
ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO: UM LEVANTAMENTO SOBRE ARTIGOS PUBLICADOS.

WATER FOR HUMAN CONSUMPTION: A SURVEY ON PUBLISHED ARTICLES.

Helen Vanuza Auzani Rodrigues¹, Cristiane da Silva Paula de Oliveira^{2*}

1 - Aluna de iniciação científica – Curso de Farmácia – UFPR

2 - Docente do curso de Farmácia. Departamento de Saúde Coletiva da UFPR.

RESUMO:

A água, quando tratada, deve atender à padrões de potabilidade que são exigidos por lei. O tratamento da água envolve várias etapas e entre elas a de desinfecção que deve remover micro-organismos patogênicos. O objetivo deste trabalho foi realizar um levantamento sobre as publicações no Scielo de artigos relacionados ao uso de cloro na desinfecção da água para consumo humano. Uma busca foi realizada com o uso das palavras-chave “cloração” and “cloro” and “água”. Foram localizados 20 artigos sendo 9 relacionados ao tema desejado. Os assuntos mais abordados foram trihalometanos e disruptores endócrinos. Conclui-se que o número de artigos selecionados pode ser considerado baixo. É importante que mais pesquisadores monitorem a água que vem sendo consumida pela população para garantir a saúde ambiental e consequentemente a saúde humana e que divulguem seus trabalhos com maior frequência.

PALAVRAS-CHAVE: Padrões de Potabilidade, cloro, desinfecção

ABSTRACT:

The water, when treated, must meet potability standards that are required by law. Water treatment involves several steps, including disinfection, which must remove pathogenic microorganisms. The objective of this work was to carry out a survey of publications in Scielo of articles related to the use of chlorine in the disinfection of water for human consumption. A search was performed using the keywords “chlorination” and “chlorine” and “water”. Twenty articles were found, 9 of which were related to the desired topic. The most discussed subjects were trihalomethanes and endocrine disruptors. It is concluded that the number of selected articles can be considered low. It is important that more researchers monitor the water being consumed by the population to ensure environmental health and consequently human health, and that they disseminate their work more frequently.

KEY WORDS: Potability Standards, chlorine, disinfection.

1. INTRODUÇÃO

Saúde Ambiental são todos aqueles aspectos da saúde humana, incluindo a qualidade de vida, que estão determinados por fatores físicos, químicos, biológicos, sociais e psicológicos no meio ambiente (OMS, 1993). É área da Saúde Pública responsável pela formulação de políticas que quando implantadas tem a finalidade de reduzir ou eliminar a ocorrência de doenças (BRASIL, 2014a).

Neste contexto, destacam-se os serviços de Saneamento Básico que compreendem

um conjunto de serviços e práticas que visam a promover a qualidade e a melhoria do meio ambiente, contribuindo para a saúde pública e o bem-estar da população (BRASIL, 2020). No Brasil no ano de 2020 foi publicado o Novo marco do Saneamento Básico com o propósito de universalizar e qualificar a prestação dos serviços no setor, com metas a serem alcançadas até o ano de 2033 que garantem que 99% da população brasileira tenha acesso à água potável e 90% ao tratamento e a coleta de esgoto (BRASIL, 2020).

Sobre a água, 83,7% da população Brasileira tinha acesso à rede de água tratada de acordo com dados do Instituto Trata Brasil publicados no ano de 2019, ou seja, é possível que um número elevado de Brasileiros ainda não utiliza água de qualidade e desta forma podem estar em risco de adquirir doenças de veiculação hídrica (TRATA BRASIL, 2021).

A água, quando tratada, deve atender à padrões de potabilidade que são exigidos por legislação (BRASIL, 2021). O tratamento da água envolve várias etapas e entre elas a de desinfecção que tem objetivo de remover micro-organismos patogênicos, e geralmente é realizada com a adição de cloro como agente desinfetante. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi realizar um levantamento sobre as publicações na literatura científica que envolvem o processo de cloração da água para consumo humano.

