



# Guia prático para operação de ETA

CONTEÚDOS<sup>®</sup>  
AMBIENTAIS

2025





# Guia prático para operação de ETA

**CONTEÚDOS<sup>®</sup>  
AMBIENTAIS**

2025

---

Material elaborado por Fábio Nascimento da Silva exclusivamente para o CISPAPAR.

A reprodução parcial ou integral do seu conteúdo pode ser realizada mediante autorização do autor ou do CISPAPAR.

Qualquer problema com relação às informações contidas neste material pode ser informado através dos contatos abaixo. Também são bem vindas as críticas construtivas, dúvidas e sugestões.

 **conteudosambientais@gmail.com**

 **Conteúdos Ambientais**

 **@conteudosambientais**

Conheça também os outros materiais elaborados com base nos assuntos do canal Conteúdos Ambientais e colabore com a produção de mais conteúdos gratuitos.



O livro *Sistemas de Abastecimento e Tratamento de Água para Técnicos* foi elaborado pelo professor após longos anos de vivência em sala de aula formando operadores e operadoras de estações de tratamento de água. Com foco para o público de nível técnico, o livro aborda todas as etapas do tratamento da água, além das formas de captação e distribuição desse precioso recurso.

O leitor terá plena capacidade de operar e resolver problemas rotineiros das plantas de produção. O material também contém exercícios resolvidos, exemplos práticos, dosagens de produtos químicos, questões de concursos e muito mais.

O e-book está disponível na Hotmart através do link:

<https://go.hotmart.com/F56915763M>

O livro físico é vendido pela UiClap através do link:

<https://loja.uiclapp.com/titulo/ua25925>

---

## ÍNDICE

<b>Hidráulica básica e medição de vazão</b>	<b>6</b>
Vazão	6
Equação da Continuidade	7
<b>Preparação de soluções químicas</b>	<b>10</b>
Expressão de concentrações	10
Diluições	11
<b>Tratamento convencional da água</b>	<b>15</b>
Tratamento prévio	15
Coagulação	15
Floculação	16
Decantação	16
Filtração	17
Desinfecção	17
Fluoretação e controle da corrosão	18
<b>Aplicação de produtos químicos</b>	<b>19</b>
Aplicação de coagulantes	19
Correção da alcalinidade	20
Aplicação de cloro	22
Aplicação de flúor	24
<b>Monitoramento e interpretação de parâmetros essenciais</b>	<b>26</b>
Turbidez	26
Cor	27
pH	28
Residual de desinfetante	29
Fluoreto	30
Coliformes	31
Alumínio	33
<b>Referências</b>	<b>35</b>

## Hidráulica Básica e Medição de Vazão

O estudo da hidráulica básica é essencial para os profissionais da área de saneamento. Neste item, abordaremos o conceito de vazão, suas aplicações e as formas de medi-la. Entender esses princípios é fundamental para realizar cálculos hidráulicos rotineiros e resolver problemas práticos relacionados aos sistemas de abastecimento de água e controle operacional das estações.

### Vazão

A vazão corresponde à quantidade de fluido, geralmente no estado líquido ou gasoso, que passa por um sistema durante um determinado tempo. Na hidráulica, a vazão é comumente expressa como uma unidade de volume dividida por uma unidade de tempo, conforme a equação:

$$Q = \frac{V}{\Delta t}$$

Onde:

Q: vazão (unidade de volume/unidade de tempo);

V: volume (em mililitros, litros ou metros cúbicos);

$\Delta t$ : tempo (em segundos, minutos, horas ou dias).

A vazão é utilizada para determinar a quantidade de água transportada por redes, o consumo de edificações ou fluxos em rios, entre outras aplicações. Vemos na Figura 1 onde podemos aplicar a determinação da vazão em nosso cotidiano.



Figura 1: Exemplos de aplicação da vazão (Silva, 2022).

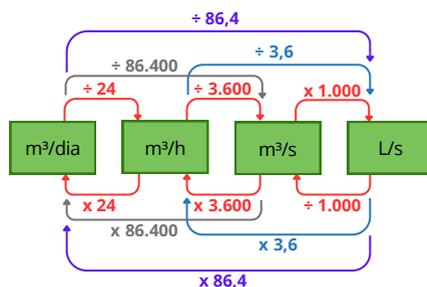
As conversões de unidades são essenciais para a compreensão e utilização da vazão em diferentes contextos. Para vazões muito grandes, acima de 1.000 litros, torna-se interessante usar a unidade de metro cúbico ( $m^3$ ).

**1.000 litros = 1 metro cúbico (1  $m^3$ )**

Para vazões muito pequenas, menores que 1 litro, torna-se interessante usar a unidade de medida de mililitro (mL).

**1.000 mililitros = 1 litro (1 L)**

Também é importante ajustar a unidade de tempo para aquilo que queremos estudar: segundos, minutos, horas, dia, etc.



## Exemplos

1) Um reservatório de água possui 30 m<sup>3</sup> de volume e demora 2 horas para ser preenchido. A vazão do reservatório é:

$$Q = \frac{V}{\Delta t} = \frac{30\text{m}^3}{2\text{h}} = 15\text{m}^3/\text{h}$$

Ou, dividindo esse resultado por 3,6, temos uma vazão instantânea de aproximadamente 4,2 L/s.

2) Em uma ETA, 100 mL de coagulante são adicionados a cada 5 segundos. Determine: a) a vazão de coagulante. b) O tempo de esvaziamento do tanque de coagulante, considerando que este possui 900 litros de volume.

a)

$$Q = \frac{V}{\Delta t} = \frac{100\text{mL}}{5\text{s}} = 20\text{mL/s}$$

Dividindo o resultado por 1.000, temos uma vazão de 0,02 L/s. Então, multiplicando agora esse valor por 3.600 temos uma vazão horária de 72 L/h.

b)

$$Q = \frac{V}{\Delta t}, \text{portanto, } \Delta t = \frac{V}{Q}$$

$$\Delta t = \frac{900\text{L}}{72\text{L/h}} = 12,5\text{h}$$

Finalmente, um tanque de 900 litros de coagulante mantendo uma vazão de 72 litros por hora irá se esvaziar completamente em cerca de 12,5 horas.

## Equação da Continuidade

Essa equação nos permite compreender melhor o movimento de um fluido dentro de um conduto de forma simples e rápida, considerando

somente a velocidade de escoamento e a área da seção que transporta o fluido:

$$Q = v \times A$$

Onde:

Q: vazão (m<sup>3</sup>/s);

v: velocidade de escoamento do fluido (m/s);

A: área da seção de escoamento (m<sup>2</sup>).

A simplicidade de aplicação da equação da continuidade está no fato de precisarmos de poucos parâmetros para obter resultados precisos de vazão. A utilização dessa metodologia deve considerar que a vazão é sempre constante, independentemente de reduções ou ampliações de seção, pois o fluido irá se adaptar ao escoamento aumentando ou diminuindo sua velocidade.

Observe a Figura 2 a seguir:

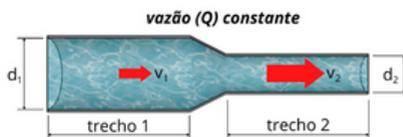
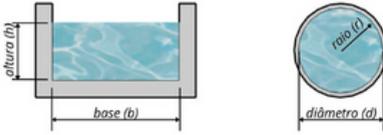


Figura 2: Estreitamento de seção em tubulação e suas relações com a equação da continuidade (Silva, 2022).

Na figura acima temos um estreitamento de seção. O trecho 1 tem uma seção maior que o trecho 2 ( $d_1 > d_2$ ). Nessa situação o sistema manterá a vazão constante ( $Q_1 = Q_2$ ) e para isso aumentará a velocidade de escoamento ( $v_1 < v_2$ ). Portanto, concluímos que:

- se a área da seção diminui, a velocidade de escoamento aumenta.
- se a área da seção aumenta, a velocidade de escoamento diminui.

É importante lembrarmos as fórmulas mais comuns para determinação da área da seção de tubulações e calhas:



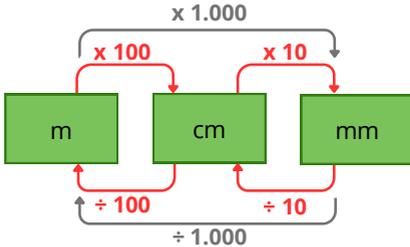
No caso de calhas, canaletas e quaisquer outros perfis que sejam retangulares, a área é dada por:

$$A = b \times h$$

Para tubulações (considerando que estão completamente preenchidas):

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4}$$

Lembrando de sempre usarmos as medidas na unidade de metro.



### Exemplos

**3)** Na chegada de uma ETA há um canal retangular com base de 40 cm e altura da lâmina d'água igual a 30 cm. Considerando que a velocidade da água nesse canal é de 0,7 m/s, calcule a vazão de água que está chegando à estação.

Convertendo as unidades de medida, temos um canal com base de 0,4 m e lâmina d'água com 0,3 m de altura, portanto, a área da seção é:

$$A = b \times h$$

$$A = 0,4m \times 0,3m = 0,12m^2$$

Sendo a velocidade de escoamento igual a 0,7 m/s, aplicamos agora a equação da continuidade para sabermos a vazão:

$$Q = v \times A$$

$$Q = 0,7m/s \times 0,12m^2 = 0,084m^3/s$$

Assim, concluímos que a vazão do canal é igual a 0,084 m<sup>3</sup>/s, ou 84 L/s.

**4)** Uma tubulação 50 mm transporta uma suspensão de cal com velocidade média de 1,5 m/s até o local de aplicação. Determine a vazão da suspensão de cal.

Iniciamos convertendo a unidade de 50 mm para metro, equivalente a 0,05 m. Agora, calculamos a área da seção da tubulação:

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi \times (0,05m)^2}{4} = 0,00196m^2$$

Agora podemos aplicar a equação da continuidade para determinar a vazão:

$$Q = v \times A$$

$$Q = 1,5m/s \times 0,00196m^2$$

$$Q = 0,00294m^3/s$$

A vazão da suspensão de cal é igual a 0,00294 m<sup>3</sup>/s ou 2,94 L/s.

5) A tubulação que transporta o policloreto de alumínio (PAC) em uma ETA possui 25 mm de diâmetro e lança uma vazão de 5 mL/s desse coagulante. Determine a velocidade de escoamento do PAC dentro da tubulação.

