

GESTÃO DE RISCO EM SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO: UMA REVISÃO SOBRE A APLICAÇÃO PARA PREVENÇÃO DO RISCO A SAÚDE

Marisa Melo Costa (UFT) E-mail: marisa.costa@mail.uft.edu.br

Giulliano Guimarães Silva (IFTO): giulliano.silva@ifto.edu.br

Cláudia da Silva Aguiar Rezende (IFTO): claudia@ifto.edu.br

Joel Zukowski (UFT) E-mail: zukowski@uft.edu.br

Resumo: Segurança da água para abastecimento público é uma preocupação mundial. As Diretrizes para a Qualidade da Água Potável (GDWQ) publicadas pela Organização Mundial de Saúde (OMS) desde 1958 norteiam os procedimentos legislativos em muitos países. A transição da abordagem condicionada a conformidade de padrões estabelecidos para uma gestão preventiva de risco da captação ao consumidor final vem ganhando destaque. O objetivo desta revisão sistemática de literatura foi analisar a gestão do risco a saúde da água potável. A busca realizada na base de dados da Science Direct Elsevier utilizando as palavras-chave "water safety", "water supplies" e "risk management" retornou 146 publicações, sendo 16 selecionadas para análise após aplicação dos critérios de inclusão e exclusão. A extração dos dados identificou 07 aspectos estudados referentes à gestão de risco a saúde: (i) Diretrizes e Regulamentos; (ii) Avaliação Quantitativa de Risco Microbiano (QMRA); (iii) Planos de Segurança da Água; (iv) Análise de Confiabilidade Humana (HRA); (v) Avaliação de Risco a Saúde (HRA); (vi) Relacionamento entre agências e (vii) Mudanças Climáticas. Os dados analisados pelas publicações abordaram a gestão do risco a saúde pela água potável em 27 países. Identificou-se que o gerenciamento do risco tem sido praticado pelas companhias de saneamento tanto em países que regulamentaram essa prática quanto nos que não o fizeram; a transição de uma abordagem de segurança reativa para preventiva é influenciada pelo estilo regulatório do país e a comunicação interinstitucional é o ponto chave para a implementação eficaz do gerenciamento de riscos na abordagem da captação ao consumidor.

Palavras-chave: Gestão de risco; Segurança da água; Abastecimento público.

RISK MANAGEMENT IN WATER TREATMENT SYSTEMS FOR PUBLIC SUPPLY: A REVIEW ON APPLICATION FOR HEALTH RISK PREVENTION

Abstract: The security of water for public supply is a global concern. The Drinking Water Quality Guidelines (GDWQ) published by the World Health Organization (WHO) since 1958, guide legislative procedures in many countries. The transition from an conditioned approach to compliance with established quality standards to a preventive risk management from source to tap has been gaining prominence. The objective of this work was, through a systematic literature review, to analyze in a global scope the health risk management of water for public supply. The search performed in the Science Direct Elsevier database using the keywords "water safety" and "water supplies" and "risk management" initially returned 146 publications, 16 of which were selected for analysis after applying the inclusion and exclusion criteria. Data extraction allowed the identification of 07 studied aspects related to health risk management, namely: (i) Guidelines and Regulations; (ii) Quantitative Microbial Risk Assessment (QMRA); (iii) Water Safety Plans; (iv) Human Reliability Analysis (HRA); (v) Health Risk Assessment (HRA); (vi) Relationship between agencies and (vii) Climate Change. The data analyzed by the publications addressed the management of health risk through drinking water in 27 countries. It was identified that risk management has been practiced by water treatment companies both in countries that have regulated this practice and in those that did not; the transition from a reactive to a preventive security approach is influenced by the country's regulatory style and that inter-institutional communication is the key point for the effective implementation of risk management in the approach from source to tap.

Keywords: Risk management; Water safety; Water supplies.

1. Introdução

Para a Organização Mundial da Saúde (OMS) e seus países membros, “todas as pessoas, em quaisquer estágios de desenvolvimento e condições socioeconômicas, têm o direito de ter acesso a um suprimento adequado de água potável e segura” (OMS, 2011).

