entrada de objetos ou água de drenagem da cobertura;
- Efetuar a limpeza sistemática do reservatório em períodos adequados, principalmente após serviços de reparos ou construções;
- Manter o adequado controle de qualidade da água, de acordo com a legislação vigente;
- Evitar condições propícias ao criadouro de vetores que procriem na água, a exemplo de mosquitos transmissores da dengue, especialmente nas áreas imediatamente abaixo da torneira;
- Requerer, junto à autoridade de saúde pública, autorização para o fornecimento de água, apresentando laudo sobre a análise da qualidade da água a ser fornecida;
- Garantir que as torneiras tenham as suas saídas em nível pouco acima do fundo, para evitar que eventual impureza acumulada no fundo do reservatório venha a ser transposta ao coletor de água;
- Manter o cadastro apropriado das instalações.

### **Veículos transportadores – exemplos de boas práticas**

- Cuidar para que o veículo transportador tenha uso exclusivo de transporte de água para consumo humano;
- Manter a carroceria em ótimo estado de conservação, evitando ferrugem e perda da estanquidade;
- Manter os dispositivos de introdução e retirada de água (equipamentos de sucção, torneiras, mangueiras, válvulas, etc.) em perfeito estado de conservação;
- Garantir que a fonte supridora de água dos veículos seja segura;
- Cuidar para que a água transportada tenha, de acordo com a legislação vigente, o controle de qualidade assegurado e que o laudo de controle de qualidade da água seja transportado pelo condutor do veículo;
- Cuidar para que o abastecimento da população não seja comprometido pelo mau manuseio do dispositivo de retirada da água – o qual deve estar devidamente limpo e isento de contaminação;

- Em períodos adequados, efetuar a limpeza sistemática do veículo, principalmente após serviços de reparos;
- Cuidar para que o veículo contenha, de forma visível, em sua carroceria, a inscrição: “ÁGUA POTÁVEL”;
- Operar cuidadosamente a descarga de água, de modo a evitar que a mangueira araste no chão, o que pode danificá-la, comprometendo a qualidade da água;
- Requerer junto à autoridade de saúde pública, autorização para o fornecimento de água apresentando laudo sobre a análise da qualidade da água a ser fornecida.

É sempre importante lembrar que a Portaria MS nº 518/04 estabelece, em seu artigo 22, que:

“Toda água fornecida coletivamente deve ser submetida a processo de desinfecção, concebido e operado de forma a garantir o atendimento ao padrão microbiológico”.

### **Exemplos de perigos associados à distribuição por veículo transportador**

- Utilização não exclusiva para o transporte de água para consumo humano;
- Estado precário de conservação da carroceria (existência de pontos ou áreas de ferrugem, fendas, etc.) e dos dispositivos de introdução e retirada de água (equipamentos de sucção, torneiras, mangueiras, válvulas, etc.);
- Falta de cuidados no manejo da água quando das operações de enchimento do veículo e fornecimento de água;
- Utilização de fontes desconhecidas ou suspeitas para a coleta de água;
- Negligência na manutenção da qualidade da água no interior do veículo, particularmente em relação ao teor de cloro residual.

### **Soluções individuais de abastecimento de água**

As fontes mais freqüentes em soluções individuais de abastecimento de água são os poços rasos ou profundos freáticos, as nascentes e minas, a captação de águas de chuva e, em menor proporção, as águas superficiais.

Em boa parte dessas situações, os dispositivos de captação são similares aos das soluções coletivas. Por conseguinte, também as observações relativas às boas práticas e identificação de perigos.

No caso de águas de chuva, os reservatórios individuais (cisternas) geralmente acumulam a água captada da superfície dos telhados. Podem ser construídos em concreto ou adquiridos pré-fabricados em cimento ou plástico – ou simplesmente restringirem-se à utilização de tambores. Contudo, em qualquer circunstância, os reservatórios devem sempre ser bem protegidos.

