



INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS PENEDO
CURSO TÉCNICO SUBSEQUENTE EM QUÍMICA

JOSÉ HELDER DOS SANTOS GOMES

**TRATAMENTO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO: PROCESSOS E
IMPORTÂNCIA PARA A SAÚDE PÚBLICA**

**PENEDO, AL
2025**

JOSÉ HELDER DOS SANTOS GOMES

TRATAMENTO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO: PROCESSOS E
IMPORTÂNCIA PARA A SAÚDE PÚBLICA

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso Técnico de Nível Médio subsequente em Química do Instituto Federal de Alagoas, *campus* Penedo, como requisito parcial para a obtenção do grau de Técnico em Química.

Orientador (a): Mirelle Márcio Santos Cabral

PENEDO, AL
2025



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Instituto Federal de Alagoas
Campus Penedo
Biblioteca

G633t

Gomes, José Helder dos Santos.

Tratamento de água para consumo humano: processos e importância para a saúde pública / José Helder dos Santos Gomes – 2025.

16f ;il.

Orientação: Prof. Mirelle Márcio Santos Cabral.

Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico de Nível Médio Subsequente em Química) – Instituto Federal de Alagoas, *Campus Penedo*, Penedo, 2025.

Trabalho acadêmico em versão digital.

1. Tratamento de água. 2. Potabilidade. 3. Água - Qualidade. I. Cabral, Mirelle Márcio Santos. II. Título

CDD:628.16

Maria Luzia Alexandre de Oliveira
Bibliotecária/Documentalista
CRB-4/2159

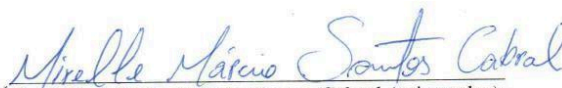
JOSÉ HELDER DOS SANTOS GOMES

TRATAMENTO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO: PROCESSOS E
IMPORTÂNCIA PARA A SAÚDE PÚBLICA

Trabalho de Conclusão de curso apresentado
ao Curso Técnico de Nível Médio
subsequente em Química do Instituto
Federal de Alagoas, campus Penedo, como
requisito parcial para a obtenção do grau de
Técnico em Química.

APROVADO(A) EM: 16/05/2025.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Mirelle Márcio Santos Cabral (orientador)
Instituto Federal de Alagoas - IFAL



Prof. Dr. Renan Atanázio dos Santos
Instituto Federal de Alagoas - IFAL



Prof. Dr. Marina de Magalhães Silva
Instituto Federal de Alagoas - IFAL

Agradecimentos

Agradeço a Deus pela oportunidade de poder iniciar e concluir o curso de técnico em química no Instituto Federal de Alagoas, em Penedo. Agradeço a minha esposa e filhos por estarem sempre me apoiando e incentivando, também por entenderem quando eu precisava de silêncio para estudar. Agradeço aos professores por toda a dedicação e seriedade com o ensino e com o compromisso em destacar para nós, alunos, os quais, alguns, chegavam do trabalho cansados, outros iriam no final da aula trabalhar, a capacidade que temos em aprender para alcançar o que almejamos, também, nos mostrar, quando dispersos, a responsabilidade de seguir a trajetória do curso com um objetivo que faça sentido e assim melhorando a realidade.

TRATAMENTO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO: PROCESSOS E IMPORTÂNCIA PARA A SAÚDE PÚBLICA

WATER TREATMENT FOR HUMAN CONSUMPTION: PROCESSES AND IMPORTANCE FOR PUBLIC HEALTH

José Helder dos Santos Gomes¹

RESUMO

A água é um recurso vital para o ser humano, sendo usada em várias atividades cotidianas, como higiene pessoal, limpeza e alimentação. Para garantir segurança e qualidade, a água deve passar por uma intervenção de tratamentos que a torne potável, conforme sua classificação e disposto pela legislação brasileira. Esse artigo tem como objetivo, mostrar os principais processos de tratamento de água, como: coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção, fluoretação e neutralização. Discorre também sobre a importância desse tratamento para a saúde, sobretudo, em virtude da prevenção de doenças de veiculação hídrica. Por fim, apresenta os parâmetros para a sua potabilidade e os desafios enfrentados na oferta de água de qualidade para a população.