Sendo este o objetivo do setor de serviços de água, alcançá-lo significa produzir e fornecer água que não representa riscos microbiológicos e químico significativo à saúde, que seja aceitável para os consumidores em termos de sabor, odor e aparência, e que tenha fornecimento confiável em termos de qualidade e quantidade.

As primeiras Normas Internacionais de Água Potável especificamente dedicada à qualidade da água para consumo humano foram publicadas em 1958 pela OMS e, junto as revisões subsequentes na década de 1980, representaram um avanço na proteção à saúde pública, fornecendo uma avaliação dos riscos à saúde originados em microrganismos, produtos químicos e radionuclídeos e servindo de base para o estabelecimento de políticas públicas e procedimentos regulatórios em diversos países (HAMILTON, GALE & POLLARD, 2006; VIEIRA & MORAES, 2005).

Diferentes abordagens podem ser usadas para garantir a segurança da água potável. A estrutura baseada em riscos fornecida pela OMS para o gerenciamento da segurança da água potável tem como componentes principais: usar resultados de saúde pública para definir níveis toleráveis de contaminantes na água potável (metas baseadas na saúde); implementação de Planos de Segurança da Água (PSA) incorporando nestes a identificação de perigos e medidas de controle, monitoramento de processos ou desempenho de barreira; implementação de planos de gestão incluindo documentação e comunicação; e revisão e auditoria dos planos (OMS, 2011)

O conceito de PSA surge em 2004 como parte das recomendações da OMS para a qualidade da água potável, especificamente na publicação Diretrizes para a Qualidade da Água Potável (GDWQ). São ferramentas metodológicas de avaliação e gerenciamento de riscos à saúde, associados aos sistemas de abastecimento de água, desde a captação até o consumidor, cujo uso facilita a implementação dos princípios de múltiplas barreiras, boas práticas e gerenciamento de riscos (BRASIL, 2012).

Gerenciar riscos de forma eficaz requer a tomada de decisões sensatas dentro das limitações de conhecimento e recursos. A gestão de risco é um exercício de tomada de decisão sob incerteza (HRUDEY, HRUDEY & POLLARD, 2006). Uma cooperação estreita entre fornecedores de água, governos, agências de saúde, agências ambientais, usuários da terra e outros grupos de interessados é necessária para manter e promover a segurança da água potável (HAMILTON, GALE & POLLARD, 2006).

Práticas de gerenciamento de risco da captação ao consumidor pressupõem uma abordagem de segurança preventiva em detrimento da metodologia clássica reativa de monitorização de conformidade do produto final. Deve ser utilizada como forma de estruturar o processo de decisão, constituindo o ponto de partida para o estabelecimento de procedimentos que enfatizam o papel fundamental que o consumo de água em segurança assume na proteção da saúde pública (VIEIRA & MORAES, 2005).

Essa revisão sistemática de literatura objetiva conhecer os aspectos estudados relativos à gestão do risco a saúde da água para abastecimento público.

2. Método

2.1 Protocolo de revisão sistemática

Para direcionamento da pesquisa, considerando a amplitude do tema gestão de risco em sistemas de tratamento de água, elaborou-se a pergunta “Quais aspectos têm sido estudados para aplicação da gestão do risco a saúde da água para abastecimento público?”. As palavras chaves “water safety” and “water supplies” and “risk management” foram eleitas para as buscas na base de dados on-line da Science Direct Elsevier, realizadas até o dia 19 de junho de 2021.

As publicações retornadas foram submetidas ao processo de triagem em três momentos: 1) através do filtro “Research articles” disponível página da base de dados; 2) através da leitura do título e do abstract e 3) através da leitura na íntegra dos estudos aprovados anteriormente; sendo considerados para 2 e 3 os seguintes critérios para inclusão e exclusão:

Critérios de inclusão

- Publicadas na língua inglesa;
- Artigos de pesquisa;
- Baseados na abordagem de gestão de risco a saúde;
- Relacionados a sistemas de abastecimento público de água.

Critérios de exclusão:

- Artigos de revisão;
- Estudos relacionados a matrizes que não fossem água de mananciais superficiais ou subterrâneos para abastecimento público;
- Estudos que não abordavam diretamente a segurança da água para abastecimento público.

Não foi estabelecido recorte temporal como item de exclusão dos estudos.