### **Captação de águas de chuva – exemplos de boas práticas**

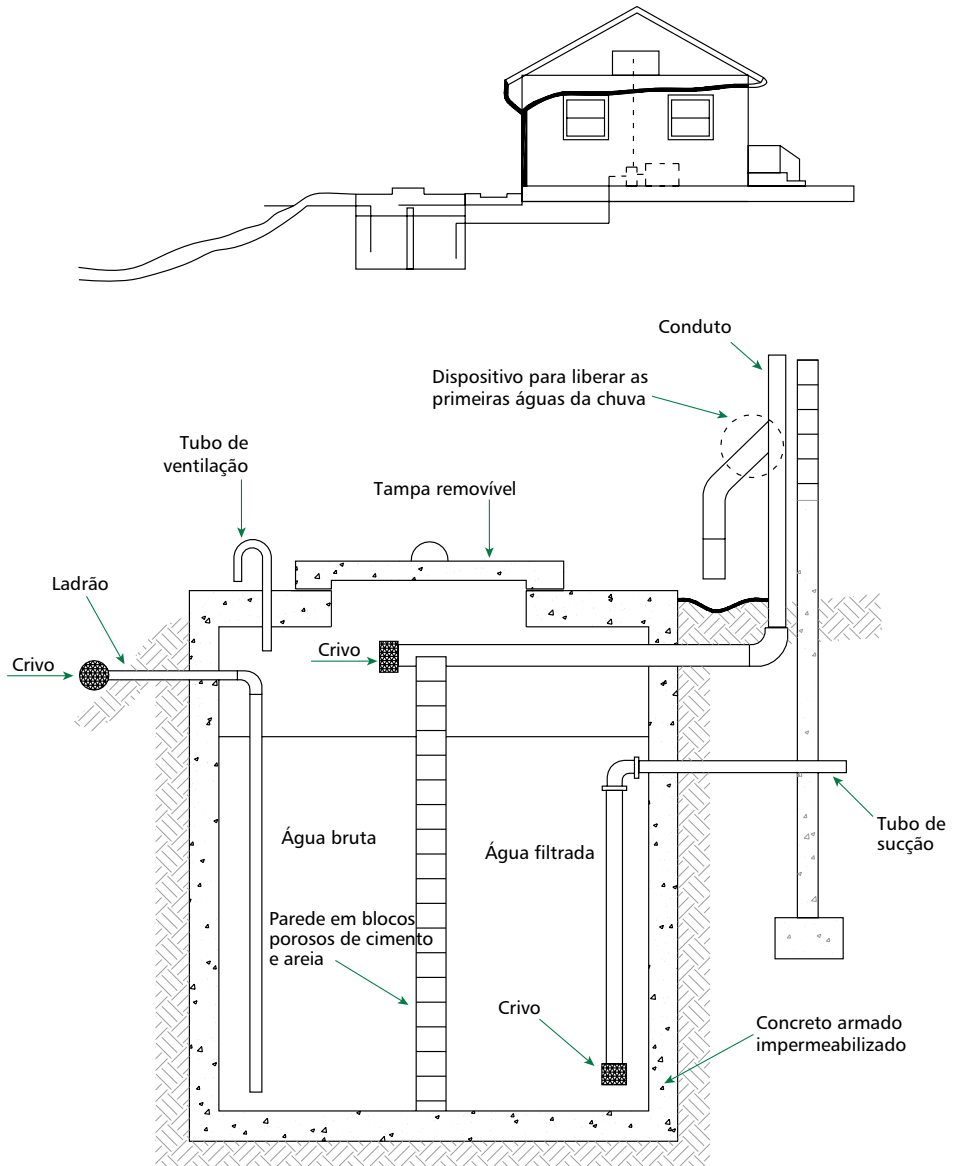
- Dotar as cisternas que acumulam a água de chuva com dispositivos que propiciem o desvio das águas das primeiras chuvas e as das chuvas fracas, por aproximadamente 5 a 10 minutos ou até que esteja limpa;
- Dotar as cisternas de dispositivos de extravasão, limpeza e ventilação, devidamente protegidos de telas para evitar o eventual acesso de animais e impurezas;
- Construir a cisterna com tampas seladas e removíveis;
- Dotar as cisternas com canalizações para a extração da água, cuidando para que a tomada de água seja feita com crivo ou tela de proteção para evitar a entrada de impurezas;
- Manter os telhados e calhas sempre limpos antes de cada estação de chuva;
- Manter os cuidados necessários para evitar condições propícias ao criadouro de vetores que procriem na água, a exemplo de mosquitos transmissores da dengue;
- Desinfetar a cisterna antes do uso e zelar para a não contaminação dos dispositivos de extração de água, inclusive do próprio balde.