Primeiramente, vamos converter as unidades. O diâmetro de 25 mm equivale a 0,025 m. A vazão de 5 mL/s corresponde a 0,000005 m<sup>3</sup>/s.

Agora, determinamos a área da seção da tubulação que transporta o PAC:

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi \times (0,025m)^2}{4} = 0,0005m^2$$

Agora, aplicando a equação da continuidade, temos que:

$$Q = v \times A, \text{ portanto, } v = \frac{Q}{A}$$

$$v = \frac{0,000005m^3/s}{0,0005m^2} = 0,01m/s$$

Concluimos que a velocidade de escoamento do PAC na tubulação é de 0,01 m/s, ou 1 cm/s.

### Fica a dica!

Uma das formas mais fáceis de se aferir a vazão de tubulações de coagulantes e outros produtos químicos é utilizando uma proveta graduada e um cronômetro.

Colocamos a proveta para coletar o produto químico de interesse e iniciamos a contagem do tempo. Quando retiramos a proveta interrompemos a contagem do tempo.

Agora, basta dividir o volume do produto químico coletado na proveta pelo tempo cronometrado. A Figura 3 mostra uma ilustração de como isso deve ser feito.



Figura 3: Exemplo de medição de vazão utilizando proveta e cronômetro.

Como no exemplo mostrado acima, supondo que a proveta coletou um volume de 20 mL de produto químico em um intervalo de 10 segundos, a vazão é de:

$$Q = \frac{V}{\Delta t} = \frac{20mL}{10s} = 2mL/s$$

A vazão de 2 mL/s pode ser convertida para 120 mL/min ou 7,2 L/h.

### Rascunho

---



---



---



---



---



---



---

## Preparação de Soluções Químicas

O preparo de soluções químicas é algo rotineiro nas estações de tratamento. Com frequência precisamos preparar soluções de coagulante, corretores de pH, desinfetantes, etc. Neste item veremos alguns cálculos físico-químicos muito comuns e importantes para a rotina operacional.

### Expressão de Concentrações

Tão importante quanto o preparo das soluções é saber informar em quais concentrações foram preparadas. A expressão mais comum é a massa de soluto dividida pelo volume de solvente:

$$C = \frac{m}{V}$$

Onde:

C: concentração da solução (unidade de massa/volume);

m: massa de soluto (miligramas, gramas, quilogramas ou toneladas);

V: volume de solvente (em mililitros, litros ou metros cúbicos).

Também podemos expressar a concentração de soluções em partes por milhão (ppm). Nesse caso, precisamos considerar que todo o solvente corresponde a 1.000.000 de partes iguais e o soluto corresponde à uma fração dessas partes. Para líquidos onde a água é o solvente, podemos considerar que a concentração em mg/L é numericamente igual à concentração em partes por milhão.

$$1 \text{ mg/L} = 1 \text{ ppm}$$

Outra maneira muito tradicional de expressar concentrações é na forma de porcentagem, ou seja, o percentual do soluto (em massa ou volume) em relação ao total de solvente (também em massa ou volume).

$$C_{\%} = \frac{m_{\text{soluto}}}{m_{\text{solvente}}} \times 100$$

$$C_{\%} = \frac{V_{\text{soluto}}}{V_{\text{solvente}}} \times 100$$

Onde:

$m_{\text{soluto}}$ : massa de soluto (miligramas, gramas, quilogramas ou toneladas);

$m_{\text{solvente}}$ : massa do solvente (usar a mesma unidade de medida da massa de soluto);

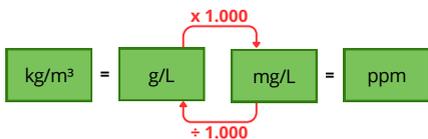
$V_{\text{soluto}}$ : volume de soluto (mililitros, litros ou metros cúbicos);

$V_{\text{solvente}}$  (usar a mesma unidade de medida do volume de soluto).

De forma geral, em uma estação de tratamento de água o soluto será o coagulante em pó, a cal, o polímero, o cloro granulado e sais de flúor, enquanto que o solvente é, geralmente, a água. A Figura 4 mostra a descrição dos termos utilizados.



Figura 4: Definição de soluto e solvente.



A NBR 12.216/1992 exige que a concentração máxima das soluções de sulfato de alumínio, leite de cal e cal clorada seja de 10%, todavia, é comum o uso de soluções menos concentradas, na ordem de 1% a 2%.

## Exemplos

**1)** Em uma ETA o coagulante sulfato de alumínio é preparado ao se dissolver 100 kg do produto em um tanque de preparo com 5 m<sup>3</sup> de volume. Determine a concentração da solução em massa/volume e também em porcentagem (considere que a densidade da água de preparo é igual a 1 kg/L).

A concentração em massa/volume é:

$$C = \frac{m}{V} = \frac{100\text{kg}}{5\text{m}^3} = 20\text{kg/m}^3$$

Realizando as conversões, essa concentração equivale também a 20 g/L, 20.000 mg/L ou 20.000 ppm.

Para determinarmos a concentração em porcentagem, precisamos converter o volume da água de preparo em uma massa. Considerando o volume de 5 m<sup>3</sup> (equivalente a 5.000 L) e que a densidade da água é de 1 kg/L, temos uma massa total de 5.000 kg de água. Portanto:

$$C\% = \frac{m_{\text{soluto}}}{m_{\text{solvente}}} \times 100$$

$$C\% = \frac{100\text{kg}}{5.000\text{kg}} \times 100 = 2\%$$

Concluímos que a concentração da solução de coagulante sulfato de alumínio é igual a 20.000 mg/L, 20.000 ppm ou 2%.

**2)** No laboratório de uma ETA o técnico responsável adicionou 3 mL de cloreto férrico em um balão volumétrico de 250 mL e completou o volume com água destilada. Qual é a concentração da solução fabricada em partes por milhão (ppm)?

Para resolver esse problema, vamos considerar que o volume total do balão (250 mL) corresponde a 1.000.000 de partes e, por regra de três, determinar a fração equivalente aos 3 mL de cloreto férrico:

$$\frac{250\text{mL} - 1.000.000\text{partes}}{3\text{mL} - x}$$

Resolvendo a regra de três, temos:

$$x = \frac{3\text{mL} \times 1.000.000\text{partes}}{250\text{mL}}$$

$$x = 12.000\text{partes}$$

Portanto, a solução preparada pelo técnico tem uma concentração de 12.000 ppm.

## Diluições

Na rotina operacional precisamos realizar diluições com bastante frequência. Pode ser durante a aplicação de um coagulante que está

muito concentrado, pode ser na fabricação de um reagente laboratorial, na preparação de uma solução desinfetante mais diluída. Há muitas possibilidades.

Se quisermos diluir soluções onde os volumes são fixos como, por exemplo, para tornar uma solução menos concentrada a partir de uma solução estoque já fabricada, usamos a seguinte fórmula:

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

Onde:

$C_1$ : concentração da solução estoque (mg/L, ppm, g/L, porcentagem, etc.);

$V_1$ : volume da solução estoque que devemos transferir para fabricar a solução diluída (mL ou L);

$C_2$ : concentração desejada da solução diluída (na mesma unidade de medida da concentração da solução estoque);

$V_2$ : volume da solução diluída que se deseja fabricar (na mesma unidade de medida do volume de solução estoque).

A Figura 5 nos apresenta uma ilustração das variáveis envolvidas.

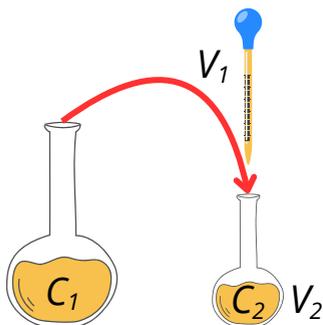


Figura 5: Variáveis necessárias para se executar uma diluição com volumes fixos.

## Exemplos

**3)** Em um laboratório químico de uma uma ETA há uma solução estoque de hidróxido de sódio com concentração de 4,0 g/L. O técnico responsável quer fabricar 50 mL de uma solução diluída com concentração de 0,4 g/L. Qual é o volume de solução estoque que deve ser transferido para o frasco de 50 mL?

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$4,0g/L \times V_1 = 0,4g/L \times 50mL$$

$$V_1 = \frac{0,4g/L \times 50mL}{4,0g/L} = 5mL$$

**4)** Ao realizar a transferência do volume determinado no exemplo anterior, o técnico acabou transferindo uma alíquota maior que a esperada. Ao invés de 5 mL, o técnico transferiu 7 mL da solução estoque. Qual é a concentração da solução diluída fabricada após o engano?

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$4,0g/L \times 7mL = C_2 \times 50mL$$

$$C_2 = \frac{4,0g/L \times 7mL}{50mL} = 0,56g/L$$

Em razão do erro procedimental do técnico, a solução diluída fabricada tem concentração de 0,56 g/L.

Há casos onde precisamos realizar diluições utilizando vazões ao invés de volumes fixos, como é o caso da água de arraste para diluição de um coagulante ou para a aplicação de

hipoclorito de sódio, por exemplo. Podemos fazer esse procedimento para reduzir a concentração de fluoreto da água, misturando uma vazão com maior concentração e outra de menor concentração. Nesses casos, a fórmula que utilizamos corresponde à uma média ponderada das concentrações.

$$C_f = \frac{(Q_1 \times C_1) + (Q_2 \times C_2)}{(Q_1 + Q_2)}$$

Onde:

$C_f$ : concentração final da diluição (mg/L, g/L, kg/m<sup>3</sup>, ppm, %, etc.);

$Q_1$ : vazão da substância 1 (mL/s, L/s, m<sup>3</sup>/h, etc.);

$C_1$ : concentração da substância 1 (mg/L, g/L, kg/m<sup>3</sup>, ppm, %, etc.);

$Q_2$ : vazão da substância 2 (usar a mesma unidade de medida de  $Q_1$ );

$C_2$ : concentração da substância 1 (usar a mesma unidade de medida de  $C_1$ ).

A Figura 6 ilustra os parâmetros que são utilizados para essa situação.

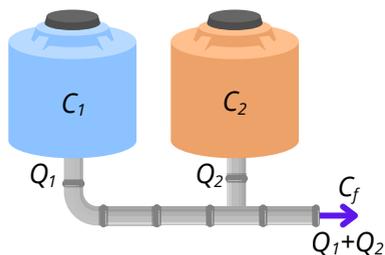


Figura 6: Variáveis necessárias para se executar uma diluição com vazões.