Palavras-chave: Tratamento; Água; Potabilidade; Saúde; Doenças; Legislação.

ABSTRACT

Water is a vital resource for human beings and is used in many daily activities, such as personal hygiene, cleaning and eating. To ensure safety and quality, water must undergo treatment interventions to make it drinkable, according to its classification and provisions of Brazilian legislation. This article aims to show the main water treatment processes, such as: coagulation, flocculation, decantation, filtration, disinfection, fluoridation and neutralization. It also discusses the importance of this treatment for health, especially due to the prevention of waterborne diseases. Finally, it presents the parameters for its potability and the challenges faced in providing quality water to the population.

Keywords: Treatment; Water; Potability; Health; Diseases; Legislation.

1 INTRODUÇÃO

A água, conhecida como solvente universal polar, é um recurso natural essencial para a sobrevivência de todos os seres vivos e para o desenvolvimento das atividades humanas. Além de desempenhar um papel crucial na higiene e na alimentação, a água também é um insumo econômico de grande relevância, sendo utilizada em diversos setores, como agricultura, indústria e geração de energia. No entanto, para que seja segura e adequada para o consumo humano, é necessário que ela passe por processos de tratamento que garantam sua qualidade, conforme estabelecido pela Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, pela Portaria de Consolidação nº 5/GM/MS, de 28 de setembro de 2017 e a Resolução CONAMA 357/2005.

O tratamento da água tem como principal objetivo remover microrganismos patogênicos, substâncias químicas nocivas e melhorar suas características estéticas, como cor, odor e sabor. Além disso, busca-se ajustar parâmetros como corrosividade, dureza e turbidez, garantindo que a água atenda aos padrões de potabilidade exigidos pelas normas vigentes. Segundo Richter (2018), o tratamento de água é um processo complexo que envolve etapas físicas, químicas e biológicas, cada uma com sua função específica na remoção de impurezas com objetivo de alcançar a garantia da qualidade da água.

A ausência ou inadequação do tratamento da água pode resultar em sérios riscos à saúde pública, uma vez que a água contaminada é um veículo para diversas doenças de transmissão hídrica, como cólera, hepatite A e esquistossomose, que podem se espalhar rapidamente e causar surtos de grandes proporções, denominados pela CONAMA como Evento de saúde pública (EVP). Libânio (2017) destaca que a falta de acesso à água tratada é um dos principais fatores que contribuem para a disseminação de doenças em regiões com saneamento básico precário.

Nesse contexto, o tratamento de água para consumo humano não apenas assegura a qualidade de vida da população, mas também contribui para a prevenção de doenças e para a promoção da saúde pública. Este trabalho tem o objetivo de explorar os principais métodos e tecnologias utilizados no tratamento de água, destacando sua importância e os desafios enfrentados para garantir o acesso

universal à água potável, um direito fundamental e um dos pilares para o desenvolvimento sustentável.

2 LEGISLAÇÃO E PADRÕES DE POTABILIDADE

No Brasil, a qualidade da água destinada ao consumo humano é regulamentada por normas específicas, a exemplo da Portaria GM/MS nº 888/2021 e da Portaria de Consolidação nº 5/2017. Esses documentos apresentam os parâmetros físico-químicos, microbiológicos e organolépticos que a água deve ter para ser potável. Dentre os parâmetros analisados encontram-se a turbidez, o pH, a concentração de cloro residual, a presença de coliformes fecais e os níveis de metais pesados, como chumbo e mercúrio. (GM/MS nº 888/2021)

A Portaria GM/MS nº 888/2021 estabeleceu que a água potável deve estar "livre de quaisquer contaminantes em níveis que possam acarretar risco à saúde humana" (BRASIL, 2021). Além disso, a normatização da lei determina que os responsáveis pelo abastecimento de água devem realizar o monitoramento constante e informar a população dos resultados, garantindo, assim, transparência e segurança. Segundo Libânio (2017), a legislação brasileira é bastante rigorosa em relação aos padrões de potabilidade, mas a implementação dessas normas ainda enfrenta desafios, especialmente em regiões com infraestrutura precária.