2. METODOLOGIA

Foi realizado um estudo de revisão na base de dados Scielo (*Scientific Electronic Library Online*) sobre o número de artigos que estavam relacionados ao processo de cloração da água para consumo humano. Foram utilizadas como palavras-chave, para a busca, os termos “cloração” and “cloro” and “água”. Artigo apresentado de forma duplicada foi quantificado somente 1 vez. A partir do total de artigos selecionados foi realizada uma leitura do título e/ou do resumo e quando não estavam relacionados à água para consumo humano, o artigo não foi quantificado. Nos casos em que não foi possível a avaliação por esses elementos, o artigo foi lido na íntegra e incluído ou não nos resultados, se enquadrado ou não nas características pesquisadas. Todos os artigos incluídos na pesquisa foram lidos e informações sobre qual o assunto tratado foram levantadas. Foram excluídos os artigos que não puderam ser acessados na íntegra.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o uso das palavras-chave, foram localizados na base de dados consultada,

20 artigos, sendo que 2 deles foram excluídos por se apresentarem duplicados. Dos 18 encontrados, 3 artigos fizeram referências à água usada para a dessedentação de aves (SCHNEIDER et al., 2016; VALIAS, SILVA, 2001; FURLAN et al, 1999), 4 estavam relacionados à processos de irrigação (MARTINS et al., 2010; RIBEIRO, PATERNIANI, 2008; RIBEIRO et al, 2005; RESENDE et al, 2000) 2 tratavam de água residuárias ou efluentes (CARARO, BOTREL, 2007; BATISTA et al, 2005). Estes 9 artigos foram excluídos por tratarem de assuntos que não estavam enquadrados nos objetivos desta pesquisa. Restaram 9 artigos que foram incluídos por tratarem de água para consumo humano. Eles foram analisados e estão listados na Tabela 1.

TABELA 1 – PUBLICAÇÕES NA BASE DE DADOS SCIELO RELACIONADAS AO PROCESSO DE CLORAÇÃO DA ÁGUA

TÍTULO DO ARTIGO	AUTORES	REVISTA	ANO DE PUBLICAÇÃO
Análise comparativa entre os métodos de cloração e radiação ultravioleta na desinfecção de água contaminada com bactérias	RITT et al.	Revista Ambiente & Água	2021
Estudo do potencial de formação de trihalometanos na lagoa de Extremoz (RN)	OLIVEIRA et al.	Engenharia Sanitária e Ambiental	2020
Validação de método analítico por ELL-CG-EM para detecção de trihalometanos decorrentes da cloração de águas contendo <i>Microcystis</i>	FRANCO et al.	Engenharia Sanitária e Ambiental	2019
Degradação parcial de 17 β -estradiol por cloração aplicada ao tratamento da água	PEREIRA et al.	Eng. Sanit. Ambient.	2013
Studies on the electrochemical disinfection of water containing Escherichia coli using a Dimensionally Stable Anode	GUSMÃO et al.	Braz. arch. biol. technol	2010
Chlorination disinfection by-products in drinking water and congenital anomalies: review and meta-analyses	NIEUWEN HUIJSEN et al.	Ciênc. saúde coletiva	2010
Cloração da água utilizada nas sessões de hemodiálise em hospitais da cidade do Recife-Pernambuco	COELHO et al.	Acta paul. enferm	2009
Pré-tratamento com cloro e ozônio para remoção de cianobactérias	MONDARD O et al.	Eng. Sanit. Ambient	2006
O uso de cloro na desinfecção de águas, a formação de trihalometanos e os riscos potenciais à saúde pública	MEYER	Cad. Saúde Pública	1994

Fonte: O autor (2021)

O assunto mais prevalente nos artigos foi a presença dos chamados trihalometanos (THM) na água para consumo humano. A formação de THMs após o tratamento da água com o uso do cloro foi assunto trabalhado por OLIVEIRA et al.(2020), FRANCO et. al (2019) e MEYER (1999) .