## Exemplos

**5)** Uma bomba dosadora aplica hipoclorito de sódio com uma concentração de 13 mg/L e vazão de 5 mL/s. O hipoclorito é misturado com água de arraste cuja vazão é de 20 mL/s. Qual é a concentração do hipoclorito de sódio após a diluição com a água de arraste?

Nesse caso, consideramos que a concentração de hipoclorito de sódio na água de arraste ANTES da mistura é igual a zero ( $C_1 = 0$  mg/L). Resta, então, determinar a concentração após a mistura:

$$C_f = \frac{(Q_1 \times C_1) + (Q_2 \times C_2)}{(Q_1 + Q_2)}$$

$$C_f = \frac{(20\text{mL/s} \times 0\text{mg/L}) + (5\text{mL/s} \times 13\text{mg/L})}{(20\text{mL/s} + 5\text{mL/s})}$$

$$C_f = 2,6\text{mg/L}$$

Após a mistura a concentração do hipoclorito de sódio reduz de 13 mg/L para 2,6 mg/L.

**6)** Uma ETA capta 30 L/s de água de um rio que possui uma concentração de íon fluoreto igual a 0,3 ppm. Em breve a ETA passará a receber também 10 L/s de água de um poço, cuja concentração de íon fluoreto é de 1,1 ppm. Qual será a concentração desse íon após a mistura das águas dos dois mananciais?

$$C_f = \frac{(Q_1 \times C_1) + (Q_2 \times C_2)}{(Q_1 + Q_2)}$$

$$C_f = \frac{(30\text{L/s} \times 0,3\text{ppm}) + (10\text{L/s} \times 1,1\text{ppm})}{(30\text{L/s} + 10\text{L/s})}$$

$$C_f = 0,5 \text{ ppm}$$

Após a mistura das águas dos dois mananciais a concentração final de íon fluoreto na água da ETA será de 0,5 ppm.

**7)** Uma bomba dosadora está aplicando sulfato de alumínio à uma vazão de 18 L/h. O produto químico tem uma concentração de 2%. Desejamos aplicar o produto químico à uma concentração de somente 0,5% utilizando água de arraste. Qual deve ser a vazão da água de arraste para que se alcance essa diluição?

Nesse caso, consideramos que a concentração de sulfato de alumínio na água de arraste ANTES da mistura é igual a zero ( $C_1 = 0\%$ ). Sabemos que após a mistura a concentração final deve ser de 0,5% ( $C_f = 0,5\%$ ), então, resta determinar a vazão de água de arraste ( $Q_1$ ):

$$C_f = \frac{(Q_1 \times C_1) + (Q_2 \times C_2)}{(Q_1 + Q_2)}$$

$$0,5\% = \frac{(Q_1 \times 0\%) + (18 \text{ L/h} \times 2\%)}{(Q_1 + 18 \text{ L/h})}$$

\*vamos continuar as operações sem as unidades de medida para ficar mais fácil a visualização.

$$0,5 \times (Q_1 + 18) = (0) + (18 \times 2)$$

$$0,5 \times Q_1 + 9 = 36$$

$$Q_1 = \frac{(36 - 9)}{0,5} = 54 \text{ L/h}$$

Portanto, utilizando uma vazão de 54 L/h de água de arraste é possível diluir o coagulante e aplicá-lo com uma concentração de 0,5%.

## Fica a dica!

Neste tópico falamos sobre a diluição de produtos químicos em laboratório e é sempre importante lembrar algumas regras básicas de segurança:

- Utilize sempre os equipamentos de proteção individual ao preparar soluções químicas (luvas, óculos de proteção e jaléco).
- Prenda o cabelo, utilize calças compridas, sapatos fechados e evite adereços que possam enroscar nas vidrarias e equipamentos.
- Verifique sempre o funcionamento de chuveiros de emergência, lava-olhos, capela de exaustão e outros equipamentos utilizados para segurança de todos.
- Nunca adicione água sobre um ácido para preparar soluções, faça sempre o contrário, adicione lentamente ácidos sobre a água.

## Rascunho

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Tratamento Convencional de Água

O tratamento da água envolve operações físico-químicas que buscam torná-la segura para consumo. A quantidade de etapas que serão aplicadas e os tipos de produtos químicos dependem da qualidade da água que é retirada do manancial.

Após o tratamento é necessário que a rede de distribuição também esteja em boas condições operacionais para que não ocorra a degradação da água tratada.

A Figura 7 mostra as etapas do tratamento convencional da água.

### Tratamento prévio

Em muitas estações a primeira etapa do tratamento convencional é a coagulação mas, para otimizar ainda mais essa etapa, pode ser feito um tratamento prévio da água utilizando outras operações ou produtos químicos. Quando há problemas com odor ou gosto muito acentuados na

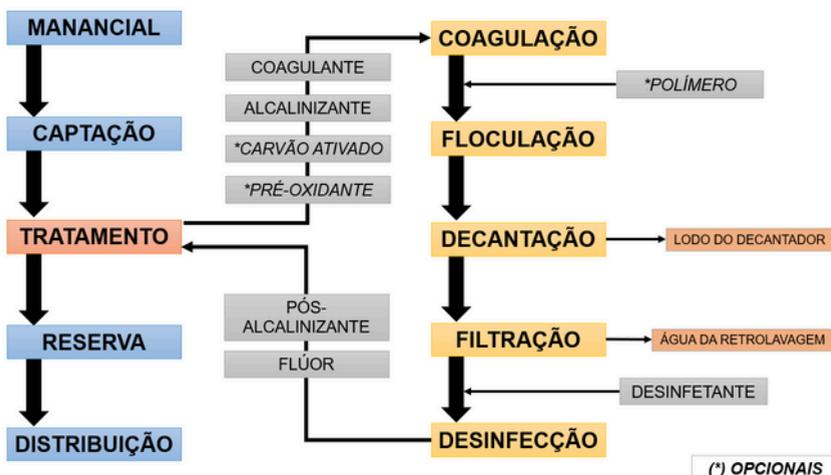
água bruta, ou cor muito intensa em razão de ferro e manganês, podemos fazer o uso de carvão ativado em pó ou uma pré-oxidação (normalmente com o uso de cloro). A adição desses produtos, apesar de representar um aumento com o custo de produtos químicos e geração de lodo, tende a ter um efeito muito benéfico sobre o gosto, odor e cor da água tratada.

### Coagulação

Na etapa da coagulação são adicionados os coagulantes. Esses produtos atuarão sobre os colóides, desestabilizando as suas cargas elétricas e permitindo que se aproximem e formem flocos.

Os coagulantes mais comuns no mercado são: sulfato de alumínio, cloreto férrico e cloreto de polialumínio (PAC).

Os coagulantes, todavia, exigem faixas de pH específicas para que possam ser eficazes. Por isso, é comum a aplicação de alcalinizantes previamente à aplicação dos coagulantes, pois a



(\*) OPCIONAIS

Figura 7: Etapas do tratamento convencional da água (Silva, 2022).

---

maioria dos coagulantes atua como sais de caráter ácido, ou seja, tende a baixar o valor do pH quando são colocados na água bruta.

Outra característica importante da coagulação é a necessidade de uma grande agitação do meio líquido. A NBR 12.216/1992 recomenda que a dispersão do coagulante ocorra com gradientes de velocidade entre  $700 \text{ s}^{-1}$  e  $1.100 \text{ s}^{-1}$ , em um tempo de mistura de, no máximo, 5 segundos. Por isso, é muito comum a aplicação de coagulantes sobre o ressalto hidráulico da calha Parshall, pois essa técnica garante uma boa agitação da mistura sem a necessidade de um agitador mecânico para isso.

Para o operador da estação, nesta etapa é importante sempre verificar se a dosagem dos produtos químicos está de acordo com ensaios prévios e também se o pH de coagulação está sendo respeitado. É interessante, também, verificar a ocorrência de bolhas de ar, pois isso pode levar à formação de um floco esponjoso e que flutua ao invés de sedimentar.

### **Floculação**

A etapa da floculação é necessária para que se formem flocos a partir da mistura dos coagulantes com as partículas em suspensão na água. Aqui, diferentemente da etapa anterior, ocorre uma agitação muito lenta. A NBR 12.216/1992 recomenda o gradiente de velocidade seja de, no máximo,  $70 \text{ s}^{-1}$  na primeira câmara de floculação e  $10 \text{ s}^{-1}$  na última. Se essa etapa ocorrer em floculadores hidráulicos, o tempo de agitação deve ser entre 20 e 30 minutos. Se a agitação se der por floculadores

mecanizados, então o tempo de detenção varia entre 30 e 40 minutos.

Nesta etapa podemos fazer o uso de agentes floculantes que auxiliam na formação dos flocos como, por exemplo, a poliácrilamida. Seu uso deve ser feito com cautela, pois, apesar dos excelentes resultados, esse produto químico tem um valor máximo permitido na água potável.

Um problema muito comum em estações de tratamento de água é a quebra dos flocos formados no percurso da água floculada até a unidade de separação. Após deixar os floculadores a água não deve ser transportada por longos trajetos, nem sofrer agitações bruscas, pois isso pode quebrar os flocos formados.

### **Decantação**

A decantação (ou sedimentação gravitacional) é a etapa de separação dos flocos do meio líquido. Aqui a água passa por unidades separadoras, denominadas de decantadores, para que os flocos possam descer para o fundo. A água clarificada é coletada pela parte superior desses dispositivos. Nestas unidades é importante que sejam respeitadas as velocidades de passagem da água (no sentido vertical e horizontal) conforme o projeto, além da taxa de aplicação superficial escolhida.

O lodo não deve permanecer por longos períodos dentro dos decantadores, pois pode acabar iniciando um processo de decomposição com liberação de gases que causarão mau cheiro e podem fazer o lodo flutuar.

É importante mencionar, também, que o lodo removido dos decantadores não

---

pode ser devolvido para o manancial, devendo ser desaguado e enviado para disposição final adequada.

Aos operadores, nesta etapa é importante sempre aferir a turbidez da água decantada, o pH antes da desinfecção e realizar as limpezas dentro do prazo estipulado pelo cronograma da planta.