A Resolução CONAMA 357/2005 estabelece critérios técnicos essenciais para a qualidade da água, incluindo turbidez (limite de 1 NTU após tratamento), dureza (até 500 mg/L de CaCO_3), corrosividade (pH entre 6,0 – 9,0), cloro residual (mínimo 0,2 mg/L), DBO (máximo 5 mg/L) e metais como alumínio (0,2 mg/L máximo).

Quando os parâmetros não são atendidos, os impactos são graves, por exemplo: em Manaus, a turbidez chegou a 5 NTU (cinco vezes acima do limite); em Belém, o alumínio residual atingiu 0,4 mg/L (o dobro do permitido); e no Rio de Janeiro, o nível de cloro ficou abaixo do mínimo necessário. Essas não-conformidades técnicas, que refletem falhas nos processos de tratamento, resultaram em 2021, mais de 130 mil pessoas foram hospitalizadas no Brasil por doenças causadas pela água contaminada, como diarreias e verminoses, segundo dados do Instituto Trata Brasil (2022). Essas internações custaram cerca de R\$ 108 milhões ao SUS, mostrando como a falta de saneamento básico afeta a saúde e os gastos públicos. (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2022)

3 CONTROLE DE QUALIDADE DA ÁGUA

Durante todo o processo de tratamento de água, deve haver um acompanhamento constante designado controle de qualidade. Esse controle tem como objetivo monitorar os mananciais de captação, as diversas fases do tratamento de água e a rede de distribuição. O controle é realizado através de análises físico-químicas e bacteriológicas.

A Portaria 2.941/2011 dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (BRASIL, 2011). A Tabela 1 mostra os principais parâmetros de qualidade da água, de acordo com a referida portaria.

Tabela 1: Parâmetros de qualidade da água para consumo humano.

PARÂMETRO	VMP	UNIDADE
Alcalinidade	500	mg/L
Amônia	1,0	mg/L
Cloro residual	5,0	mg/L
Cor	15	uH
Dureza	500	mg/L
Fluoreto	1,5	mg/L
Ferro	0,3	mg/L
Nitrato	1	mg/L
pH	6,0 a 9,0	-
Turbidez	5	uT
Coliforme	AUSENTE	

*VPM: valor máximo permitido

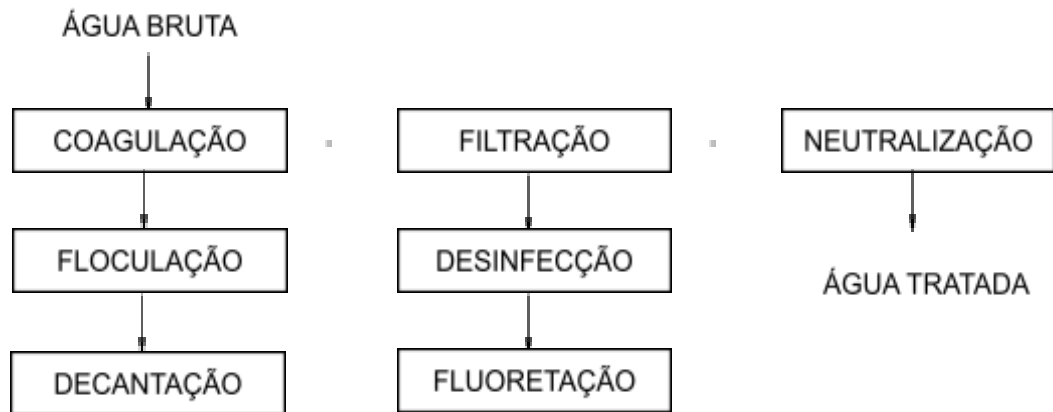
Fonte: BRASIL, 2011.

4 PROCESSOS DE TRATAMENTO DE ÁGUA

O tratamento da água envolve uma série de etapas que combinam métodos físicos e químicos para garantir sua purificação. Na estação de tratamento da água

(ETA) as impurezas são removidas de maneira a tornar a água própria para o consumo humano. O fluxograma do processo de tratamento de água é mostrado na Figura 1 e as etapas descritas a seguir.