3. Resultados e Discussões

Inicialmente, foram identificados 147 estudos. Aplicando-se o filtro “Research articles”, disponível na base de dado, 69 artigos foram triados. Após a leitura dos resumos, 39 textos foram excluídos por não estarem aderentes ao tema e 08 por serem artigos de revisão. Dos 23 trabalhos conduzidos para leitura integral 07 foram excluídos da análise por não abordarem diretamente a segurança da água para abastecimento público e 01 cuja matriz estudada não era água de mananciais superficiais ou subterrâneos para abastecimento público. A Figura 01 mostra as etapas da revisão da literatura e o número de publicações incluídas.

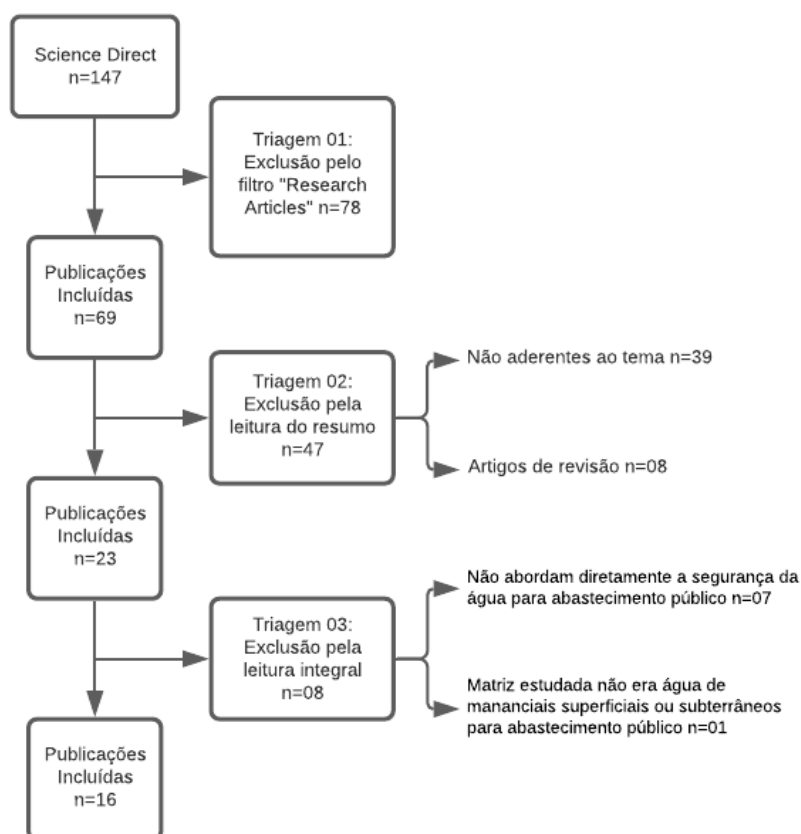


Figura 1 – Fluxograma de busca de artigos. Fonte: Autor (2021)

As publicações estudadas (Tabela 1) analisaram dados referentes a 26 países distribuídos pela Europa (17), Ásia (3), América do Norte (2), Oceania (2), América Central (1) e América do Sul (1). Foram encontrados 07 aspectos estudados referentes à gestão de risco a saúde, quais sejam: 04 (25%) Diretrizes e Regulamentos, 04 (25%) Avaliação Quantitativa de Risco Microbiano (QMRA), 04 (25%) Planos de Segurança da Água, 01 (6,25%) Análise de Confiabilidade Humana (HRA), 01 (6,25%) Avaliação de Risco a Saúde (HRA), 01 (6,25%) Relacionamento entre agências e 01 (6,25%) Mudanças Climáticas.

Tabela 1 - Características descritivas dos estudos Gestão de Riscos incluídos.

Título inglês	País de origem dos dados	Aspecto Estudado	Aplicação na Gestão de Risco
A theoretical approach to using faecal indicator data to model norovirus concentration in surface water for QMRA: Glomma River, Norway	Noruega	Avaliação Quantitativa de Risco Microbiano (QMRA)	Desenvolvimento e aplicação em estação de tratamento de água na Noruega de um modelo para Avaliação Quantitativa de Risco Microbiano (QMRA) capaz de estimar a concentração de norovírus nas águas superficiais com base em dados de monitoramento de indicadores, E. coli e Clostridium perfringens, combinados com suposições específicas sobre a fonte de contaminação fecal.