## Filtração

A filtração é, provavelmente, uma das etapas mais importantes do tratamento convencional. Aqui a água irá passar por um meio poroso, constituído tradicionalmente por areia, mas também pode haver uma camada de antracito (carvão mineral).

A filtração removerá uma parcela dos microrganismos patogênicos presentes, além de melhorar ainda mais o processo de clarificação, removendo sólidos suspensos e flocos que conseguiram escapar das etapas anteriores.

Os filtros operam em dois modos: filtração e retrolavagem; ambos com igual importância, pois a eficiência do processo de filtração está intimamente ligada com a qualidade da retrolavagem.

A retrolavagem deve ser realizada quando:

- a turbidez da água filtrada ultrapassar 0,5 uT;
- a perda de carga se tornar muito elevada;
- atingir o limite de tempo da carreira de filtração.

O operador deve acompanhar a retrolavagem de perto, pois o fluxo inadequado de água em contracorrente pode arrastar o leito filtrante ou soltar o fundo da unidade.

O leito de areia jamais deve ficar descoberto, mesmo em paradas programadas. Deve-se sempre manter uma lâmina d'água entre 10 cm a 15 cm sobre o leito filtrante.

É importante que se meça com frequência a turbidez da água filtrada, assim como o pH, pois esses parâmetros serão fundamentais para a próxima etapa.

## Desinfecção

Na desinfecção adicionamos o cloro como agente desinfetante para inativar os microrganismos patogênicos que podem estar presentes como bactérias, vírus, protozoários e helmintos.

Ainda que se utilize outro método de desinfecção, o cloro deve ser adicionado também, pois ele irá gerar o residual necessário para evitar as recontaminações.

O limite mínimo de cloro residual livre na água potável é de 0,2 mg/L e o limite máximo é de 5,0 mg/L.

A desinfecção dentro da estação deve ser realizada de forma controlada, sendo necessário um tempo mínimo para que o produto químico seja eficaz. O tempo de contato depende do tipo de cloro que se utiliza (cloro livre, combinado ou dióxido de cloro), da temperatura da água e do pH do meio. Maiores valores de temperatura e menores valores de pH são favoráveis para o processo, reduzindo consideravelmente o tempo de contato.

O operador deve monitorar com frequência o pH da água clorada, além do teor de cloro residual para assegurar que o processo é bem realizado.



---

## Aplicação de Produtos Químicos

Neste tópico falaremos sobre a preparação e aplicação de produtos químicos como o coagulante, alcalinizante, desinfetante e flúor. Há mais de uma maneira de realizar essas tarefas, mas a ideia deste manual é abordar de forma simples a aplicação através de bombas dosadoras.

### Aplicação de Coagulantes

Os coagulantes costumam ser comprados de forma superconcentrada, pois isso permite ao usuário diluir o produto até a concentração necessária de trabalho.

Em uma ETA tradicional, o coagulante é fabricado diluindo-o em água pura, mas ainda mantendo um alto valor de concentração, entre 0,5% a 2% (m/m). Em termos práticos, soluções a 0,5% (m/m) equivalem a 5.000 mg/L de concentração. Soluções a 2% possuem 20.000 mg de coagulante em cada 1 litro dessa solução.

Em seguida, calcula-se qual deve ser a concentração do produto após ele ser lançado na água bruta. Então, ocorrerá uma nova diluição alcançando a concentração necessária de trabalho. No caso de coagulantes líquidos, dependendo da dosagem e da vazão, o produto pode ser aplicado diretamente.

O mesmo princípio se aplica a todos os outros produtos usados no tratamento da água como a solução alcalinizante, flúor e cloro.

Para coagulantes que são comprados e aplicados diretamente no estado líquido, usamos a seguinte fórmula:

$$q_{bomba} = \frac{Q \times d}{\rho}$$

Onde:

$q_{bomba}$ : vazão da bomba dosadora (L/s ou unidade mais adequada de vazão);

Q: vazão de água bruta a ser tratada (L/s ou unidade mais adequada de vazão);

d: dosagem ideal de trabalho do coagulante (mg/L);

$\rho$ : densidade do coagulante (mg/L).

Para coagulantes que são adquiridos no estado sólido e fabricados dentro da estação, a fórmula é a seguinte:

$$q_{bomba} = \frac{Q \times d}{C}$$

Onde:

$q_{bomba}$ : vazão da bomba dosadora (L/s ou unidade mais adequada de vazão);

Q: vazão de água bruta a ser tratada (L/s ou unidade mais adequada de vazão);

d: dosagem ideal de trabalho do coagulante (mg/L);

C: concentração do coagulante preparado (mg/L).

É importante compreender que essas fórmulas nada mais são do que cálculos de diluição, havendo outras possibilidades para resolução de problemas do tipo. Outra observação importante é que as unidades de vazão da bomba e da água bruta devem ser iguais, assim como as unidades de dosagem e densidade ou de concentração, para que possam ser canceladas matematicamente.

## Exemplos

**1)** Uma ETA utiliza PAC para a etapa da coagulação. O produto possui uma densidade de 1.210 g/L. Em um dia de trabalho a dose ideal de coagulante para o tratamento da água era de 15 mg/L. Considerando a vazão de água bruta igual a 820 L/s, calcule a vazão da bomba dosadora para esse dia de trabalho.

*No caso da aplicação de coagulantes líquidos, basta aplicarmos diretamente a fórmula para vazão de bombas dosadoras. Devemos, contudo, corrigir o valor da densidade para a unidade de medida adequada (mg/L):*

$$\rho = 1.210\text{g/L} \times 1.000\text{mg/g}$$

$$\rho = 1.210.000\text{mg/L}$$

*Agora, aplicando a fórmula da vazão de bombas dosadoras ( $q_{bomba}$ ):*

$$q_{bomba} = \frac{Q \times d}{\rho}$$
$$q_{bomba} = \frac{820\text{L/s} \times 15\text{mg/L}}{1.210.000\text{mg/L}}$$

$$q_{bomba} = 0,01\text{L/s}$$

*Ou seja, aplicando uma vazão de 0,01 L/s (10 mL/s) de PAC na água bruta é possível tratar a água nesse dia de trabalho.*

**2)** Em uma ETA o coagulante é fabricado em uma concentração de 2% (m/m). Em determinado dia a concentração ideal de coagulante para

tratar a água bruta é de 10 mg/L de sulfato de alumínio. Considerando a vazão de água bruta igual a 500 L/s, calcule a vazão da bomba dosadora para esse dia de trabalho.

*Se a concentração informada é de 2%, isso equivale a 20 g do coagulante em 1 litro de solução (20 g/L ou 20.000 mg/L). Sabendo a concentração, podemos aplicar a fórmula da bomba dosadora:*

$$q_{bomba} = \frac{Q \times d}{C}$$

$$q_{bomba} = \frac{500\text{L/s} \times 20\text{mg/L}}{20.000\text{mg/L}}$$

$$q_{bomba} = 0,25\text{L/s}$$

*Ou seja, a bomba dosadora deve lançar 0,25 litro de coagulante por segundo na água bruta que será tratada (250 mL/s).*

## Correção da Alcalinidade

A maioria dos coagulantes atua na água como um ácido, baixando o pH do meio. Dependendo da dose do coagulante o pH pode baixar tanto que a coagulação deixa de acontecer e a eficiência do processo fica comprometida. Assim, é necessária uma boa alcalinidade da água a ser tratada para que o pH não baixe muito e a coagulação continue ocorrendo dentro da faixa ideal de trabalho.

Para corrigirmos a alcalinidade, primeiramente precisamos saber qual coagulante iremos usar e em qual dosagem, pois isso irá prever o quanto será consumido de

alcalinidade. A Tabela 1 mostra o consumo de alcalinidade dos principais coagulantes.

Tabela 1: Consumo de alcalinidade por alguns coagulantes (adaptado de Richter, 2009).

Coagulante (1 mg/L)	Redução da alcalinidade (mg/L CaCO <sub>3</sub> )
Cloreto férrico	0,56
Sulfato de alumínio	0,50
Sulfato férrico	0,76

Ou seja, se adicionarmos uma dose de 40 mg/L de sulfato de alumínio na água bruta, o coagulante irá consumir 20 mg/L de alcalinidade ( $40 \times 0,5 = 20$ ).

Agora, precisamos saber quanto de alcalinidade natural a água já possui e, caso não seja o suficiente pra dosagem de coagulante a ser aplicada, devemos acrescentar de forma artificial, utilizando cal hidratada, barrilha, hidróxido de sódio, etc. Cada produto químico também irá acrescentar a alcalinidade em proporções diferentes, conforme mostra a Tabela 2.

Tabela 2: Acréscimo de alcalinidade por alguns produtos químicos (adaptado de Richter, 2009).

Produto (1 mg/L)	Acréscimo de alcalinidade (mg/L CaCO <sub>3</sub> )
Cal hidratada	1,35
Barrilha	0,96
Hidróxido de sódio	1,25

A vazão das bombas dosadoras de alcalinizante será determinada da mesma forma que vimos anteriormente com pequenas correções. A dosagem, nesse caso, será a diferença que se deseja acrescentar de alcalinidade. Depois, o resultado

final deve ser corrigido, fazendo uma divisão pelo acréscimo de alcalinidade que 1 mg do produto fornece.

## Exemplos

**3)** Uma ETA trata uma vazão de 500 L/s. Em determinado dia a alcalinidade da água bruta era de 20 mg/L e desejasse utilizar uma dosagem de coagulante sulfato de alumínio igual a 60 mg/L. Calcule a vazão da bomba dosadora de alcalinizante e considere que a ETA faz o uso de cal hidratada preparada como suspensão na concentração de 1%.