Figura 1: Fluxograma do processo de tratamento de água.



Fonte: Autor, 2025.

4.1 COAGULAÇÃO

É a etapa química inicial, onde coagulantes como sulfato de alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) ou cloreto férrico (FeCl_3) são adicionados à água para neutralizar as cargas elétricas das partículas coloidais (argila, matéria orgânica). Esses compostos, com carga positiva, anulam as forças de repulsão entre as partículas, formando pequenos agregados instáveis (flocos primários). O pH e a dosagem são críticos: o sulfato de alumínio atua melhor em pH 6,0 – 7,5, enquanto excessos podem deixar resíduos tóxicos. Segundo Tundisi (2018), esse processo é essencial para remover partículas que não sedimentariam naturalmente. A Figura 2 mostra um sistema de dosagem de coagulante em uma ETA.

Figura 2: Sistema de dosagem de floculante.



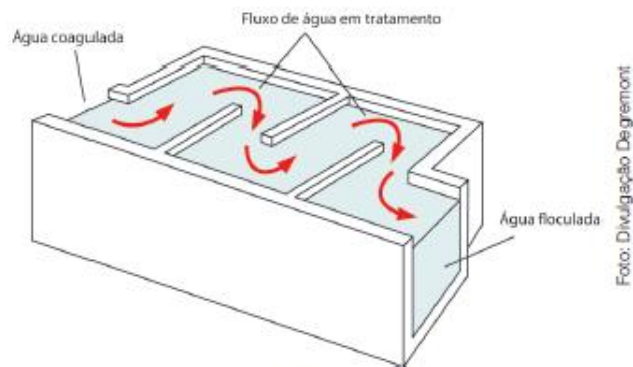
Fonte: Rubim, 2013.

4.2 FLOCULAÇÃO

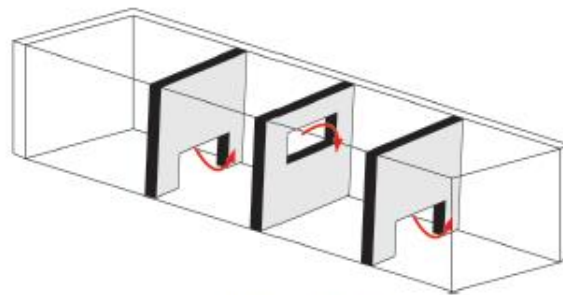
É a etapa física subsequente, onde uma agitação lenta (15 – 30 cm/s) promove colisões entre os flocos primários, formando agregados maiores e mais densos (flocos secundários). Realizada em câmaras com paletas por 20 – 40 minutos, a floculação depende do gradiente de velocidade (20 – 70 s⁻¹) para evitar a quebra dos flocos. Enquanto a coagulação neutraliza cargas, a floculação aumenta a massa das partículas, facilitando sua remoção na decantação. Juntas, essas etapas removem até 90% das impurezas, sendo fundamentais para a qualidade da água tratada (SAMAE, 2022).

Os floculadores hidráulicos funcionam sem mecanismos, apenas por fenômenos hidráulicos (mistura). Os tipos de floculadores hidráulicos mais utilizados são o de fluxo horizontal e vertical, como mostra a Figura 3.

Figura 3: Floculadores de fluxo horizontal e vertical.



Chicana horizontal



Chicana vertical

Fonte: Rubim, 2013.

4.3 DECANTAÇÃO

É o processo de sedimentação dos flocos já formados, acumulando-se no fundo dos tanques que levam o nome de decantadores (Figura 4), permitindo a saída da água límpida pela parte superior. A decantação é eficaz para a remoção de partículas maiores, mas não é suficiente para eliminar microrganismos ou substâncias dissolvidas (GUVEM, 2025).

Figura 4: Decantadores circulares.



Fonte: Planilheiro, 2025.