Os resultados obtidos no estudo de Oliveira et al. (2020) indicaram presença de matéria orgânica natural hidrofílica com predominância de ácidos fúlvicos na água bruta do manancial e forte potencialidade para formação dos compostos orgânicos halogenados na água analisada.

Já Franco et al. (2019) desenvolveram e validaram um método para monitoramento da presença de Trihalometanos, propondo ser viável sua utilização nas estações de tratamento de água tendo em vista que possui baixo tempo de análise (< 12 minutos), excelente seletividade, precisão, repetitividade e sensibilidade, com possibilidade de aplicação para análises de rotina.

Os Trihalometanos (THM) são compostos organoclorados, subprodutos do processo de desinfecção formados a partir da reação entre o cloro residual livre e a matéria orgânica natural presente na água bruta de mananciais de superfície. Trihalometanos representam a soma de clorofórmio, diclorobromometano, dibromoclorometano e bromofórmio (MEYER, 1999).

Alguns estudos relacionam a concentração dos THMs com a morbidade e a mortalidade por câncer (MEYER, 1999). Tominaga e Midio já em 1999 estudavam o assunto, e uma revisão realizada pelos autores demonstrou que os subprodutos da cloração são carcinogênicos quando administrados à animais de experimentação, em concentrações muito maiores do que as encontradas na água para consumo humano. De acordo com os autores, os dados epidemiológicos sugerem, mas não provam, que esses subprodutos possam aumentar a incidência de certos tipos de câncer na população humana. Nieuwenhuijsen et al. (2010) realizaram uma metanálise para revisar as evidências epidemiológicas da associação entre a exposição a subprodutos da desinfecção com cloro e a ocorrência de anomalias congênitas e concluíram que apesar de alguns estudos individuais sugerirem uma associação entre subprodutos da desinfecção com cloro e a ocorrência de anomalias congênitas, as meta-análises de todos os estudos disponíveis atualmente demonstraram pouca evidência para tal associação.

Atualmente a Portaria de Potabilidade da água (Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021) estabelece que sejam realizadas análises de subprodutos da desinfecção, e para os THMs existe um valor máximo permitido para a presença de até 0,1mg/mL, sendo

o monitoramento obrigatório apenas nos locais onde ocorra a desinfecção da água por cloraminação (BRASIL, 2021) . Quando as concentrações estiverem abaixo deste valor estabelecido na Portaria, a água pode ser consumida com segurança.

Os subprodutos da desinfecção estão inseridos na Portaria (BRASIL, 2021) na tabela que fornece os padrões de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde. De acordo com Brasil (2020b) as substâncias químicas no geral têm como principal desfecho os efeitos crônicos a partir da ingestão continuada da água durante a vida.

Vários autores concordam da possibilidade da existência de riscos, no entanto, os benefícios em termo de saúde pública são muito superiores (TOMINAGA, MIDIO, 1999). A substituição do cloro por outro desinfetante no tratamento de água pode trazer mais riscos do que benefícios, considerando-se que a redução da incidência de doenças transmissíveis pela água somente foi alcançada com a difusão do emprego da técnica de cloração (MEYER, 1994).

Outro assunto muito relevante em termos de saúde humana, meio ambiente e água de consumo, é a presença dos chamados disruptores endócrinos. Conhecidos também como desreguladores endócrinos, junto com os fármacos de maneira geral e poluentes orgânicos persistentes são classes de substâncias muito investigadas devido, principalmente, aos seus efeitos no meio ambiente, pelo fato de que podem produzir efeitos adversos aos organismos expostos em concentrações muito baixas. Os Desreguladores Endócrinos podem interferir no sistema endócrino de humanos e outros animais e, com isso, afetar a saúde, o crescimento e a reprodução (BILA, DEZOTTI, 2007).

