



COMO A QUÍMICA INFLUENCIA NA REMOÇÃO DE CONTAMINANTES DA ÁGUA

Marcos H. S. Farias¹; Jeovane B. Silva²Aline M. T. Sodré³

¹marcoshenrique282002@gmail.com, Universidade do Estado do Pará (UEPA).

²jeovanebarros0605@gmail.com, Universidade do Estado do Pará (UEPA).

³alinesantosn92@gmail.com, Universidade do Estado do Pará (UEPA).

Palavras-Chave: Potabilidade, Contaminação, Desinfecção.

Introdução

A água potável desempenha um papel central na manutenção da vida e na preservação da saúde humana. O acesso a uma fonte de água limpa e segura é essencial para prevenir doenças, garantir a higiene e promover o desenvolvimento sustentável. A água contaminada, por outro lado, pode ser um meio eficaz para a disseminação de doenças, especialmente em áreas onde os sistemas de saneamento e tratamento são deficientes. A falta de água potável afeta diretamente a saúde pública, gerando surtos de doenças de veiculação hídrica, como cólera, febre tifoide e hepatite A (SOUZA et al., 2014).

Além dos impactos na saúde humana, a qualidade da água também é vital para a preservação do meio ambiente. Corpos d'água contaminados podem sofrer processos de degradação, como a eutrofização, que prejudica a biodiversidade aquática e afeta a cadeia alimentar local (BARRETO et al., 2013). Em um cenário de mudanças climáticas, a escassez de água potável tende a agravar-se, especialmente em regiões mais vulneráveis, aumentando a pressão sobre os recursos hídricos naturais. Assim, a gestão eficiente da qualidade da água e a implementação de tratamentos adequados são ações fundamentais para proteger tanto a saúde pública quanto os ecossistemas.

A presença de contaminantes na água é uma das principais causas de preocupações relacionadas à sua qualidade. Estes contaminantes podem ser classificados em várias categorias, conforme sua natureza e origem. Substâncias químicas como pesticidas comumente usados na agricultura, podendo infiltrar-se no solo e contaminar fontes subterrâneas de água, além de serem transportados para rios e lagos. O consumo de água contaminada por pesticidas pode causar problemas de saúde a longo prazo, incluindo disfunções hormonais e doenças crônicas (LOPES; ALBUQUERQUE, 2018).

Os metais pesados como chumbo, mercúrio e arsênio são extremamente tóxicas, mesmo em pequenas quantidades. Essas substâncias podem estar presentes na água devido a descargas industriais e processos de mineração. A exposição prolongada a metais pesados pode levar a problemas neurológicos, renais e até o desenvolvimento de câncer (MICROAMBIENTAL, 2021). Os nitratos provenientes principalmente de fertilizantes agrícolas, representam um sério risco à saúde, especialmente para crianças pequenas. A ingestão de nitratos pode causar a síndrome do bebê azul (metemoglobinemia), que interfere na capacidade do sangue de transportar oxigênio (GEHLE et al., 2013).

Patógenos como bactérias, vírus e parasitas são frequentemente encontrados em águas contaminadas por dejetos humanos e animais, representando um risco significativo à saúde. Bactérias como *Escherichia coli* e coliformes fecais estão associadas a doenças gastrointestinais, como a diarreia, que é uma das principais causas de mortalidade infantil em

países em desenvolvimento. Vírus, como o da hepatite A e o rotavírus, são comuns em águas poluídas por esgoto doméstico não tratado e podem causar surtos de doenças infecciosas. Além disso, parasitas como *Giardia lamblia* e *Cryptosporidium* também podem infectar fontes hídricas, provocando doenças como giardíase e criptosporidiose, que resultam em sintomas graves de diarreia e desidratação (SILVA, 2018¹ e SOUZA et al., 2014).

Dada a ampla gama de contaminantes que podem comprometer a qualidade da água, o tratamento químico da água se torna uma prática indispensável, onde é responsável por eliminar ou reduzir significativamente os contaminantes presentes na água, tornando-a adequada para o consumo humano.

Portanto, o tratamento adequado da água é fundamental para proteger as populações dos riscos associados à ingestão de água contaminada. Ele também desempenha um papel crucial na preservação dos recursos hídricos, garantindo que as fontes de água sejam mantidas seguras e sustentáveis para as gerações futuras. Em um contexto onde a poluição das águas aumenta devido à urbanização, atividades agrícolas intensivas e mudanças climáticas, a implementação e o aprimoramento de técnicas de tratamento de água são mais relevantes do que nunca.