How current risk assessment and risk management methods for drinking water in The Netherlands cover the WHO water safety plan approach	Holanda	Diretrizes e Regulamentos	Identificar componentes de RA / RM aplicados na política e legislação e atividades em todas as dez empresas holandesas de água potável e determinar até que ponto essas atividades de RA / RM como um todo cobrem os elementos da abordagem PSA da OMS.
Water safety plans and risk assessment: A novel procedure applied to treated water turbidity and gastrointestinal diseases	Florença	Avaliação Quantitativa de Risco Microbiano (QMRA)	Proposição de procedimento para determinar o risco associado à turbidez da água potável em termos do número incremental de episódios de gastroenterite por dia.
A comparative analysis of current microbial water quality risk assessment and management practices in British Columbia and Ontario, Canada	Canadá	Diretrizes e Regulamentos	Exame das maneiras como diferentes agências e profissionais canadenses aplicam conceitos e ferramentas relacionadas à avaliação e gestão microbiana, descrevendo as práticas atuais e situando-as em relação à literatura e às melhores práticas da avaliação e gestão de riscos.
An examination of the potential added value of water safety plans to the United States national drinking water legislation	EUA	Diretrizes e Regulamentos	Comparação entre os regulamentos de água potável dos EUA e as etapas do PSA para analisar as semelhanças e diferenças entre eles e identificar como os PSAs podem complementar os regulamentos de água potável nos EUA para melhorar a qualidade da água potável e a saúde humana.
Policy, practice and decision making for zoonotic disease management: Water and Cryptosporidium	Inglaterra	PSA	Estudo qualitativo e quantitativo da interação entre as informações científicas, a mídia e as políticas emergentes de gestão de risco do governo e da empresa durante o curso de surtos de Cryptosporidium em andamento para examinar as decisões de gerenciamento.
Safe drinking water: Critical components of effective inter-agency relationships	Austrália, Canadá, Reino Unido e Estados Unidos	Relacionamento entre agências	Pesquisa qualitativa para compreender as lacunas críticas nas relações interinstitucionais que agravaram os incidentes anteriores de água potável e saúde e, a partir desses, determinantes identificados de relacionamentos eficazes.
Application of QMRA to prioritise water supplies for Cryptosporidium risk in New South Wales, Australia	Austrália	Avaliação Quantitativa de Risco Microbiano (QMRA)	Desenvolver uma abordagem específica de avaliação de risco de Cryptosporidium para os sistemas regionais de água potável, a fim de identificar e priorizar os sistemas onde a filtragem eficaz (< 0,2 NTU para cada filtro individual) deve ser garantido.
Spatial variation of health risk of groundwater for drinking water supply in Mingshan County, Ya'an City, China	China	Avaliação de risco a saúde (HRA)	Investigação do nível de risco e as causas da água potável não segura de águas subterrâneas e ordens de tratamento de poluentes com produção de Mapas temáticos de distribuição espacial de riscos à saúde no ArcGis que fornecem uma base científica para a decisão e gestão da água subterrânea para abastecimento de água potável.