A Figura 5 mostra a simulação das etapas de coagulação, floculação e decantação, as quais ocorrem em sequência imediata da outra. Observa-se que para ocorrer a separação, primeiro a coagulação deve formar os coágulos e em seguida a floculação deve unir esses coágulos, formando os flocos. Por fim, a decantação utilizando a gravidade estabiliza as partículas maiores no fundo do decantador (Werjen, 2025).

Figura 5: Etapas de coagulação, floculação e decantação.



Fonte: Werjen, 2025.

As impurezas retiradas no fundo do decantador são chamadas de “lodo”. Esse material pode ter teor de sólidos muito variável, entre 0,1% a 4,0%.

O lodo é uma mistura de substâncias que contém minerais, colóides e materiais orgânicos decompostos. Podemos citar, por exemplo, argila, silte, areia fina, microrganismos e produtos provenientes dos processos de coagulação (TERRA AMBIENTAL, 2020).

A disposição do lodo, após devido tratamento, pode ocorrer em: aterros sanitários; certos tipos de solos, desde que atenda as condicionantes legais ambientais; incineração; rede coletora de esgoto; aplicações industriais diversas tais como fabricação de tijolos ou outros materiais de construção. Para essas aplicações devem ser analisadas as viabilidades técnica, econômica e ambiental (Hayrton, 2015).

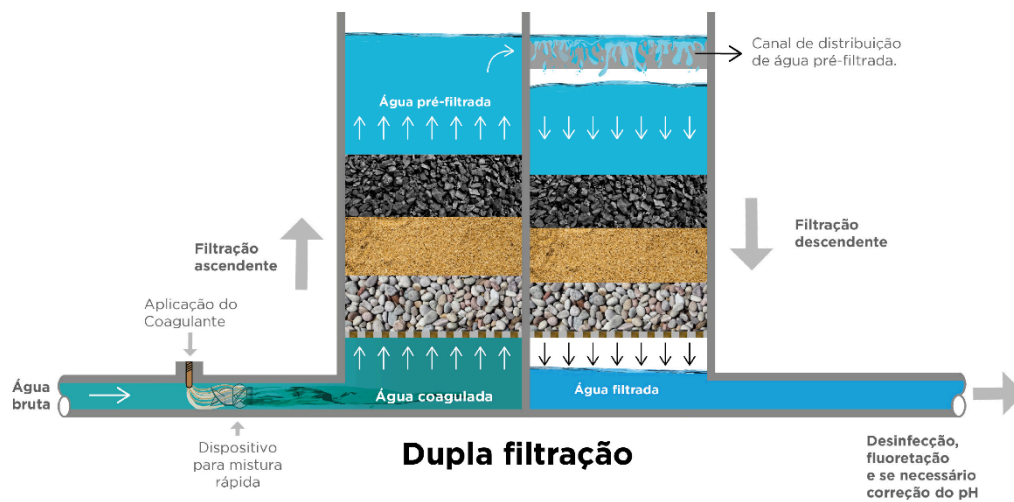
4.4 FILTRAÇÃO

É o processo de passagem da água por filtros de areia ou carvão ativado para remover partículas menores. A filtração é essencial para a remoção de impurezas que não foram eliminadas nas etapas anteriores. De acordo com Von

Sperling (2017), o carvão ativado é especialmente eficaz na remoção de compostos orgânicos e substâncias que conferem odor e sabor à água.

Na Figura 6 pode ser observada a tecnologia da dupla filtração, na qual a água coagulada passa por uma filtração ascendente e, na sequência, uma filtração descendente.

Figura 6. Desenho esquemático de uma tecnologia da Dupla Filtração.



Fonte: CESSA, 2025.

4.5 DESINFECÇÃO

Os processos de desinfecção têm como objetivo a destruição ou inativação de organismos patogênicos, capazes de produzir doenças, ou de outros organismos indesejáveis. Esses organismos podem sobreviver na água por várias semanas, em temperaturas próximas a 21 °C e, em alguns casos, por vários meses, em baixas temperaturas.