*Primeiramente, vamos ajustar a unidade de concentração:*

$$1\% = 10g/L = 10.000mg/L$$

*Agora, verificamos se a alcalinidade é suficiente para a dosagem de 60 mg/L de sulfato de alumínio. Cada 1 mg/L desse produto químico consome 0,5 mg/L de alcalinidade, então:*

$$Alc_{Req} = 60mg/L \times 0,5 = 30mg/L$$

*Se a água bruta possui 20 mg/L de alcalinidade natural, isso não será suficiente para o tratamento. Vamos elevar para os 30 mg/L necessários, então, devemos adicionar mais 10 mg/L de alcalinidade artificial, sendo esse nosso valor de "d".*

*A vazão da bomba dosadora, será:*

$$q_{bomba} = \frac{Q \times d}{C}$$

$$q_{bomba} = \frac{500L/s \times 10mg/L}{10.000mg/L}$$

$$q_{bomba} = 0,5L/s$$

*Finalmente, vamos ajustar o resultado*

para a cal hidratada, sendo que cada 1 mg/L desse produto acrescenta 1,35 mg/L de alcalinidade. Portanto:

$$q_{\text{corrigida}} = \frac{q_{\text{bomba}}}{1,35} = \frac{0,5 \text{ L/s}}{1,35} = 0,37 \text{ L/s}$$

Portanto, adicionando 0,37 L/s de alcalinizante (370 mL/s ou 1,33 m³/h), alcança-se a alcalinidade ideal para realizar a etapa da coagulação.

## Aplicação de Cloro

Para aplicar o cloro usamos bombas dosadoras, cujo princípio de dosagem é o mesmo visto sobre coagulação, levando em consideração algumas características do processo como:

- A vazão de água bruta;
- O tipo de produto químico que está sendo aplicado (sólido, líquido ou gasoso);
- A densidade do produto químico;
- O teor de cloro ativo do produto químico.

Assim, a vazão da bomba dosadora do desinfetante para produtos líquidos, ou a vazão volumétrica para produtos gasosos aplicados diretamente, pode ser determinada como:

$$q_{b,v} = \frac{Q \times d \times 100}{\rho \times T_{\%}}$$

Onde:

$q_{b,v}$ : vazão da bomba dosadora de cloro ou vazão volumétrica de gás (L/s ou unidade mais adequada de vazão);

Q: vazão de água bruta (L/s ou unidade mais adequada de vazão);

d: dosagem a ser aplicada (mg/L);

$\rho$ : densidade do cloro que está sendo

aplicado (mg/L);

$T_{\%}$ : teor de cloro ativo do produto aplicado (%).

A dosagem de cloro a ser aplicada dependerá de dois fatores:

- Demanda da água bruta: microrganismos, metais dissolvidos, compostos orgânicos voláteis, etc.);
- Concentração de cloro residual desejada: aquela que deve estar presente na água desinfetada que sai do tanque de contato.

$$\text{Dosagem } (d) = \text{Demanda} + \text{Residual}$$

Para produtos adquiridos na forma sólida e que são preparados e aplicados na forma de soluções, a fórmula que pode ser usada é a seguinte:

$$q_{\text{bomba}} = \frac{Q \times d \times 100}{C \times T_{\%}}$$

Onde:

$q_{\text{bomba}}$ : vazão da bomba dosadora de cloro (L/s ou unidade mais adequada de vazão);

Q: vazão de água bruta (L/s ou unidade mais adequada de vazão);

d: dosagem a ser aplicada (mg/L);

C: concentração da solução fabricada (mg/L);

$T_{\%}$ : teor de cloro ativo do produto usado no preparo da solução (%).

## Exemplos

4) Suponha um sistema de cloração que utiliza o cloro gasoso para tratar uma vazão de 350 L/s de água bruta.

Em determinado dia a dosagem de cloro que se deseja aplicar na água bruta é de 3,0 mg/L. Qual a vazão volumétrica do cloro que deve ser aplicada à água bruta nesse dia de trabalho?

(Considere que o cloro gasoso possui 99,9% de teor de cloro ativo e densidade igual a 2,4 g/L)

*Para o cloro gasoso podemos considerar que seu teor de cloro ativo é de 100%. Temos também que ajustar o valor da densidade para a unidade correta: 2.400 mg/L. Então:*

$$q_v = \frac{Q \times d \times 100}{\rho \times T\%}$$

$$q_v = \frac{350L/s \times 3,0mg/L \times 100}{2.400mg/L \times 100}$$

$$q_v = 0,44L/s$$

*Ou seja, aplicando uma vazão de cloro de 0,44 L/s (ou 440 mL/s), será aplicada a dosagem de 3,0 mg/L de cloro na água bruta.*

**5)** Suponha uma ETA que trata uma vazão de 75 L/s usando hipoclorito de sódio com 12% de teor ativo. A dosagem de cloro desejada para um dia de trabalho é de 4,0 mg/L. Determine a vazão da bomba dosadora para essas condições. (Considere a densidade do hipoclorito de sódio igual a 1,2 g/L).

*Vamos ajustar o valor da densidade para a unidade correta: 1.200.000 mg/L.*

*Então:*

$$q_{bomba} = \frac{Q \times d \times 100}{\rho \times T\%}$$

$$q_{bomba} = \frac{75L/s \times 4,0mg/L \times 100}{1.200.000mg/L \times 12}$$

$$q_{bomba} = 0,002L/s$$

*Ou seja, aplicando uma vazão de cloro de 0,002 L/s (ou 2 mL/s), será aplicada a dosagem de 4,0 mg/L de cloro na água bruta.*

**6)** Em uma ETA faz-se o uso de hipoclorito de cálcio granular para a desinfecção da água. O desinfetante é preparado usando um produto comercial com 65% de cloro ativo, diluindo e preparando uma solução a 5%. Determine a vazão da bomba dosadora de cloro, considerando que a ETA trata uma vazão de 125 L/s de água bruta e deseja-se aplicar uma dosagem de 4,5 mg/L do desinfetante.

*O produto é preparado como solução a 5% (m/m), o que significa uma concentração de 50 g/L ou 50.000 mg/L. Portanto:*

$$q_{bomba} = \frac{Q \times d \times 100}{C \times T\%}$$

$$q_{bomba} = \frac{125L/s \times 4,5mg/L \times 100}{50.000mg/L \times 65}$$

$$q_{bomba} = 0,017L/s$$

*Ou seja, aplicando uma vazão de cloro de 0,017 L/s (ou 17 mL/s), será aplicada a dosagem de 4,5 mg/L de cloro na água bruta.*

## Aplicação de Flúor

Para aplicarmos produtos na água que propiciem a fluoretação utilizamos as mesmas fórmulas para bombas dosadoras já vistas anteriormente, mas, com um novo ajuste necessário, que é o fator de proporcionalidade (f):

$$q_{bomba} = \frac{Q \times d \times 100 \times f}{\rho \times T_{\%}}$$

Onde:

$q_{bomba}$ : vazão da bomba dosadora (L/s ou unidade mais adequada de vazão);

Q: vazão de água bruta (L/s ou unidade mais adequada de vazão);

d: dosagem a ser aplicada (mg/L);

$\rho$ : densidade do produto químico que está sendo aplicado (mg/L);

$T_{\%}$ : teor de flúor do produto aplicado (%);

f: fator de proporcionalidade para o tipo de flúor que está sendo usado.

As moléculas dos produtos químicos utilizados irão liberar quantidades diferentes de íons fluoreto e precisamos fazer essa correção. Para isso, basta dividir a massa molar da molécula que irá produzir os íons, pela massa atômica de íons fluoreto liberados:

$$f = \frac{\text{Massa molar}}{\text{Massa atômica de íons fluoreto liberados}}$$

Por exemplo, o ácido fluossilícico ( $H_2SiF_6$ ) irá se dissociar em água liberando 6 íons fluoreto (F<sup>-</sup>):



A massa molar do ácido fluossilícico é de 144 g/mol e cada íon fluoreto tem massa de 19 g/mol, totalizando 114 g/mol. O fator de proporcionalidade é:

$$f = \frac{144g/mol}{114g/mol} = 1,263$$

Ao realizarmos o cálculo de vazão das bombas dosadoras, devemos considerar esse fator de 1,263.

Outro exemplo é na utilização do Fluossilicato de sódio, ( $Na_2SiF_6$ ) um pó que pode ser diluído para a fabricação de uma solução. A massa molar dessa substância é de 188 g/mol e também são liberados 6 íons fluoreto na sua dissociação. Portanto, o fator de proporcionalidade para essa substância é:

$$f = \frac{188g/mol}{114g/mol} = 1,65$$

É importante também nos atentarmos para a concentração de fluoreto na água bruta, pois esse íon não é removido nos processos de tratamento de água, tendo sua concentração inalterada dentro das estações.

## Exemplos

**7)** Determine a vazão da bomba dosadora de ácido fluossilícico para uma ETA que trata 100 L/s de água bruta. Considere que a água bruta contém naturalmente 0,1 mg/L F e a concentração ótima para o município é de 1,0 mg/L F. O produto químico comercial possui uma densidade de 1,1748 g/mL e concentração de 20%.

*Como o produto será aplicado diretamente na forma líquida, basta que apliquemos a vazão de bombas dosadoras e o fator de proporcionalidade em uma única fórmula.*

*Antes, vamos corrigir a densidade para a unidade de mg/L:*

$$1,1748 \text{ g/mL} = 1.174.800 \text{ mg/L}$$

*A água bruta já possui 0,1 mg/L F, então, a dose que vamos adicionar é de 0,9 mg/L.*

*Finalmente, para o ácido fluossilícico o fator de proporcionalidade é 1,263, então:*

$$q_{bomba} = \frac{Q \times d \times 100 \times f}{\rho \times T\%}$$

$$q_{bomba} = \frac{100\text{L/s} \times 0,9\text{mg/L} \times 100 \times 1,263}{1.174.800\text{mg/L} \times 20}$$

$$q_{bomba} = 0,0005\text{L/s}$$

*Ou seja, aplicando uma vazão de 0,5 mL por segundo (30 mL/min ou 1,8 L/h) será possível fornecer água tratada com 1,0 mg/L de íon fluoreto.*

**8)** Em uma ETA que trata uma vazão de 100 L/s a fluoretação ocorre aplicando uma solução de Fluossilicato de sódio com 0,4% de concentração (4.000 mg/L). Calcule a vazão da bomba dosadora para uma concentração ótima de 1,1 mg/L F. Considere que a água bruta não possui uma concentração relevante de íon fluoreto e que o produto comercial possui uma pureza de 98%.

*Novamente, basta aplicar a fórmula para bombas dosadoras e acrescentar o fator de proporcionalidade para o Fluossilicato de sódio igual a 1,65. Então:*

$$q_{bomba} = \frac{Q \times d \times 100 \times f}{C \times T\%}$$

$$q_{bomba} = \frac{100\text{L/s} \times 1,1\text{mg/L} \times 100 \times 1,65}{4.000\text{mg/L} \times 98}$$

$$q_{bomba} = 0,046\text{L/s}$$

Então, aplicando uma vazão de 46 mL/s (2,76 L/min ou 165,6 L/h), garantimos a concentração de 1,1 mg/L F na água tratada.