O objetivo desta pesquisa é analisar e compilar informações sobre os métodos químicos utilizados no tratamento de água, com foco na remoção de contaminantes comuns, como pesticidas, metais pesados, microrganismos e sólidos suspensos. A pesquisa busca identificar e descrever estes processos e mostrar a sua relevância para o processo de tratamento de água.

Material e Métodos

Para iniciar a pesquisa, foi realizada uma revisão bibliográfica abrangente e sistemática, com o objetivo de compilar informações relevantes sobre os métodos de tratamento de água e os contaminantes frequentemente encontrados. Essa revisão envolveu a consulta a uma variedade de fontes, incluindo artigos científicos, além de livros técnicos especializados que abordam os princípios e as práticas no campo do saneamento. Também foram analisadas normativas e diretrizes de órgãos reguladores, como a Organização Mundial da Saúde (OMS).

O foco central da pesquisa concentrou-se em processos químicos específicos utilizados no tratamento da água, como coagulação e floculação, que são fundamentais para a remoção de partículas suspensas; cloração, que atua na desinfecção e eliminação de patógenos; oxidação química, que é eficaz na degradação de contaminantes orgânicos e inorgânicos; adsorção com carvão ativado, utilizada para capturar compostos orgânicos voláteis e pesticidas; e precipitação química, que permite a remoção de metais pesados como chumbo e cádmio.

Resultados e Discussão

O tratamento de água é uma etapa fundamental para garantir a segurança do abastecimento hídrico em todo o mundo. Diversos processos químicos são aplicados nas estações de tratamento de água (ETAs) para remover impurezas, eliminar patógenos e ajustar parâmetros como turbidez, pH e presença de contaminantes.

Principais processos químicos usados no tratamento da água:

- **Coagulação e Floculação**

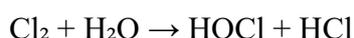
Coagulação e floculação são processos sequenciais usados para desestabilizar e aglomerar partículas suspensas na água, como sólidos orgânicos, argilas e partículas coloidais. Na coagulação, coagulantes são adicionados para neutralizar as cargas elétricas das partículas, facilitando sua aglomeração. Na floculação, ocorre a formação de flocos maiores que, posteriormente, podem ser removidos por sedimentação ou filtração. Os coagulantes mais comumente utilizados incluem o sulfato de alumínio (alume), o cloreto férrico e polímeros catiônicos. Esses produtos têm a função de reduzir a repulsão eletrostática entre as partículas, permitindo que elas se unam e formem agregados maiores, conhecidos como flocos (KONRADT-MORAES, 2009).

As partículas suspensas na água, devido à sua carga elétrica negativa, tendem a se repelir, permanecendo dispersas. O coagulante, ao ser adicionado, neutraliza essas cargas, permitindo que as partículas se aproximem e formem flocos. Esse processo facilita a remoção de sólidos por métodos físicos, como sedimentação ou filtração. A coagulação e a floculação são aplicadas principalmente para remover sólidos suspensos, turbidez, matéria orgânica e alguns micro-organismos da água (KONRADT-MORAES, 2009).

- **Cloração (Desinfecção)**

A cloração é um dos métodos mais tradicionais e eficazes para a desinfecção da água. O processo consiste na adição de compostos de cloro para eliminar ou inativar microrganismos patogênicos, como bactérias, vírus e protozoários, que podem causar doenças transmitidas pela água. Os compostos mais utilizados incluem o cloro gasoso (Cl_2), o hipoclorito de sódio (NaOCl) e o hipoclorito de cálcio (Ca(OCl)_2). Esses compostos reagem com a água, formando ácido hipocloroso (HOCl), o agente desinfetante mais ativo (BRASIL, 2014).

A principal reação da cloração envolve a dissociação do cloro em água, formando ácido hipocloroso e ácido clorídrico:



O ácido hipocloroso (HOCl) é responsável pela desinfecção, e sua eficácia depende do pH da água. Em pH baixo, o HOCl é a forma dominante e mais eficaz para eliminar patógenos.

A cloração é utilizada para remover patógenos, como bactérias, vírus e protozoários, e também oxidar alguns compostos inorgânicos, como ferro e manganês. É um método amplamente aplicado em sistemas de abastecimento de água por sua simplicidade e eficácia. No entanto, o controle rigoroso da dosagem de cloro é essencial para evitar a formação de subprodutos indesejáveis, como trihalometanos (THMs), que podem ser prejudiciais à saúde (BRASIL, 2014).