### **Exemplos de perigos associados à captação de água de chuva**

- Utilização imediata das primeiras águas de chuva;
- Falta de manutenção adequada e/ou impurezas nas superfícies ou utensílios utilizados para a coleta de água (telhados, pátios, calhas, etc.);
- Superfícies ou utensílios utilizados para outros fins que não exclusivamente a coleta de água (pátios utilizados para o manejo de produtos agrícolas, por exemplo);
- Mau estado de conservação dos reservatórios (cisternas) utilizados para o recolhimento da água, apresentando fendas e/ou falta de cobertura apropriada;
- Existência de condições propícias para o estabelecimento de criadouros de vetores de doenças (por exemplo, dengue).



**Figura 13.** Captação de água de chuva com detalhe em corte de cisterna bem protegida

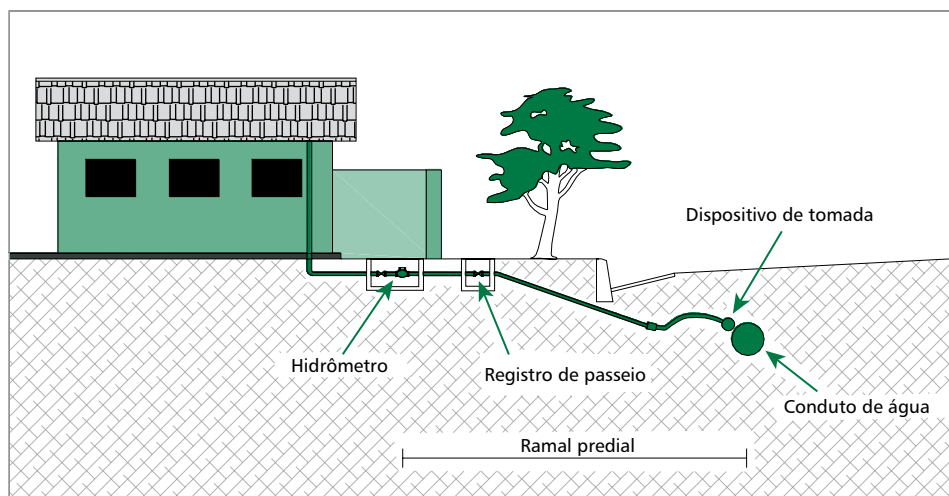


## Ligações e instalações prediais

A ligação da rede de distribuição com a instalação domiciliar de água é feita por ramal predial com as seguintes características:

- colar de tomada ou peça de derivação: conexão da rede de distribuição com o ramal predial;
- ramal predial: tubulação compreendida entre o colar de tomada e o cavalete. Em ramais domiciliares, o diâmetro comumente mais utilizado é o de 1/2"; em outros casos, como nos condomínios verticais (edifícios), o ramal pode apresentar diâmetros maiores;
- cavalete: conjunto de tubulações, conexões e registro do ramal predial para a instalação do hidrômetro ou limitador de consumo, que devem ficar acima do piso.

Figura 14. Ligação predial



Fonte: Barros et. al (1995).

No Brasil, os tipos de instalações prediais mais utilizados são:

- sistemas de distribuição direta: a instalação predial é diretamente abastecida pela rede de distribuição de água da rua;
- sistemas de distribuição indireta: a rede de distribuição de água abastece os reservatórios prediais (caixas d'água) e esses, por sua vez, o sistema predial de água;
- sistemas de distribuição mistos: alguns pontos de consumo, como as torneiras de garagem e de cozinha, são abastecidos a partir da rede de distribuição de água; os restantes (por exemplo, chuveiros e vaso sanitário), a partir do reservatório predial.

Por razões culturais ou necessidade frente à intermitência do abastecimento, os reservatórios prediais são praticamente uma regra no país. Em edifícios mais altos, é freqüente o emprego de reservatórios inferiores (no primeiro piso), dotados de sistema de recalque a reservatórios superiores (na última laje).