Pereira et al. (2013) avaliaram a eficiência da remoção de 17β -estradiol da água de abastecimento, que é considerado um disruptor endócrino, usando o processo de oxidação com cloro e empregando as doses e tempos de contato normalmente utilizados nas estações de tratamento de água (ETA) no Brasil. Analisando água de poço, que foi clorada no experimento, e diferentes concentrações do hormônio, puderam observar que o processo de cloração contribuiu para a remoção, porém não completa, de estrogênios nas doses de cloro e tempos de contato comumente aplicados nas ETA. Desta forma sugerem que outros tratamentos devem ser associados e outros estudos realizados para confirmação.

O processo de desinfecção também foi assunto dos artigos selecionados. A desinfecção constitui-se na etapa do tratamento da água, cuja função básica consiste na inativação dos micro-organismos patogênicos, realizada por intermédio de agentes físicos

e ou químicos. Existem várias possibilidades de agentes desinfetantes como o cloro, ozônio, dióxido de cloro, radiação ultra violeta, iodo, sais de prata entre outros. De todos os produtos relacionados, o cloro é o mais indicado pelos bons resultados nos processos de desinfecção, baixo custo, acessibilidade e por apresentar efeito residual (BRASIL, 2014b)

Ritt et al.(2021) analisaram o desempenho dos agentes desinfetantes, cloro e radiação UV, separadamente e em conjunto, por meio da inativação das bactérias, *Escherichia coli* e *Pseudomonas aeruginosa*, após 48 horas incubadas, e concluíram que a radiação UV pode ser útil como complemento ao sistemas de tratamento de água. Já Gusmão, Moraes e Bidóia (2010) avaliaram o efeito bactericida da aplicação da eletrólise em água, sem cloro, contaminada com *Escherichia coli* e concluíram que a taxa de inativação foi aproximadamente 99% sendo observado um efeito residual bactericida.

Coelho, Fernandes, e de Holanda (2009) encontraram variações significativas nas dosagens de cloro na água fornecida, por hospitais selecionados, que realizavam hemodiálise em seus pacientes. Do ponto de vista sanitário, as inobservâncias dos padrões de potabilidade estabelecidos em legislação podem causar graves consequências aos pacientes inclusive óbitos. Problema grave com a água utilizada na hemodiálise foi observado no Brasil em 1996., em que 72 pacientes de uma clínica especializada, situada no município de Caruaru (Pernambuco). No processo de investigação concluiu-se através de estudos, que algas cianofíceas predominavam no manancial que abastecia a clínica. Esse episódio impulsionou as autoridades de saúde pública, a estabelecerem critérios para a composição adequada da água a ser utilizada para preparação das soluções de diálise. Desta forma a Portaria no 888/2021 (BRASIL, 2021) exige que sejam realizadas análises para a detecção de microcistinas e saxitoxinas, que são toxinas produzidas por algumas espécies de cianobactérias que podem causar vários agravos à saúde humana. No entanto, depois do grave episódio envolvendo a água usada em hemodiálise, regulamentações específicas foram publicadas com regras bem definidas para este serviço.

Ainda de acordo com a Portaria no 888/2021 (BRASIL, 2021) é obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L de cloro residual livre ou 2 mg/L de cloro residual combinado ou de 0,2 mg/L de dióxido de cloro em toda a extensão do sistema de distribuição (reservatório e rede) e nos pontos de consumo. A manutenção do residual de cloro é importante para garantir que não haja contaminação por micro-organismos durante todo o percurso desde o tratamento até sua chegada ao consumidor.

Ainda com relação às algas, Mondardo, Sens, Melo Filho (2006) investigaram o

desempenho da ozonização e da cloração utilizadas em água de manancial com elevada concentração de microalgas e cianobactérias. Posteriormente a água foi submetida à Filtração Direta Descendente, seguida de desinfecção por cloro. Eles observaram que o emprego da ozonização demonstrou ser uma excelente alternativa para o pré-tratamento produzindo água filtrada condizente com o padrão de potabilidade estabelecidos em Portaria.