- **Oxidação Química**

A oxidação química é um processo em que agentes oxidantes são utilizados para degradar ou converter contaminantes presentes na água. Esses agentes promovem reações químicas que resultam na quebra de compostos orgânicos e inorgânicos, facilitando sua remoção (ROSALÉM et al., 2013). Entre os oxidantes mais usados estão o ozônio (O_3), o permanganato de potássio (KMnO_4) e o peróxido de hidrogênio (H_2O_2). Esses oxidantes são

muito eficazes na eliminação de compostos orgânicos recalcitrantes e de metais dissolvidos, como ferro e manganês.

Um exemplo clássico é a reação do ozônio com a água, que resulta na formação de oxigênio ativo:



Esse oxigênio ativo é um agente oxidante extremamente eficaz, capaz de reagir com diversos contaminantes presentes na água. A oxidação química é utilizada para remover compostos orgânicos persistentes, como pesticidas, produtos farmacêuticos e subprodutos industriais, além de metais como ferro e manganês. É também um método de desinfecção muito eficaz, sendo utilizado em estações de tratamento de água que necessitam de uma desinfecção mais potente ou como pré-tratamento para outros métodos (SILVA, 2018²).

- **Adsorção com Carvão Ativado**

A adsorção com carvão ativado é um processo em que contaminantes presentes na água são retidos na superfície do carvão ativado, um material com alta porosidade e grande área superficial, ideal para a adsorção de moléculas orgânicas e alguns compostos inorgânicos. O carvão ativado adsorve substâncias por meio de interações químicas e físicas, como as forças de van der Waals. Moléculas de contaminantes, como compostos orgânicos voláteis (COVs), pesticidas e substâncias que causam sabor e odor na água, se ligam à superfície porosa do carvão, sendo removidas da água (MURANAKA, 2010).

- **Precipitação Química**

A precipitação química é um processo em que reagentes são adicionados à água para formar sólidos insolúveis (precipitados) que podem ser facilmente removidos por sedimentação ou filtração. Os agentes precipitantes mais comuns incluem o hidróxido de cálcio e o sulfato de alumínio. Esses produtos químicos reagem com contaminantes presentes na água, como metais pesados e fósforo, formando compostos insolúveis que precipitam (FERRAZZO et al., 2018).

Um exemplo de precipitação de metais pesados, como o chumbo (Pb^{2+}), envolve a reação com íons hidróxido (OH^-) para formar um precipitado sólido:



A precipitação química é amplamente utilizada para remover metais pesados, como chumbo, cádmio e zinco, e para reduzir a concentração de fósforo, ajudando a prevenir a eutrofização de corpos d'água (FERRAZZO, 2018).

Esses processos, em conjunto, formam um sistema integrado que asseguram a qualidade da água tratada, atendendo a rigorosos padrões estabelecidos por órgãos reguladores. A implementação eficaz dessas técnicas não apenas protege a saúde pública, mas também promove a sustentabilidade dos recursos hídricos. O entendimento e a aplicação dessas práticas são essenciais para garantir que a água que consumimos seja segura e de alta qualidade, um direito fundamental para todos.

Além de garantir a potabilidade da água, a aplicação desses processos químicos desempenha um papel vital na gestão sustentável dos recursos hídricos. O tratamento eficaz reduz a carga de contaminantes nos corpos d'água, minimizando os impactos ambientais e preservando ecossistemas aquáticos. Essa abordagem integrada não apenas atende às necessidades da população, mas também contribui para a conservação da biodiversidade, essencial para a saúde do planeta. À medida que enfrentamos desafios como a escassez de água e a poluição, a adoção de técnicas avançadas de tratamento torna-se cada vez mais necessária.

Ademais, o investimento em tecnologia e inovação no setor de tratamento de água é fundamental para a evolução das práticas de gestão hídrica. A pesquisa contínua sobre novos métodos e a otimização dos já existentes podem levar à melhoria da eficiência e redução de custos operacionais. A capacitação de profissionais e a conscientização da população sobre a importância da água tratada são igualmente cruciais para fortalecer a segurança hídrica. Em suma, a interligação entre ciência, tecnologia e educação é essencial para criar um futuro em que a água limpa e segura seja acessível a todos, reafirmando seu status como um direito humano inalienável.