### **Exemplos de perigos associados às ligações e instalações prediais**

- Vazamentos e infiltrações na ligação e no ramal predial;
- Mau estado de conservação e manutenção dos reservatórios;
- Ligações cruzadas: vazamentos nas redes e conexões de água e esgotos; erros de execução com interconexões entre as redes de água e esgotos; reservatórios subterâneos mal protegidos, em nível inferior às caixas coletoras de esgotos dos prédios; por aparelhos sanitários; por torneiras de pias e lavatórios mal instalados, com possibilidade de imersão dos bocais de saída e retorno de água servida para a rede, por efeito de sifonagem na ocorrência de subpressões; em indústrias ou prédios residenciais que possuem abastecimento de água não tratada e que também são conectados a sistemas públicos.

## Roteiros de inspeção de sistemas e soluções alternativas e individuais de abastecimento de água

A inspeção sanitária objetiva avaliar cada etapa ou unidade do processo de produção, fornecimento e consumo de água, bem como identificar fatores de risco, perigos de natureza física, química e biológica e pontos críticos de cada etapa ou unidade inspecionada, subsidiando a tomada de decisões em termos de medidas de orientação – preventivas, corretivas – ou punitivas.

De forma mais detalhada, dentre os objetivos da inspeção ressaltam-se:

- conhecer e avaliar o estado de proteção e conservação dos mananciais e fontes de abastecimento de água;
- conhecer e avaliar o sistema, solução alternativa ou solução individual de abastecimento de água;
- conhecer e avaliar o estado de conservação e as práticas operacionais adotadas nas unidades de produção de água (captação, adução e tratamento);
- conhecer e avaliar o estado de conservação e as práticas operacionais adotadas nas unidades de distribuição e reservação de água, inclusive as prediais;
- qualificar e/ou quantificar os perigos associados ao abastecimento de água para consumo humano;
- identificar os pontos críticos do sistema, solução alternativa ou solução individual de abastecimento de água que possam interferir negativamente na qualidade da água para consumo humano;
- revisar os dados de controle de qualidade da água;
- avaliar a capacidade instalada, em termos de recursos humanos e materiais (equipamentos e infra-estrutura);
- registrar e sistematizar, em forma de relatório, os resultados da inspeção;
- informar os resultados aos responsáveis pelo serviço de abastecimento de água e contribuir na formulação de ações de remediação ou minimização de riscos à saúde.

Para melhor planejamento das ações de vigilância, a inspeção pode ser classificada em duas modalidades:

- inspeção sanitária de rotina: quando realizada segundo a programação da vigilância, isto é, na rotina estabelecida, ou a pedido do prestador de serviço;
- inspeção sanitária de urgência/emergência: quando decorrente de situações de denúncias, acidentes, investigações epidemiológicas (ocorrência de surtos/epidemias) e outros fatores inusitados que exigem pronta ação da equipe para evitar maiores conseqüências à saúde humana.

Para a vigilância da qualidade da água para consumo humano como ação de caráter preventivo, deve-se, na medida do possível, priorizar a inspeção sanitária de rotina.

As inspeções devem ser realizadas em qualquer sistema, solução alternativa ou individual de abastecimento de água. De forma complementar, as instalações prediais, também objetos das ações da vigilância, devem igualmente constar da programação das inspeções sanitárias, quer as de rotina, quer as com caráter de urgência/emergência.

Como critério a ser ponderado quando da inspeção sanitária de rotina em instalações prediais, devem-se priorizar as que possam estar associadas a populações vulneráveis, tais como hospitais, serviços de saúde, asilos, creches, serviços de hemodiálise e escolas; ou aquelas que, pelo tipo ou porte, coloquem em risco parcelas significativas da população, como centros comerciais, terminais de passageiros, locais de realização de eventos, por exemplo.

Para uma correta aplicação dos princípios da inspeção sanitária e garantia da confiabilidade dos dados obtidos, faz-se necessário formar uma equipe com competência técnica adequada para avaliar tanto o processo de produção (captação, adução, tratamento de água) quanto o sistema de distribuição.

Deve-se sempre ter em mente que a inspeção é um procedimento de rotina ou de urgência/emergência, mas também pode ser utilizado como instrumento para processo administrativo, reforçando a importância da segurança e confiabilidade dos dados produzidos em relatórios técnicos a partir de inspeções sanitárias.

Toda inspeção sanitária é considerada um registro e, portanto, deve ser bem documentada e requer a elaboração e padronização de roteiros de inspeção. Recomenda-se a documentação fotográfica e, quando necessária, a realização de análises laboratoriais da água nos pontos críticos.