Development of a relative risk model for drinking water regulation and design recommendations for a peri urban region of Argentina	Argentina	Avaliação Quantitativa de Risco Microbiano (QMRA)	Desenvolvimento de modelo de Avaliação qualitativa de risco microbiológico para demonstrar a diferença relativa de perigo patogênico entre o cumprimento do padrão regulatório e a abordagem de avaliação de risco a saúde.
A role for human reliability analysis (HRA) in preventing drinking water incidents and securing safe drinking water	Dinamarca EUA, Japão Finlândia Inglaterra Canadá Noruega Suécia Itália Bermuda Austrália Escócia Irlanda Suíça Nova Zelândia	Análise de confiabilidade humana	Aplicação da analogia de modelo de incidentes organizacionais de Reason, 'queijo suíço', para melhorar a confiabilidade humana em operações de abastecimento de água, com o auxílio da análise de confiabilidade humana (HRA).
Time series study of weather, water quality, and acute gastroenteritis at Water Safety Plan implementation sites in France and Spain	França e Espanha	PSA	Exame da associação entre clima e indicadores de qualidade de água e como o estágio de implementação de PSAs modificou essas relações.
Status of risk-based approach and national framework for safe drinking water in small water supplies of the Nordic water sector	Dinamarca, Ilhas Faroé, Finlândia, Groenlândia, Islândia, Noruega, Suécia, Ilhas Åland	Diretrizes e Regulamentos	Diagnóstico das estruturas nórdicas para o abastecimento de água potável, com ênfase em abordagens baseadas em risco para sistemas menores. Analisando as estruturas legais para água potável, a estrutura do setor de água nos países nórdicos e explorando como esses países estão preparados para atender aos requisitos da futura diretiva da União Europeia sobre água potável que exige abordagens baseadas no risco e maior transparência na qualidade da água.
Whither regulation, risk and water safety plans? Case studies from Malaysia and from England and Wales	Malásia, Inglaterra e País de Gales	PSA	Exame da interação entre a gestão preventiva de riscos e o estilo regulatório para o planejamento da segurança da água, dada as mudanças organizacionais necessárias para garantir a gestão de risco preventiva e proativa por meio da adoção de PSAs dentro das concessionárias de água e entre suas partes interessadas.
Water quality, compliance, and health outcomes among utilities implementing Water Safety Plans in France and Spain	França e Espanha	PSA	Avaliação dos resultados da aplicação de PSA em grandes sistemas de água potável na França e Espanha.
Experts' understandings of drinking water risk management in a climate change scenario	Suécia	Mudanças Climáticas	Análise de como os especialistas suecos entendem o risco para a água potável em um cenário de mudança climática e como eles raciocinam sobre os desafios para a gestão de riscos e estratégias de adaptação.

Fonte: Autor (2021)

Boholm & Prutzer (2017) associaram as mudanças climáticas como um fator de risco a qualidade da água exemplificando com: 1) O aumento da temperatura que favorece o crescimento microbiano e, ocorrendo no sistema de distribuição associado a um tratamento de água ineficaz, contaminará a água potável podendo afetar a saúde pública e 2) As chuvas fortes que causam inundações provocando transbordamento do sistema de águas residuais para os mananciais e/ou para o sistema de distribuição resultando também na contaminação microbiana da água potável. Citou ainda que a adaptação à mudança climática em relação ao abastecimento de água potável exigirá uma nova integração do conhecimento das relações de risco sistêmico, em combinação com uma colaboração de agências mais eficiente com base em uma demarcação clara de responsabilidades entre os atores.

Avaliação Quantitativa de Risco Microbiológico (QMRA) é uma ferramenta valiosa dentro da gestão de risco capaz de projetar uma probabilidade estimada de efeitos deletérios na saúde por exposição a perigos patogênicos. Sua condução inclui uma descrição do sistema, bem como a identificação de possíveis riscos microbianos e eventos perigosos e um requisito de monitoramento da fonte a distribuição (RODRIGUEZ-ALVAREZ *et al.* 2015; VAN DEN BERG *et al.* 2019).

Definir prioridades sobre como os recursos podem ser usados para melhorar a segurança da água potável é uma atividade essencial das concessionárias e reguladores em todos os ambientes globais. Através da condução de uma QMRA informação científica é gerada possibilitando a comparação objetiva entre sistemas (PETTERSON *et al.*, 2021; MUOIO *et al.*, 2020), a avaliação de eficácia do sistema quanto a produção de água potável, o monitoramento direcionado para identificação e estabelecimentos de limites críticos para pontos críticos de controle (PETTERSON, STENSTRÖM & OTTOSON, 2016), a projeção da probabilidade estimada de efeitos deletérios à saúde da exposição a perigos patogênicos (RODRIGUEZ-ALVAREZ *et al.*, 2015) e o desenvolvimento de estratégias eficazes de gestão com foco nas vulnerabilidades do sistema (PETTERSON, STENSTRÖM & OTTOSON, 2016) permitindo o direcionamento dos recursos para a maior necessidade e para onde os maiores ganhos em saúde podem ser realizados, pois mesmo que altos riscos possam ser presumidos, a quantificação desses riscos dá peso de evidência às decisões e projetos para lidar com esses riscos (PETTERSON *et al.*, 2021; RODRIGUEZ-ALVAREZ *et al.*, 2015).