## Rascunho

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Monitoramento e Interpretação de Parâmetros Essenciais

O dia a dia operacional de uma estação de tratamento de água exige que parâmetros físico-químicos e microbiológicos sejam monitorados e interpretados para que decisões possam ser tomadas com a maior acurácia possível.

Neste tópico falaremos dos principais parâmetros que são usados para controle operacional e de qualidade da água tratada.

### Turbidez

A turbidez pode ser definida como a interferência do meio à passagem da luz, dispersando e absorvendo o feixe luminoso. É causada principalmente por partículas em suspensão, variando de tamanhos grosseiros até o estado coloidal.

Coloides são partículas muito pequenas com 1 nanômetro (nm) a 1.000 nm de diâmetro médio. Devido a seu tamanho extremamente pequeno eles se espalham facilmente por toda massa de água sendo capazes de dispersar a luz, causando assim turbidez e contribuindo na ocorrência de cor aparente, ou seja, a água adquire uma coloração falsa, pois o que observamos é a cor predominante de partículas finamente distribuídas, e não a cor real do líquido. As partículas coloidais podem também causar gosto e odor na água.

A turbidez na água é fator determinante no tipo de tratamento a ser aplicado e na quantidade de produtos químicos que serão empregados. Sua presença, também,

pode funcionar como um escudo para microrganismos, reduzindo a eficiência do desinfetante.

### Determinação analítica

Método nefelométrico em equipamentos chamados de turbidímetros. O equipamento realiza uma comparação da luz que atravessa uma amostra e que é espalhada em um ângulo de 90°, como mostra a Figura 8.

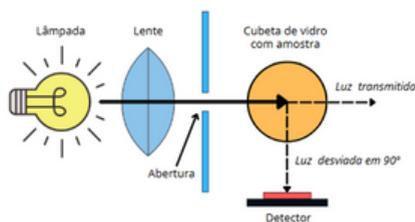


Figura 8: Princípio de funcionamento dos turbidímetros.

### Interpretação dos Resultados

A turbidez é expressa em uT (unidades de turbidez), mas também pode ser apresentada como UNT (unidades nefelométricas de turbidez) ou NTU (sigla em inglês para unidades nefelométricas de turbidez).

**VMP = 5,0 uT**

A turbidez da água que sai dos filtros rápidos deve ser de, no máximo, 0,5 uT em 95% das amostras, sendo interessante que se busque alcançar 0,3 uT.

Se a água pós-filtração ultrapassar o valor estipulado deve-se redobrar os cuidados na desinfecção e verificar a limpeza dos filtros, a qualidade da coagulação/floculação e decantação. Na rede de abastecimento, quando o

Valor Máximo Permitido (VMP) é ultrapassado há algumas possibilidades de causa:

- rede rompida e operando com pressão negativa;
- formação de biofilmes nas tubulações;
- ocorrência de ferrugem;
- desprendimento de incrustações.

### Monitoramento

Conforme tabela 3 a seguir.

Tabela 3: Frequência de monitoramento e pontos de amostragem para o parâmetro turbidez.

Sistema	Manancial	Frequência
SAA	superficial	A cada 2 horas na saída do tratamento
	subterrâneo	Semanalmente na saída do tratamento
SAC	superficial	Semanalmente
	subterrâneo	Semanalmente na saída do tratamento e mensalmente no ponto de consumo
Rede de distribuição		Em todas as amostras coletadas para análises bacteriológicas

### Cor

A cor da água (e de qualquer outra substância) é uma decorrência da capacidade de absorver certos comprimentos de onda da luz visível. A água pura, todavia, não tem cor.

A cor da água é definida de duas formas: cor real (ou cor verdadeira) e cor aparente. A cor real é aquela causada por substâncias dissolvidas na água, que não são removidas por

processos de filtração tradicionais ou de centrifugação. A cor aparente, por sua vez, é causada por partículas em suspensão ou partículas coloidais presentes no meio, ou seja, é aquela medida sem remoção da turbidez.

Embora a cor não tenha geralmente um significado sanitário, a sua presença pode ocasionar a rejeição da água por parte do consumidor. Esse parâmetro também é muito importante para a determinação da dosagem de coagulante na estação.

### Determinação analítica

Para a medição da cor utiliza-se discos de vidros coloridos e graduados para comparação visual com a cor da água, nos equipamentos denominados de colorímetros a disco. Porém, tal método pode apresentar algumas imprecisões então, atualmente, tem-se buscado utilizar dispositivos mais sofisticados como os colorímetros digitais ou o espectrofotômetro.

A medição da cor verdadeira é feita após a filtração ou centrifugação da amostra, enquanto a medição de cor aparente dispensa essa etapa.

### Interpretação dos Resultados

A cor é expressa em uC (unidades de cor), mas também pode ser apresentada como unidades Hazen (uH) ou mg/L de Platina-Cobalto (mg/L Pt-Co). Todas as unidades são equivalentes.

**VMP = 15 uH (cor aparente)**

Quando a ETA convencional não consegue remover a cor de forma satisfatória, deve-se verificar a limpeza

dos filtros, a dosagem de coagulante ideal para o tratamento e verificar a possibilidade de realizar algum tipo de pré-tratamento como, por exemplo, a pré-oxidação ou aplicação de carvão ativado.

Na rede de abastecimento a ocorrência de cor costuma ter as mesmas causas da turbidez.

## Monitoramento

Conforme tabela 4 para a cor aparente.

Tabela 4: Frequência de monitoramento e pontos de amostragem para o parâmetro cor aparente.

Sistema	Manancial	Frequência
SAA	superficial	A cada 2 horas na saída do tratamento
	subterrâneo	Semanalmente na saída do tratamento
SAC	superficial	Semanalmente
	subterrâneo	Mensalmente
Rede de distribuição		Em todas as amostras coletadas para análises bacteriológicas

## pH

O pH é a escala utilizada para determinar a acidez ou a basicidade de uma substância. Aqui deve-se ter um cuidado ao se referir à basicidade como equivalente à alcalinidade, pois ambas têm interpretações diferentes quando utilizadas no tratamento da água.

Substâncias ácidas possuem pH variando entre 0,0 e valores menores que 7,0. Substâncias básicas, por sua vez, possuem valores maiores que 7,0 até 14,0. Uma substância que possua o

pH exatamente igual a 7,0 é considerada neutra, ou seja, nem ácida e nem básica. A Figura 9 apresenta a escala de pH.

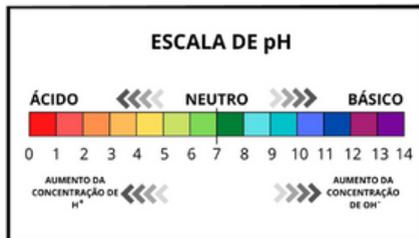


Figura 9: Escala de pH (Silva, 2022).

O pH não possui importância sanitária, mas no tratamento da água esse parâmetro é determinante nos processos de coagulação, desinfecção e controle de corrosão na rede de abastecimento, por isso seu monitoramento é muito importante.

Na água de abastecimento, o pH ácido causa uma corrosão acelerada dos materiais e pode conferir sabor à água. Já o pH muito elevado ocasiona incrustações na rede, levando ao entupimento e rompimento precoce.

## Determinação analítica

Para a determinação do pH da água utiliza-se um medidor de pH (potenciômetro) com um eletrodo específico e soluções padrões de calibração do aparelho.

## Interpretação dos Resultados

- pH < 7,0: amostra possui caráter ácido.
- pH = 7,0: a amostra possui caráter neutro.
- pH > 7,0: a amostra possui caráter básico.

A Portaria de Consolidação nº 5 – Anexo XX recomendava que o pH da água potável estivesse entre 6,0 e 9,5. Mas a publicação da Portaria MS 888/2021 não traz mais essa informação, portanto, essa recomendação não é mais válida. Por boa prática as empresas fornecedoras de água buscam manter o pH dentro dessa faixa, pois isso evita uma série de problemas de corrosão e incrustação nas redes de abastecimento.

### Monitoramento

Conforme tabela 5 a seguir.

Tabela 5: Frequência de monitoramento e pontos de amostragem para o parâmetro pH.

Sistema	Manancial	Frequência
SAA	superficial	A cada 2 horas na saída do tratamento
	subterrâneo	Semanalmente na saída do tratamento
SAC	superficial	Semanalmente
	subterrâneo	Mensalmente
Rede de distribuição		Dispensada a análise*

\*A Portaria MS 2.472/2021 dispensou o monitoramento do pH na rede de abastecimento mas, por boa prática, é importante que esse parâmetro seja medido sempre que houver algum ensaio bacteriológico ou de qualidade da água.

### Residual de Desinfetante

O residual de desinfetante corresponde à quantidade de cloro que deve estar presente para garantir a proteção da água após o processo de desinfecção, evitando as recontaminações na rede de distribuição.

As formas residuais podem ser de cloro livre ou cloro combinado. Em análises de água, a soma das concentrações de cloro residual livre e de cloro residual combinado é denominada de cloro residual total.

O cloro livre é aquele formado na ausência de compostos amoniacais na água. Essa forma deve ser medida sempre de forma associada a um valor de pH, pois, valores elevados de pH são prejudiciais para a ação do cloro livre como agente desinfetante.

Já o cloro combinado é aquele que se forma na presença de compostos amoniacais. São as espécies denominadas de monoclорamina, dicloramina e tricloramina. O cloro combinado tem um poder de desinfecção menor que o cloro livre, mas é mais estável e tem um potencial menor de formação de subprodutos indesejáveis.

### Determinação analítica

Para a determinação do cloro como residual de desinfetante realiza-se o Método DPD. O cloro residual presente na amostra oxida uma substância chamada de DPD (N, N-dietil-p-fenilenodiamina), resultando em uma coloração rosa do meio. Quanto maior a intensidade da cor, maior a concentração de cloro residual. Então, compara-se a intensidade da cor com valores pré-estabelecidos através de colorímetros analógicos ou digitais.

### Interpretação dos Resultados

Nessa técnica o resultado é lido diretamente em mg/L Cl<sub>2</sub>.