Como resultado final, uma inspeção sanitária pode apresentar:

- comprovação da efetividade e/ou segurança das etapas e unidades de produção, fornecimento e consumo de água;
- constatação da efetividade do controle exercido pelo produtor;
- obtenção de subsídios para interpretação dos resultados dos exames de água;
- reunião de provas para a ação administrativa (orientação ou punitiva).

A seguir, as Tabelas 9 e 10 apresentam sugestões de roteiros de inspeções sanitárias de sistemas de abastecimento e soluções alternativas. Naturalmente, as mesmas podem ser reduzidas ou ampliadas em função da maior simplicidade ou complexidade da situação específica.

**Tabela 9. Itens a ser verificados em inspeções sanitárias de sistemas de abastecimento e soluções alternativas providas de distribuição por rede**

Etapas/unidades	Itens a ser verificados
<b>Captação</b>	Facilidade de acesso e identificação do local; barreira de proteção em relação a acidentes com produtos químicos; proteção contra enchentes; proteção contra a entrada de pessoas estranhas e animais; existência de conjunto motor-bomba de reserva; instalações eletromecânicas, manutenção periódica da edificação e equipamentos.
<b>Manancial subterrâneo</b>	Distância de fontes de contaminação; estado de conservação e proteção dos poços e fontes, equipamentos e estruturas de captação e recalque; qualidade da água subterrânea; garantia de vazão mínima suficiente para o abastecimento contínuo de água (incluindo projeções futuras); qualidade da água bruta.
<b>Manancial superficial</b>	Situação de proteção dos mananciais; existência de possíveis fontes de contaminação; garantia de vazão mínima suficiente para o abastecimento contínuo de água (incluindo projeções futuras); qualidade da água bruta.
<b>Adução e estação elevatória</b>	Estado de conservação e rotina de manutenção das bombas e adutoras; facilidade de acesso para manutenção ao longo da linha de adução; existência de válvulas de retenção, válvulas de descarga, ventosas e válvulas de antigolpe.
<b>Instalações físicas da estação de tratamento de água</b>	Conforto e higiene ambiental; segurança do trabalho; dispositivos de prevenção de acidentes, com especial atenção às instalações e dispositivos de desinfecção da água; adequação dos ambientes de armazenamento de produtos químicos em termos de salubridade e preservação dos produtos; proteção contra a entrada de pessoas estranhas; proteção contra enchentes.
<b>Estação de tratamento de água</b>	Adequação do processo de tratamento ao tipo de manancial e à qualidade da água bruta, vazão operacional e vazão de projeto; equipamentos para medição de vazão; existência de controle de qualidade de matérias primas e produtos químicos; condições de armazenamento de produtos químicos; frequência de controle de qualidade da água bruta, nas diversas etapas do tratamento, e da água tratada; rotinas de registro das informações de controle de qualidade da água; qualificação e nível de conhecimento dos operadores.
<b>Etapas do tratamento</b>	<p><b>mistura rápida e coagulação</b> – frequência da realização de <i>Jar Test</i> para determinação da dosagem de coagulante, adequação do ponto de aplicação do coagulante, estado de conservação e calibração dos equipamentos e dispositivos de aplicação do coagulante;</p> <p><b>floculação</b> – conhecimento e compatibilidade entre os parâmetros de projeto e operação (tempo de flocculação e gradientes de velocidade);</p> <p><b>decantação</b> – conhecimento e compatibilidade entre os parâmetros de projeto e operação (tempo de detenção e taxa de aplicação superficial), dispositivos de entrada (distribuição do fluxo) e de saída (distribuição do fluxo, nivelamento dos vertedores de coleta da água decantada), frequência de limpeza;</p> <p><b>filtração</b> – conhecimento e compatibilidade entre os parâmetros de projeto e operação (taxa de filtração), estado de conservação do leito filtrante, dos dispositivos de controle da vazão afluyente, da água filtrada e da lavagem dos filtros, controle das carreiras de filtração e das operações de lavagem dos filtros;</p> <p><b>cloração</b> – conhecimento e compatibilidade entre os parâmetros de projeto e operação (pH, tempo de contato, dosagem de forma a garantir os residuais mínimos na saída do tanque de contato e no sistema de distribuição), estado de conservação, capacidade e calibração dos equipamentos de dosagem do desinfetante, ponto de aplicação do desinfetante, existência de alternativa de desinfecção na eventualidade de falhas dos dispositivos em operação;</p> <p><b>fluoretação</b> – estado de conservação, capacidade e calibração dos equipamentos de dosagem, ponto de aplicação, controle da dosagem.</p>