4. CONCLUSÃO

Levando em conta que não foram estabelecidos período para a busca realizada e a importância do tema água para consumo humano, conclui-se que o número de artigos selecionados (n=9) pode ser considerado baixo. Ressalta-se a importância de assuntos como trihalometanos e disruptores endócrinos encontrados na pesquisa, além da água de uso em hemodiálise. É importante que mais pesquisadores monitorem a água que vem sendo consumida pela população para garantir a saúde ambiental e conseqüentemente a saúde humana e que divulguem seus trabalhos com maior frequência.

5. REFERÊNCIAS

BATISTA, R. O.; SOARES, A.A.; MATOS, A. T.; MANTOVANI, E.C. Efeito do efluente de lagoa de maturação em gotejadores com e sem tratamento químico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, (Suplemento), p.62-65, 2005.

BILA, D. M.; DEZOTTI, M. Desreguladores endócrinos no meio ambiente: efeitos e conseqüências. *Quim. Nova*, v. 30, n. 3, p. 651-666, 2007.

BRASIL. PORTARIA GM/MS Nº 888, DE 4 DE MAIO DE 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562> Acesso em: 29/08/2021.

BRASIL. Presidência da República. LEI Nº 14.026, DE 15 DE JULHO DE 2020a. Atualiza o marco legal do saneamento básico. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/

_ato2019-2022/2020/lei/L14026.htm. Acesso em: 29/08/2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Saúde Ambiental, do Trabalhador e Vigilância das Emergências em Saúde Pública. Curso básico de vigilância da qualidade da água para consumo humano: módulo III–Qualidade da água para consumo humano. Brasília. Ministério da Saúde, 2020b.20p.

BRASIL. PORTARIA N° 586, DE 14 DE JULHO DE 2014. Dispõe sobre as diretrizes para atuação em Educação em Saúde Ambiental na FUNASA. BRASIL 2014a Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/funasa/2014/prt0586_14_07_2014.html Acesso em: 29/08/2021.

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, 2014b. 36 p.

CARARO, D. C.; BOTREL, T. A. Uso de cloração e ar comprimido no controle do entupimento de gotejadores ocasionado pela aplicação de água residuária. Eng. Agríc. v. 27, n. 2, p. 336-345. 2007.

COELHO, A. A. S.; FERNANDES, G. C. F.; DE HOLANDA, J. O. S. Cloração da água utilizada nas sessões de hemodiálise em hospitais da cidade do Recife-Pernambuco. **Acta Paul Enferm.** v. 22, p. 540-542. 2009.

FRANCO, E. S.; FERREIRA, A. F. A.; SILVA, D. F.; CAMARGO, J. A.; PÁDUA, A. L.; RODRIGUES, J. L.; RODRÍGUEZ, M. D.V.; GIANI, A. Validação de método analítico por ELL-CG-EM para detecção de trialomitanos decorrentes da cloração de águas contendo Microcystis. **Eng Sanit Ambient.** v. 24, n. 5, p. 1003-1012. 2019.

FURLAN, R. L.; MACARI, M.; MALHEIROS, E. B.; INGRACI, C.; HELENA TORRES MEIRELES, H. T. Efeito da Cloração da Água de Beber e do Nível Energético da Ração sobre o Ganho de Peso e Consumo de Água em Frangos de Corte. **Rev. bras. zootec.**, v.28, n.3, p.542-547, 1999.

GUSMÃO, I. C. C. P.; MORAES, P. B.; BIDOIA, E. D. Studies on the Electrochemical Disinfection of Water Containing *Escherichia coli* using a Dimensionally Stable Anode. **Braz. Arch. Biol. Technol.** v. 53, n. 5, p. 1235-1244. 2010.

MEYER, S. T. O Uso de Cloro na Desinfecção de Águas, a Formação de Trihalometanos e os Riscos Potenciais à Saúde Pública. **Cad. Saúde Públ.**, v. 10, n. 1, p. 99-110. 1994.