Pode-se utilizar cloro, peróxido de hidrogênio, ozônio e radiação ultravioleta, sendo que esse último age por fotólise (quebra de moléculas através da luz) e os outros por oxidação, onde a maior parte da matéria orgânica é oxidada, isso causa a inativação e morte da mesma. A cloração é o método mais comum devido ao seu baixo custo e eficácia, ao entrar em contato com a água, o cloro, forma o ácido hipocloroso, capaz de oxidar a matéria orgânica, evitando que a mesma continue se proliferando.

O uso excessivo de cloro pode gerar subprodutos tóxicos, como os trihalometanos, que são prejudiciais à saúde humana. Os trihalometanos são

considerados compostos carcinogênicos, como o clorofórmio, o bromofórmio, o bromoclorometano e o bromodiodometano, a presença desses compostos na água deve ser evitada. Levantamentos epidemiológicos relacionando a concentração dos trihalometanos com a morbidade e a mortalidade por câncer evidenciaram associações positivas em alguns casos de carcinomas. (MEYER, 1994)

4.6 FLUORETAÇÃO

A fluoretação da água é o ajuste da concentração de fluoreto natural, ou seja, ajustar a água deficiente de fluoreto para o nível recomendado para a saúde bucal no tratamento da cárie (SAAE, 2025). A lei 6050/1974 estabelece a obrigatoriedade do uso da fluoretação para a prevenção de cárie dentária, isso não caracteriza parâmetro de potabilidade, mas como prevenção de saúde bucal.

O serviço de saúde pública dos Estados Unidos calcula que, para cada dólar despendido na fluoretação da água, 36 dólares são economizados no tratamento da cárie (FUNASA, 2012).

Na maior parte do Brasil o teor de flúor utilizado na água é de 0,6 a 0,8 mg/L. A portaria 2.914/2011 estabelece teor máximo de fluoreto de 1,5 mg/L (BRASIL, 2011), tal portaria foi revogada pela Portaria de Consolidação nº 5 de 28/05/2017, essa, mantém o mesmo limite.

4.7 NEUTRALIZAÇÃO

Durante o tratamento, a água entra em contato com produtos químicos que conferem característica de acidez à água e isso precisa ser corrigido. Geralmente, utiliza-se a cal hidratada, Ca(OH)_2 . O objetivo da adição da cal no tratamento de água é estabilizar o pH para que fique o mais próximo do indicador 7,0.

5 DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA

A ausência de um tratamento apropriado da água pode acarretar a disseminação de doenças como cólera, hepatite A, febre tifoide e esquistossomose. Essas doenças são decorrentes de microrganismos presentes na água contaminada e constituem um importante problema de saúde pública, principalmente em regiões onde o saneamento básico é inadequado.

Segundo Tundisi (2018), as doenças de veiculação hídrica são mais prevalentes em áreas com acesso limitado a água tratada e saneamento básico, o que reforça a importância do tratamento adequado da água.

A cólera, causada pela bactéria *Vibrio cholerae*, pode provocar desidratação grave e morte caso não tratada rapidamente. Já a hepatite A é transmitida via água contaminada por fezes, podendo causar inflamações no fígado e complicações graves. Libânio (2017) ressalta que a prevenção dessas doenças está diretamente ligada à qualidade da água consumida pela população.

De acordo com o Instituto Trata Brasil, em 2021, o Brasil registrou aproximadamente 130 mil internações por doenças relacionadas à falta de saneamento básico, como diarreia, hepatite A e leptospirose, gerando um custo de R\$ 108 milhões ao SUS. Desses casos, 70% concentraram-se em regiões com baixa cobertura de tratamento de água e esgoto, especialmente em cidades como Manaus (AM), onde a precariedade no sistema de coagulação e floculação contribuiu para surtos de diarreia em 2023, e Belém (PA), que enfrentou contaminação por excesso de alumínio na água em 2022 (TRATA BRASIL, 2023).

No Rio de Janeiro, falhas no tratamento na ETA Guandu levaram à geosmina na água em 2024, afetando 9 milhões de pessoas e aumentando em 40% os casos gastrointestinais. Esses dados reforçam a urgência de investimentos em saneamento, alinhados aos parâmetros da CONAMA 357/2005, para reduzir impactos na saúde pública (TRATA BRASIL, 2023).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar dos avanços no tratamento de água, ainda existem desafios significativos a serem superados. A universalização do acesso à água tratada é um dos principais, especialmente em áreas rurais e periferias urbanas. Além disso, a falta de investimentos em infraestrutura e a má gestão dos recursos hídricos agravam o problema.