continua

Etapas/unidades	Itens a ser verificados
<b>Reservação de água tratada</b>	Estado de conservação e manutenção; freqüência das operações de limpeza; realização de controle de qualidade da água; capacidade adequada ao atendimento das variações de consumo e garantia do abastecimento contínuo; controle de acesso de pessoas estranhas; facilidade de acesso para manutenção.
<b>Rede de distribuição</b>	Cadastro atualizado da rede; freqüência de controle de qualidade da água distribuída; freqüência de operações de descarga e limpeza da rede; intermitência no abastecimento; material e estado de conservação do sistema de distribuição; garantia da adequada pressurização da rede; existência de registros de manobra e flexibilidade de operação.
<b>Controle de qualidade laboratorial</b>	Capacidade instalada – mínima: teste de jarros, turbidímetro, pHmetro, colorímetro; determinação de cloro; análises microbiológicas; existência de controle de qualidade interna ou externa; existência de normas e procedimentos de segurança.
<b>Ligações e instalações prediais</b>	Estado de conservação e manutenção das unidades de distribuição e reservação da água; existência de ligações cruzadas.
<b>Gerenciamento</b>	Cumprimento das exigências de atendimento à legislação e normas vigentes e informação ao público; qualificação da mão-de-obra; existência de responsável técnico qualificado.

**Tabela 10. Itens a ser verificados em inspeções sanitárias de soluções alternativas coletivas desprovidas de distribuição por rede e soluções individuais**

Solução alternativa	Itens a ser verificados
<b>Veículo transportador</b>	Informações sobre a origem e qualidade da água; uso exclusivo do veículo para o transporte de água para consumo humano; comprovação do residual mínimo de cloro; comprovação de autorização para o transporte e fornecimento de água; adequação do veículo: estado de conservação e segurança nas operações de enchimento, transporte e fornecimento de água; identificação do responsável.
<b>Poços, fontes e minas</b>	Proteção e conservação das estruturas de captação; proximidade a fontes de poluição (atividades agropecuárias, esgoto sanitário, fossas, lixão, aterro sanitário). Quando cabível, comprovação das exigências de tratamento e controle de qualidade da água, e identificação do responsável.
<b>Captação de água de chuva</b>	Estado de conservação e manutenção dos dispositivos de coleta e armazenamento da água; existência de dispositivos de dispensa das primeiras águas de chuva.

## Bibliografia consultada

Ainsworth R (ed). Safe piped water: microbial water in piped distribution systems. London: WHO/IWA Publishing, 2004.

Azevedo Netto *et al.* Técnica de abastecimento e tratamento de água, vol. 2: Tratamento de água. São Paulo: Cetesb, 1976. 951p. 1979.

Barros RTV *et al* (org.). Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios. Belo Horizonte: UFMG. Escola de Engenharia, 1995.

Bartram J *et al* (ed). Heterotrophic plate count and drinking water safety: the significance for water quality and the human health. London: WHO/IWA Publishing, 2003.

Bastos RXX, Bevilacqua PD, Nascimento LE, Carvalho GRM, Silva CV. Coliformes como indicadores da qualidade da água. Alcance e limitações. In: Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 27, 2000, Porto Alegre. Anais. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2000 (CD-ROM).

Bastos RXX, Bevilacqua PD, Heller L, Vieira MBM, Brito LA. Abordagem sanitário-epidemiológica do tratamento e da qualidade parasitológica da água: entre o desejável e o possível In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 21, 2001, João Pessoa. Anais. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001 (CD-ROM).

Bastos RXX, Bevilacqua PD (coord.). Manual de procedimentos em vigilância da qualidade da água para consumo humano. Brasília: Ministério da Saúde (*no prelo*).

Bastos RXX, Heller L (coord.). Manual de boas práticas no abastecimento de água – Procedimentos para a minimização de riscos à saúde. Brasília: Ministério da Saúde (*no prelo*).

Bastos RXX, Heller L, Formaggia DME. Comentários sobre a Portaria MS nº 518/04 – Subsídios para implementação. Brasília: Ministério da Saúde (*no prelo*).