MONDARDO, R. I.; SENS, M. L.; MELO FILHO, L.C. Pré-tratamento com cloro e ozônio para remoção de cianobactérias. **Eng. sanit. ambient.** v. 11, n. 4, p. 337-342, 2006.

NIEUWENHUIJSEN, M. J.; MARTINEZ, D.; GRELLIER, J.; BENNETT, J.; BEST, N.; ISZATT, N.; VRIJHEID, M.; TOLEDANO, M. B. Chlorination disinfection by-products in drinking water and congenital anomalies: review and meta-analyses. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 15, n. 2, p. 3109-3123, 2010.

OLIVEIRA, R. R.; ARAÚJO, A. L. C.; DUARTE, M. A. C. Estudo do potencial de formação de trihalometanos na lagoa de Extremoz (RN). *Eng Sanit Ambient.*, v. 25, n. 2, p. 315-322. 2020.

OMS. Organização mundial da saúde. In: Funasa – Fundação Nacional da Saúde. Definição de Saúde ambiental 1993. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/saude-ambiental-para-reducao-dos-riscos-a-saude-humana> Acesso em 29/08/2021.

PEREIRA, R. O.; CARMINATO, V. M.; VIEIRA, E. M.; DANIEL, L.A. Degradação parcial de 17 β -estradiol por cloração aplicada ao tratamento da água. **Eng Sanit Ambient.** v. 18, n. 3, p. 215-222. 2013.

RESENDE, R. S.; COELHO, R. D.; PIEDADE, S. M. S. EFICIÊNCIA DA CLORAÇÃO DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO NO TRATAMENTO DE GOTEJADORES COM ENTUPIMENTO DE CAUSA BIOLÓGICA. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.3, p.382-389, 2000.

RIBEIRO, T. A. P.; AIROLDI, R. P. S.; PATERNIANI, J. E. S.; DA SILVA, M. J. M. Variação temporal da qualidade da água no desempenho de filtros da água utilizados na irrigação por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.** v.9, n.4, p.450-456, 2005.

RIBEIRO, T. A. P.; PATERNIANI, J. E. S. Microaspersores entupidos devido a problemas de ferro na água. *Cienc. Rural*. v. 38, n. 5. p.1456-1459. 2008.

RITT, B.S.; ANDRÉ LUÍS TEIXEIRA FERNANDES, A. L. T.; THEDEI JÚNIOR, G. Análise comparativa entre os métodos de cloração e radiação ultravioleta na desinfecção de água contaminada com bactérias. **Rev. Ambient. Água**. V. 16, n. 2, p. 1-9., 2021.

SCHNEIDER, A.F.; ALMEIDA, D.S.; MORAES, A.N.; PICININ, L.C.A.; OLIVEIRA, V.; GEWEHR, C.E. Chlorinated drinking water for lightweight laying hens. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec*. v. 68, n. 6, p. 1690-1696, 2016.

TOMINAGA, M. Y.; MIDIO, A. F. Exposição humana a trihalometanos presentes em água tratada. **Rev. Saúde Pública**, v. 33, n. 4; p. 413-21,1999.

TRATA BRASIL – INSTITUTO. Principais estatísticas - Disponível em: <https://www.tratabrasil.org.br> > principais-estatisticas Acesso em: 28/08/2021.

VALIAS, A.P.G.S.; SILVA, E.M. Estudo Comparativo de Sistemas de Bebedouros na Qualidade Microbiológica da Água Consumida por Frangos de Corte. *Braz. J. Poult. Sci*. v. 3, n. 1, 2001.

Autor(a) para correspondência:
Cristiane da Silva Paula de Oliveira
Email: cristiane.paula@ufpr.br
Departamento de Saúde Coletiva da UFPR.
Recebido: 29/08/2021 Aceite: 12/01/2022