A Portaria de Consolidação nº 5 – Anexo XX descreve uma faixa de valores para o cloro residual livre na

água potável:

- Mínimo de 0,2 mg/L;
- Máximo de 5,0 mg/L.

Para veículos transportadores de água potável o valor mínimo é de 0,5 mg/L.

Valores acima de 2,0 mg/L e a presença de cloro combinado podem causar incômodo nos consumidores em razão de gosto e odor.

Se o teor de cloro residual na rede de abastecimento ficar abaixo do valor mínimo, deve-se:

- averiguar a possibilidade de aumentar o valor aplicado na saída do tratamento;
- verificar falhas no sistema de abastecimento;
- cogitar a possibilidade de instalar pontos de recloração.

### Monitoramento

Conforme tabela 6 a seguir.

Tabela 6: Frequência de monitoramento e pontos de amostragem para o parâmetro residual de desinfetante.

Sistema	Manancial	Frequência
SAA	superficial	A cada 2 horas na saída do tratamento
	subterrâneo	Semanalmente na saída do tratamento
SAC	superficial	Diariamente
	subterrâneo	Diariamente
Rede de distribuição		Em todas as amostras coletadas para análises bacteriológicas

### Fluoreto

O flúor (F) é um elemento muito abundante na natureza e tem grande afinidade com diversos metais. Naturalmente esse elemento não é

encontrado na forma atômica simples, apenas como seu íon fluoreto (F<sup>-</sup>). Por essa grande afinidade metálica, e isso inclui o cálcio, faz-se o uso da fluoretação na água potável para auxiliar a manutenção da saúde bucal da população. Essa é uma das maiores políticas de saúde pública do mundo.

De forma contraditória, o excesso desse elemento nos dentes durante seu processo de formação pode causar manchas brancas irreversíveis, doença conhecida como fluorose dentária. Como a ocorrência do íon fluoreto é naturalmente muito comum em corpos aquáticos, há ETAs que possuem sistemas de desfluoretação, ou seja, diminuem a quantidade de flúor na água para que esse problema não ocorra na população.

A concentração ideal de fluoreto na água potável depende da temperatura média do ar, pois, em locais mais quentes a tendência de ingestão de água é maior, o que justifica valores menores de concentração do íon.

### Determinação analítica

O fluoreto pode ser determinado diretamente através do uso de um eletrodo específico, ou através do método colorimétrico utilizando um reagente denominado de SPADNS. Neste segundo método, o reagente adicionado torna o meio avermelhado e quanto maior for a concentração de fluoreto, mais transparente o meio se torna.

### Interpretação dos Resultados

Em ambas as técnicas o resultado é lido diretamente em mg/L F<sup>-</sup>.

**VMP = 1,5 mg/L F<sup>-</sup>**

É importante que se verifique a concentração de fluoreto na água bruta para que se acrescente (ou se remova) apenas o necessário até atingir a concentração ótima na água potável.

Caso o VMP esteja sendo excedido, deve-se diminuir a dosagem de flúor na estação. Caso contrário, deve-se aumentar a dosagem.

## Monitoramento

Conforme tabela 7 a seguir.

Tabela 7: Frequência de monitoramento e pontos de amostragem para o parâmetro fluoreto.

Sistema	Manancial	Frequência
SAA	superficial	A cada 2 horas na saída do tratamento
	subterrâneo*	Semanalmente na saída do tratamento
SAC	superficial	Semestralmente
	subterrâneo	Semestralmente
Rede de distribuição		Dispensada a análise

\*A Portaria MS 2.472/2021 retificou a publicação da Portaria MS 888/2021 que determinava o monitoramento a cada 2 horas para mananciais subterrâneos.

## Coliformes

Os coliformes são os principais indicadores da qualidade da água, pois:

- Um ser humano adulto pode evacuar mais de 6 bilhões de células de coliformes diariamente, portanto, a probabilidade de encontrá-los em amostras é maior do que a de outros microrganismos.
- Alguns grupos de coliformes sobrevivem por algumas horas fora do trato intestinal e não se

multiplicam no ambiente externo, portanto, sua detecção acusará a contaminação recente;

- Os métodos analíticos para determinação de coliformes são simples, rápidos e mais acessíveis.

Muitas espécies de coliformes convivem em simbiose com os seres humanos, sem causar doenças às pessoas, embora existam outras cepas que podem ser consideradas patogênicas. Dessa forma, os coliformes são bons indicadores de contaminação da água, pois a sua presença pode revelar de forma indireta a presença de patógenos. Isso economiza muito tempo e recursos, pois, cada patógeno tem uma técnica analítica específica e um tempo de incubação próprio. Contudo, todos têm em comum o fato de serem eliminados pelas fezes junto dos coliformes.

Podemos dividir o grupo denominado de coliformes totais em um subgrupo denominado de coliformes termotolerantes. Dentro do subgrupo de coliformes termotolerantes temos, então, a *Escherichia coli* que é o indicador da contaminação por material fecal.

Os coliformes totais correspondem a bactérias Gram-negativas que utilizam a lactose como nutriente e produzem gás, incubados a temperatura de 35 - 37 °C por 48 horas. Fazem parte desse grupo as espécies *Escherichia coli*, *Enterobacter*, *Citrobacter* e *Klebsiella*, que estão presentes em vegetais e solo, com exceção de *Escherichia coli* que habita o trato intestinal do homem e de outros animais de sangue quente.

Como esses microrganismos habitam também vegetais e o solo, a presença deles não pode ser associada

---

diretamente à presença de material fecal e/ou organismos patogênicos, porém, indica claramente que há falhas ocorrendo na rede de distribuição ou no sistema de desinfecção das ETAs.

Já os coliformes termotolerantes, também chamados de coliformes fecais, são bactérias que apresentam a capacidade de utilizar a lactose como nutriente, produzindo gás à temperatura de 44 - 45,5 °C.

A principal representante desse subgrupo é a *Escherichia coli*. Os coliformes do tipo *Escherichia coli* vivem exclusivamente no trato intestinal de animais de sangue quente, portanto, a sua presença atesta diretamente a presença de material de origem fecal e, conseqüentemente, um elevado risco de contaminação com patógenos. Por esse motivo, a ocorrência de *E.coli* na água potável é proibida em qualquer circunstância, desde o tratamento até o fornecimento para o consumidor.

### Determinação analítica

A determinação de coliformes totais e *E.coli* pode ser feita por diferentes técnicas como:

- Método da presença/ausência e dos tubos múltiplos;
- Teste cromogênico;
- Método da membrana filtrante.

### Interpretação dos Resultados

O método da presença/ausência e tubos múltiplos é considerado positivo quando há a mudança da coloração do meio e a formação de gás no interior dos tubos. Essa metodologia avalia a presença de coliformes totais e termotolerantes, mas não detecta a

ocorrência de *E.coli*.

O método cromogênico considera positivo o resultado para coliformes totais quando há mudança de coloração do meio de transparente para amarelo, e a confirmação de *E.coli* se dá quando ocorre fluorescência do meio sob luz ultravioleta.

Finalmente, pelo método da membrana filtrante o resultado é positivo para coliformes totais se houver a ocorrência de colônias vermelho-escura com brilho metálico, e positivo para *E.coli* se houver colônias de coloração azul.

- A água na saída do tratamento não pode apresentar a presença de coliformes totais (logo, incluem-se os coliformes termotolerantes e *E.coli*).
- Na rede de distribuição há uma pequena tolerância para a ocorrência de coliformes totais por entender que algumas espécies têm vida livre, contudo, é expressamente inaceitável a presença de *E.coli*, pois isso atesta a contaminação fecal e torna a água imprópria para consumo.
- Municípios com menos de 20 mil habitantes podem apresentar apenas 1 amostra mensal com resultado positivo para coliformes totais.
- Municípios que abastecem a partir de 20 mil habitantes podem ter até 5% das amostras mensais com resultados positivos para coliformes totais.

Quando esses padrões forem violados o responsável pelo SAA ou SAC deve adotar medidas corretivas e informá-las à autoridade de saúde do município.

Dentre as possibilidades para controle da água na saída do tratamento, pode-se prever:

- aumento da concentração de cloro aplicado para a desinfecção;
- aumento do tempo de contato da água com o agente desinfetante;
- verificar a limpeza dos filtros rápidos.

Já na rede de abastecimento, algumas das medidas possíveis são:

- aumento do teor de cloro residual;
- busca ativa por vazamentos e quebras de redes;
- limpeza de reservatórios.

### Monitoramento

Conforme tabela 8 a seguir.

Tabela 8: Frequência de monitoramento e pontos de amostragem para o parâmetro coliformes.

Sistema	Manancial	Frequência
SAA	superficial	Duas amostras semanais para coliformes totais na saída do tratamento
	subterrâneo	Uma amostra semanal para coliformes totais na saída do tratamento
SAC	superficial	Semanalmente para coliformes totais e E.coli
	subterrâneo	Mensalmente para coliformes totais e E.coli
Rede de distribuição		Análises mensais para coliformes totais e E.coli com número de amostras em função do número de habitantes

### Alumínio

O alumínio é um elemento abundante na crosta terrestre e, por isso, sua presença em águas naturais é relativamente comum. Ele costuma ocorrer na forma de sais insolúveis ou ligado a minerais argilosos, sendo encontrado principalmente em rios, lagos e águas subterrâneas com pH mais ácido ou em regiões com solos ricos em alumínio. Processos naturais de intemperismo e erosão são as principais fontes de liberação desse metal na água.

Na água potável, o alumínio pode estar presente tanto de forma natural quanto como resultado do próprio processo de tratamento. Isso porque os sais de alumínio, como o sulfato de alumínio, são amplamente usados como coagulantes na clarificação da água, ajudando a remover impurezas por floculação e sedimentação. Embora eficazes, esses coagulantes podem deixar quantidades de alumínio residual na água tratada, motivo pelo qual os sistemas de abastecimento devem controlar bem as dosagens e o pH para minimizar concentrações indesejadas.

Em relação à saúde, o alumínio na água potável, em níveis baixos, não costuma representar risco significativo. Estudos indicam que a ingestão moderada de alumínio não está diretamente associada a efeitos tóxicos agudos em humanos. No entanto, concentrações elevadas e exposições crônicas podem estar relacionadas a efeitos adversos, como impacto neurológico, embora não haja consenso científico sólido sobre a relação direta entre alumínio na água e doenças como Alzheimer. Por

precaução, normas como a Portaria de Potabilidade brasileira e diretrizes da OMS estabelecem limites para o alumínio residual na água potável, visando proteger a saúde da população e garantir a qualidade do tratamento.