Bevilacqua PD, Bastos RXX, Heller L, Oliveira AA, Martins MBC, Brito LLA. Densidades de *Giardia* e *Cryptosporidium* em mananciais de abastecimento de água e prevalência de giardíase: usos e aplicações do modelo teórico de avaliação de risco. In: Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 28, 2002, Cancún, México: Anais. Cidade do México: Associação Interamericana de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2002 (CD-ROM).

Bevilacqua PD, Bastos RXX, Braga MD, Pinto PSA. Análise de perigos e pontos críticos de controle (APPCC). Uma proposta de aplicação na produção de água para consumo humano. (Trabalho submetido para apresentação no 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Campo Grande/MS, 2005).

Câmara VM, Barbosa EM, Jesus IM, Palácios M, Perez MA. Curso de epidemiologia para vigilância ambiental em saúde. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2000. 224p.

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Ciclo: Tratamiento, Serie: Filtración rápida .Criterios de selección (Programa Regional HPE/OPS/Cepi de Me-



joramiento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, Manual II). Lima, Peru: Cepis, 1992.

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Ciclo: Tratamiento, Serie: Filtración rápida. Teoría (Programa Regional HPE/OPS/Cepi de Mejoramiento de La Calidad del Agua para Consumo Humano, Manual III). Lima, Peru: Cepis, 1992.

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Ciclo: Tratamiento, Serie: Filtración rápida. Evaluación (Programa Regional HPE/OPS/Cepi de Mejoramiento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, Manual IV). Lima, Peru: Cepis, 1992.

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Ciclo: Tratamiento, Serie: Filtración rápida. Criterios de diseño (Programa Regional HPE/OPS/Cepi de Mejoramiento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, Manual V). Lima, Peru: Cepis, 1992.

Cerqueira DA, Sá Horta MC. Coliformes fecais não existem. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 20, 1999. Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: Abes, 1999, p.1239-1244 (CD- ROM).

Cotruvo JA *et al* (ed). Waterborne zoonoses. Identification, causes and control. London: WHO/IWA Publishing, 2004.

Chorus I, Bartram J. Toxic cyanobacteria in water: a guide to their public health consequences, monitoring and management. London: E&FN Spon, 1999. 416p.

Craun CF, Castro R (ed.) La calidad del agua potable en América Latina. Ponderación de los riesgos microbiológicos contra los riesgos de los subproductos de la desinfección química. Washington, DC: Opas/OMS /Isli Press, 1996.

Covello V, Merkhofer M. Risk assessment methods. Approaches for assessing health and environmental risks. New York: Plenum Press, 1993. 318p.

Di Bernardo L. Métodos e técnicas de tratamento de água, vol. 1. Rio de Janeiro: Abes, 1993.

Di Bernardo L. Métodos e técnicas de tratamento de água, vol. 2. Rio de Janeiro: Abes, 1993.

Di Bernardo L, Brandão CCS, Heller L. Algas e sua influência na qualidade da água. Rio de Janeiro: Abes, 1995.

Di Bernardo L, Brandão CCS, Heller L. Tratamento de águas de abastecimento por filtração em múltiplas etapas. Rio de Janeiro: Abes. 1999 (Projeto ProSab).

Di Bernardo L, Di Bernardo A, Centurione Filho PL. Ensaios de tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água. São Carlos: RiMa, 2002.

Di Bernardo L, Mendes CGN, Brandão CCS, Sens M, Pádua VL. Tratamento de água para abastecimento por filtração direta. Rio de Janeiro: ABES-RiMa, 2003 (Projeto ProSab).

Fundação Nacional de Saúde. Diretrizes para programação e projeto físico de laboratórios de monitoramento e controle de qualidade da água. Brasília: Ministério da Saúde, 1999. 47p.