A educação da população também é fundamental para promover o uso consciente da água e a prevenção de doenças. Campanhas de conscientização sobre a importância do tratamento da água e do saneamento básico podem contribuir para a redução da incidência de doenças de veiculação hídrica. A

integração de políticas públicas e a participação da sociedade são essenciais para garantir o acesso universal à água potável.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da saúde. Portaria Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

BRASIL. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

BRASIL. Portaria de Consolidação nº 5/GM/MS, de 28 de setembro de 2017. Anexo XX: Padrão de potabilidade da água para consumo humano.

CESSA. Partes constituintes e tecnologias de tratamento de água. 2025. Disponível em:

https://publica.ciar.ufg.br/ebooks/saneamento-e-saude-ambiental/modulos/5_modulo_saneamento/02-1.html. Acesso em: 11 abr. 2025.

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde. Manual de fluoretação da água para consumo humano. 2012. Disponível em:

https://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/mnl_fluoretacao_2.pdf. Acesso em 13 abr. 2025.

GUVEN. Processo de decantação tratamento de água. 2025. Disponível em:

<https://www.guvsaneamento.com.br/processo-decantacao-tratamento-agua>. Acesso em: 20 de março de 2025.

HAYRTON, C. Tratamento e disposição do lodo de ETA e impactos na qualidade das águas. 2015. Disponível em:

<https://qualidadeonline.wordpress.com/2015/07/14/tratamento-e-disposicao-do-lodo-de-eta-e-impactos-na-qualidade-das-aguas/>. Acesso em: 01 abr. 2025.

LIBÂNIO, Marcelo. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. 3. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2017.

MEYER, Sheila T. O uso de cloro na desinfecção de águas, a formação de trihalometanos e os riscos potenciais à saúde pública. Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 10, n. 1, p. 99-110, mar. 1994. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-311X1994000100011>. Acesso em: 24 jun. 2024.

PLANILHEIRO, E. Decantador circular. 2025. Disponível em:

<https://engenheiroplanilheiro.com.br/produto/decantador-circular/>. Acesso em: 20 abr. 2025.

RUBIM, C. Ação dos floculantes. Revista TAE, 2013. Disponível em: <https://www.revistatae.com.br/Artigo/370/acao-dos-floculadores>. Acesso em: 19 abr. 2025.

RICHTER, Carlos A. Água: métodos e tecnologias de tratamento. 2. ed. São Paulo: Editora Rima, 2018.

SAAE - Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Lajinha. 2025. Disponível em: <https://saaelajinha7.webnode.page/controle-de-qualidade/parametros/fluoretacao/>. Acesso em: 09 abr. 2025.

SAMAE - Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto, Santo Antônio do Paraíso – PR. Tratamento de água e esgoto. 2022. Disponível em: <https://www.samaesap.com.br/noticia/print-noticia/60/tratamento-de-agua-e-esgoto/>. Acesso em: 15 mar. 2025.

TERRA AMBIENTAL. Entenda os processos de tratamento de lodo líquido e lodo sólido. 2020. Disponível em: <https://www.teraambiental.com.br/blog-da-tera-ambiental/entenda-os-processos-de-tratamento-de-lodo-liquido-e-lodo-solido>. Acesso em: 12 mar. 2025.

INSTITUTO TRATA BRASIL. Brasil teve cerca de 130 mil internações por doenças associadas à falta de saneamento em 2021. São Paulo, 2022. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/brasil-teve-cerca-de-130-mil-internacoes-por-doencas-as-sociadas-a-falta-de-saneamento-em-2021/>. Acesso em: 28 abril. 2025. atual].

TUNDISI, José Galizia. Água no século XXI: enfrentando a escassez. São Carlos: Rima, 2018.

VON SPERLING, Marcos. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 4. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2017.