Conclusões

A análise dos processos químicos utilizados no tratamento de água revela a complexidade e a importância de garantir a potabilidade e a segurança dos recursos hídricos. Através de métodos como coagulação, floculação, cloração, oxidação química, adsorção com carvão ativado e precipitação química, é possível remover eficazmente uma variedade de contaminantes, assegurando que a água atenda aos rigorosos padrões estabelecidos por órgãos reguladores. Esses processos não apenas protegem a saúde pública ao eliminar patógenos e substâncias nocivas, mas também contribuem para a preservação ambiental, ao minimizar a carga de poluentes nos corpos d'água.

A interconexão entre esses métodos e sua implementação eficaz destaca a necessidade de um sistema de tratamento integrado e bem planejado. À medida que enfrentamos desafios globais como a escassez de água e a crescente poluição, é imperativo investir em tecnologia e inovação, além de promover a educação e a conscientização da população. Somente assim conseguiremos garantir que a água que consumimos seja segura, acessível e sustentável, reafirmando seu status como um direito humano fundamental. Em última análise, o fortalecimento das práticas de gestão da qualidade da água não é apenas uma questão de saúde, mas também de justiça social e proteção do meio ambiente para as gerações futuras.

Referências

BARRETO, L. V.; BARROS, F. M.; BONOMO, P.; ROCHA, F. A.; AMORIM, J. S. Eutrofização em rios brasileiros. *Enciclopédia Biosfera*, Goiânia, v. 9, n. 16, p. 2013-2166, jul. 2013.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. Manual de Cloração de Água em Pequenas Comunidades Utilizando o Clorador Simplificado Desenvolvido pela Funasa / **Fundação Nacional de Saúde**. Brasília: Funasa, 2014.

FERRAZZO, S. T.; FERASSO, D.; MARANGONI, M.; SANTOS, M. V.; PARIS J. O.; GASPARETO, T. C.; VARGAS, G. D. L. P. Métodos físicos e químicos para o tratamento de efluentes. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, v. 5, nº. 11. 2018.

GEHLE, K.; COLES, C.; HALL, S. L.; ROBERTS, D.; SMITH, J. *Estudos de Caso em Medicina Ambiental (CSEM): Toxicidade de Nitrato/Nitrito*. Agência para Substâncias Tóxicas e Registro de Doenças (ATSDR), 2013. Disponível em: <http://www.atsdr.cdc.gov/csem/csem.html>. Acesso em: 10 set. 2024.



KONRADT-MORAES, L. C. **Estudo dos processos de coagulação e floculação seguidos de filtração com membranas para a obtenção de água potável**. 2009. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Estadual de Maringá, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Maringá, 2009.

LOPES, C. V. A.; ALBUQUERQUE, G. S. C. Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental: uma revisão sistemática. *Saúde debate*, **SciELO**, v. 42, n. 117, p. 11-14, abr./jun. 2018.

MICROAMBIENTAL. **Análise de metais pesados na água**. Microambiental, 2021. Disponível em: <https://microambiental.com.br/analises-de-agua/analise-de-metais-pesados-na-agua/>. Acesso em: 15 set. 2024.

MURANAKA, C. T. **Combinação de adsorção por carvão ativado com processo oxidativo avançado (POA) para tratamento de efluentes contendo fenol**. 2010. 165 p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Química, São Paulo, 2010.

ROSALÉM, S. F.; AGRIZZI, A. D.; CARDOSO, M. C. M. C.; COELHO, E. R. C. Avaliação de trihalometanos formados na etapa de pré-oxidação com cloro e permanganato de potássio em água de abastecimento. **Revista DAE**, nº. 191. 2013.

²SILVA, D. B. **Ozonoterapia na desinfecção de águas pluviais**. 2018. Monografia (Especialista em Microbiologia Aplicada) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de Microbiologia, Belo Horizonte, 2018.

¹SILVA, D. R. C. da. **Análise da qualidade físico-química e microbiológica da água de bebedouros distribuídos em três escolas públicas da zona rural do município de Arapiraca – AL**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de Alagoas, Campus de Arapiraca, Arapiraca, 2018.

SOUZA, J. R.; MORAES, M. E. B.; SONODA, S. L.; SANTOS, H. C. R. G. A importância da qualidade da água e os seus múltiplos usos: caso Rio Almada, Sul da Bahia, Brasil. **REDE - Revista Eletrônica do Prodema**, Fortaleza, v. 8, n. 1, p. 26-45, 2014.