- Fundação Nacional de Saúde. Manual de saneamento. 3ª ed. Brasília: Ministério da Saúde, 1999. 374 p.
- Fundação Nacional de Saúde. Roteiro para inspeção de sistema de abastecimento de água. Brasília: Ministério da Saúde, 1999. 30p.
- Fundação Nacional de Saúde. Programa nacional de vigilância ambiental em saúde relacionada à qualidade da água para consumo humano. Brasília: Ministério da Saúde, 2000 (versão preliminar).
- Haas CN, Rose JB, Gerba CP. Quantitative microbial risk assessment. New York: John Wiley & Sons, 1999. 449p.
- Haddad Filho E, Regina SM. A eficiência potencial de processos convencionais e especiais de tratamento de água para a remoção de parâmetros ligados à agricultura. Belo Horizonte: Epamig, 1993. 36p. (Boletim Técnico 41).
- Heller L. Saneamento e saúde. Brasília: Organização Pan-Americana de Saúde, 1997. 97p.
- Heller L, Casseb MMS. Abastecimento de água. In: Barros RTV *et al* (org.). Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios. Belo Horizonte: UFMG. Escola de Engenharia, 1995. p.63-112.
- Oliveira WE. *et al*. Técnica de abastecimento e tratamento de água, vol.1: Abastecimento de água. São Paulo: Cetesb, 1976. 549p
- Organización Mundial de la Salud. Vigilancia de la calidad del agua potable. Ginebra: Organización Panamericana de la Salud, 1977. 145p.
- Organización Mundial de la Salud. Administración de emergencias en salud ambiental y provisión de agua. Washington: Organización Panamericana de la Salud, 1988. 36p.
- Organización Mundial de la Salud. Guías para la calidad del agua potable. Vol. 1, Recomendaciones. 2.ed.. Ginebra: OMS, 1995. 195p.
- Organização Mundial da Saúde. Guia para la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2001. 336p..
- Organização Pan-Americana da Saúde. Água e saúde. Washington DC: Opas, 1996. 20p.
- Organização Pan-Americana da Saúde A proteção das captações. Washington DC: Opas, 1996. 20p.
- Organização Pan-Americana da Saúde. Vazamentos e medidores. Washington DC: Opas, 1996. 24p.
- Organização Pan-Americana da Saúde. A água em situações de emergência. Washington DC: Opas, 1996. 26p.
- Organização Pan-Americana da Saúde. A desinfecção da água. Washington DC: Opas, 1999. 20p. (Opas/HE/99/38).

Reiff FM, Witt VM. Manual de desinfección. Guías para la selección y aplicación de las tecnologías de desinfección del agua para consumo humano en pueblos pequeños y comunidades rurales en América Latina y El Caribe. Washington DC: OPS/OMS 1995, 227p. (División de Salud y Ambiente. Serie Técnica, 30)

Richter CA, Azevedo Netto JM. Tratamento de água. Tecnologia atualizada. São Paulo: Edgard Blücher, 1991. 332 p.

United States Environmental Protection Agency. Giardia human health criteria document. Washington DC: EPA, 1998 (EPA-823-R-099-002).

United States Environmental Protection Agency. Principios de evaluación del riesgo. Mexico: Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. 1991.

United States Environmental Protection Agency. Drinking water criteria for viruses: an addendum. Final draft. Washington DC: EPA, 1999 (EPA/822/R/98/042).

United States Environmental Protection Agency. National primary drinking water regulations. Long term 1 enhanced surface water treatment and filter backwash rule; Proposed Rules. Part II (40 CFR, Parts 141, and 142). Washington DC, Federal Register, Rules and Regulations, Federal Register/Vol. 65, N. 69/Monday, April 10, 2000/Proposed Rules, p.19046-19150.

United States Environmental Protection Agency. Drinking water standards and health advisories. Washington DC: EPA, 2000 (EPA-822-B-00-001).

United States Environmental Protection Agency. National primary drinking water regulations. Washington DC: EPA, 2001 (EPA-816-F-01-007). (disponível em <http://www.epa.gov/safewater>).

United States Environmental Protection Agency. Cryptosporidium human health criteria document. Washington DC: EPA, 2001 (EPA-822-K-094-001).

United States Environmental Protection Agency. Cómo realizar inspecciones sanitarias en pequeños sistemas de agua. Manual del inspector. Lima, Peru: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. 2001.

Vianna MR. Hidráulica aplicada ao tratamento de água. Belo Horizonte: Imprimatur, 1997.

World Health Organization. Guidelines for drinking water quality, 3<sup>rd</sup> ed. Geneva: WHO, 2004.





ISBN 85-334-1244-4



[www.saude.gov.br/svs](http://www.saude.gov.br/svs)

[www.saude.gov.br/bvs](http://www.saude.gov.br/bvs)

disque saúde: 0800.61.1997

Secretaria de  
Vigilância em Saúde

Ministério  
da Saúde