Assim, o controle adequado do alumínio nos sistemas de abastecimento é essencial tanto para evitar problemas de saúde quanto para assegurar a eficiência operacional, já que níveis elevados podem causar entupimentos e incrustações em tubulações e redes de distribuição. A boa prática de operação em ETAs inclui monitoramento e ajustes no processo de coagulação, garantindo que a água entregue à população esteja dentro dos padrões de potabilidade.

### Determinação analítica

A determinação de alumínio na água pode ser feita por um método simples, como a espectrofotometria ou através de métodos mais sofisticados que, em geral, são realizados por laboratórios externos e de maior porte como a Espectrometria de absorção atômica, Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES) e Espectrometria de Massa com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-MS).

### Interpretação dos Resultados

Em todas as metodologias é obtido diretamente o resultado em mg/L de Alumínio.

**VMP = 0,2 mg/L Al**

Se o teor de alumínio na água potável está ultrapassando o valor máximo permitido, algumas medidas podem ser tomadas como:

- Ajustar o pH de coagulação. Se a coagulação ocorre em um pH dentro da faixa de solubilidade do alumínio, uma parcela do coagulante pode se solubilizar e não formar hidróxidos insolúveis. Nessa condição, o alumínio dissolvido não é removido nos processos de sedimentação e filtração.
- Ajustar a concentração de coagulante. O uso de coagulantes sem que se verifique a dosagem ideal em jar-test pode acarretar em superdosagens que refletem em elevadas concentrações de alumínio na água tratada.
- Investigação do manancial. Embora o alumínio tenha ocorrência natural, deve-se verificar se houve alguma alteração no manancial, ainda que esse evento seja raro.

### Monitoramento

Conforme tabela 9 a seguir.

Tabela 9: Frequência de monitoramento e pontos de amostragem para o parâmetro alumínio.

Sistema	Manancial	Frequência
SAA	superficial	Semestralmente na saída do tratamento
	subterrâneo	Semestralmente na saída do tratamento
SAC	superficial	Semestralmente
	subterrâneo	Semestralmente
Rede de distribuição		Trimestralmente



---

## **CISPAR: O primeiro consórcio público de saneamento do país**

O CISPAR – Consórcio Intermunicipal de Saneamento do Paraná – é um consórcio público de direito público, constituído sob a forma de associação pública, com natureza autárquica. Atualmente, é composto por 97 municípios paranaenses, cuja população total soma aproximadamente 2.5 milhões de habitantes.

O CISPAR tem por finalidade apoiar os municípios consorciados na prestação eficiente, técnica e sustentável dos serviços de saneamento, envolvendo as quatro áreas: água, efluente, resíduos sólidos e drenagem urbana, conforme previsto em seu Contrato de Consórcio Público. Dentre suas atribuições, destacam-se:

- Execução de obras e fornecimento de bens;
- Apoio técnico e administrativo;
- Operação de análises laboratoriais;
- Assistência jurídica e contábil;
- Formulação de políticas tarifárias;
- Desenvolvimento de programas de saneamento rural e ambiental;
- Promoção de cursos, eventos e capacitações;
- Elaboração de planos, projetos e soluções conjuntas;
- Realização de licitações compartilhadas e gestão de bens de uso comum.

### **História de criação**

O CISPAR surgiu da união de dois importantes consórcios regionais do Paraná: o CISMARE, que abrangia municípios das regiões Noroeste e Norte Central, e o CISMASA, formado por nove municípios da região Norte.

Inicialmente, ambas as entidades possuíam natureza jurídica privada, sob a forma de associação civil sem fins lucrativos. Em 26 de agosto de 2005, com a formalização de um protocolo de intenções, foi iniciado o processo de transformação em consórcio público. Em 22 de junho de 2007, em assembleia realizada no município de Sarandi, foi aprovada a alteração da personalidade jurídica para pessoa de direito público, adaptando-se à Lei nº 11.107/2005 (Lei dos Consórcios Públicos) e à Lei nº 11.445/2007 (Lei do Saneamento Básico).

O CISMASA foi formalmente instituído em 22 de fevereiro de 2006, sendo transformado em consórcio público em agosto do mesmo ano. Com a fusão entre o CISMARE e o CISMASA, consolidou-se o CISPAR como entidade única, com nova estrutura institucional e estatutária aprovada pelas assembleias e câmaras municipais dos entes consorciados. A adesão de todos os municípios ao novo contrato e estatuto do consórcio resultou na extinção do CISMASA e na constituição do CISPAR como seu sucessor jurídico.

Desde então, o CISPAR vem se destacando por promover a gestão técnica compartilhada, o desenvolvimento regional sustentável e a excelência na governança dos serviços públicos de saneamento básico no Paraná.

---

## O que fazemos

O CISPARG atua no apoio técnico, jurídico, contábil e institucional às administrações municipais consorciadas, com foco no fortalecimento da gestão dos serviços públicos de saneamento básico – abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e drenagem urbana.

Nossas ações compreendem:

- Laboratório próprio de análises de água e esgoto, atendendo às demandas de monitoramento e controle de qualidade ambiental;
- Planejamento, assessoria e apoio técnico especializado em engenharia, química, administração, contabilidade e direito;
- Elaboração de projetos técnicos para sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário;
- Capacitação continuada e treinamentos técnicos aos servidores municipais;
- Aquisição e contratação de bens e serviços por meio de licitações compartilhadas, otimizando recursos e promovendo ganhos de escala;
- Interlocução institucional junto aos Governos Estadual e Federal, visando à captação de recursos e à defesa dos interesses coletivos dos municípios;
- Representatividade política e inserção regional dos municípios consorciados no contexto das políticas públicas de saneamento;
- Desenvolvimento de programas e soluções integradas voltadas à melhoria das condições sanitárias e ambientais.

## A importância dos consórcios públicos na gestão municipal integrada

Os consórcios públicos desempenham um papel estratégico na modernização da gestão municipal, sobretudo no enfrentamento de desafios complexos e de natureza coletiva, como os serviços de saneamento básico. Por meio da atuação consorciada, os municípios fortalecem sua capacidade técnica, institucional e financeira, viabilizando soluções conjuntas, econômicas e sustentáveis para atender à população com qualidade e eficiência.

O CISPARG é um exemplo consolidado de como a governança compartilhada pode gerar resultados positivos. Dos 96 municípios consorciados, 53 prestam diretamente os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, beneficiando-se do suporte técnico, regulatório e institucional prestado pelo consórcio. Os demais 43 municípios integram o CISPARG com foco no apoio especializado e na busca por soluções compartilhadas nas áreas de manejo de resíduos sólidos urbanos e drenagem urbana, setores essenciais para a promoção da saúde pública e da qualidade ambiental.

Essa integração proporciona economia de escala, padronização de procedimentos, maior acesso a recursos públicos e aumento da eficiência operacional, consolidando o consórcio como um importante instrumento de fortalecimento da administração pública local e de efetivação das diretrizes estabelecidas pelo novo marco legal do saneamento básico.

---





# Municípios - CISPAR

ABATIÁ	JAGUARIAIVA	PITANGUEIRAS
ALTO PARANÁ	JAPURÁ	PORTO BARREIRO
ALVORADA DO SUL	JARDIM ALEGRE	PRADO FERREIRA
AMAPORÃ	JARDIM OLINDA	PRESIDENTE CASTELO BRANCO
ANDIRÁ	JATAIZINHO	QUATRO PONTES
ÂNGULO	JUSSARA	QUEDAS DO IGUAÇU
ANTONINA	KALORÉ	REALEZA
APUCARANA	LAPA	RESERVA DO IGUAÇU
ATALAIA	LARANJEIRAS DO SUL	RIBEIRÃO CLARO
BANDEIRANTES	LOBATO	RIO BRANCO DO SUL
BARRAÇÃO	MANDAGUAÇU	RIO NEGRO
BOA VENTURA DE SÃO ROQUE	MANDAGUARI	SALGADO FILHO
BORRAZÓPOLIS	MARECHAL CANDIDO RONDON	SANTA CECILIA DO PAVÃO
CAMBARÁ	MARIALVA	SANTA ISABEL DO IVAÍ
CAMPINA DA LAGOA	MARILUZ	SANTA MARIA DO OESTE
CAMPO LARGO	MARMELEIRO	SANTA MARIANA
CAMPO MAGRO	MARINGÁ	SANTA MONICA
CAPANEMA	MARUMBI	SANTANA DO ITARARÉ
CERRO AZUL	MATO RICO	SANTO ANTONIO PARAÍSO
COLORADO	MERCEDES	SÃO JERONIMO DA SERRA
CORONEL VIVIDA	MIRASELVA	SÃO JOÃO
CRUZEIRO DO SUL	MUNHOZ DE MELLO	SÃO JOÃO DO CAIUA
DOCTOR ULYSSES	NOSSA SENHORA DAS GRAÇAS	SÃO JOÃO DO IVAÍ
ENEAS MARQUES	NOVA FATIMA	SÃO JOÃO DO TRIUNFO
ENTRE RIOS DO OESTE	NOVA SANTA BARBARA	SÃO JORGE DO IVAÍ
FLORIDA	NOVA TEBAS	SARANDI
FRANCISCO BELTRÃO	ORTIGUEIRA	SERTANEJA
GENERAL CARNEIRO	PALMITAL	SERTANOPOLIS
IBAITI	PARAÍSO DO NORTE	TAPEJARA
IBIPORÃ	PARANAPOEMA	TERRA RICA
ITAMBARACÁ	PATO BRAGADO	TIJUCAS DO SUL
IGUARAÇU	PEABIRU	TUPÃSSI
JAGUAPITÃ		



 [cisparoficial](https://www.instagram.com/cisparoficial)

 [cispar7229](https://www.youtube.com/cispar7229)

 [gabinete@cispar.pr.gov.br](mailto:gabinete@cispar.pr.gov.br)

Rua Miguel Jordão Martines, 667 -  
Pq. Ind. Mário Bulhões da Fonseca  
Maringá-PR

Cep: 87065-660

 (41) 3123-2800