A metodologia de Avaliação de Risco à Saúde (HRA) é um instrumento de avaliação importante que associa poluição ambiental com a saúde humana. De acordo com Ni *et al.* (2010) através de uma HRA a qualidade ambiental da água e os perigos a saúde pública podem ser ligados quantitativamente, o grau de dano causado por fatores químicos ou físicos ao público pode ser descrito quantitativamente e conclusões abrangentes da qualidade ambiental podem ser extraídas diretamente. Associada com Mapas temáticos de distribuição espacial de riscos à saúde gerados com a ferramenta ArcGis, como feito pelo citado autor, fornece uma base científica para a decisão e gestão de água subterrânea para abastecimento de água potável.

Muitos incidentes com água potável duram longos períodos, desde o período inicial de contaminação até a restauração da qualidade da água potável. A gestação de um incidente típico de água potável dá-se em quatro fases: 1) Contaminação: tempo decorrido desde a ocorrência de uma causa desencadeadora capaz de contaminar a água potável até o momento em que a água potável seja efetivamente contaminada; 2) Detecção: identificação de anormalidades associadas à água contaminada por consumidores ou sistemas de monitoramento de qualidade; 3) Alarme: tempo entre as anormalidades serem detectadas e os avisos serem sinalizados; 4) Reconhecimento: momento em que os avisos sobre

anormalidades recebem de fato atenção suficiente e 5) Investigação e recuperação (WU *et al.*, 2009).

Os incidentes no setor de água são combinações de muitos erros, no entanto, os incidentes de água potável envolvem, frequentemente, erros humanos como falta de vigilância suficiente em relação aos sinais de alerta (que podem levar a tais incidentes), projeto de sistema deficiente, instalação inadequada e má manutenção (WU *et al.*, 2009). O erro humano ameaça a gestão de risco da água potável devido a uma série de fatores relacionados a deficiências organizacionais: falta de cumprimento dos planos de segurança, falta de conhecimento e experiência, falta de cooperação e tomada de decisão inadequada (BOHOLM & PRUTZER, 2017).

Embora não haja oportunidade de recall depois que a água potável é fornecida, a ação responsiva dos fornecedores de água e agências de saúde ainda pode reduzir os impactos sobre os consumidores (WU *et al.*, 2009).

Em uma emergência de água potável, todos os participantes dependem uns dos outros para obter informações críticas relacionadas à investigação de incidentes, controle de contaminação e comunicação pública.

Uma boa cooperação é crítica para o gerenciamento de incidentes bem-sucedido. Jalba *et al.* (2010) sugere que uma relação colaborativa eficaz entre concessionárias de água e Agências Reguladoras deve reconhecer uma estrutura preventiva onde: (i) uma forte cultura organizacional de confiabilidade; (ii) aprendizagem contínua e treinamento intensivo; (iii) padrões de comunicação eficazes e variados; (iv) dinâmica de tomada de decisão adaptável e estruturas organizacionais flexíveis; (v) redundância de sistema e humana (margens de segurança retidas); (vi) procedimentos precisos de gerenciamento de tecnologia; e (vii) práticas de gestão de recursos humanos que apoiam a confiabilidade são componentes necessários para relacionamentos institucionais ideais. Uma falha em qualquer um dos componentes representa um elemento que pode contribuir negativamente para um futuro incidente. Reforça ainda que uma empresa de serviços públicos verdadeiramente consciente dos riscos deve se esforçar para alcançar todos os seis componentes de relacionamento em suas relações com suas respectivas Agências Reguladoras.

Comunicação interinstitucional é um ponto chave para a implementação eficaz de PSAs, notadamente, na execução dos protocolos de comunicação de risco a saúde em situações emergenciais, previstos nos planos de gestão.

Avaliação do sistema, monitoramento operacional e planos de gestão são, de forma global, as etapas para o desenvolvimento de um PSA. Utilizando uma abordagem que engloba todas as etapas do fornecimento de água, desde a captação até o consumidor, é recomendado pela OMS desde 2004 como o instrumento mais efetivo de avaliação e gerenciamento dos riscos.

O trabalho de Setty *et al.* (2018) identifica que uma associação protetora entre precipitação mais forte e resultados de saúde apareceu após a implementação do PSA em sistema de tratamento da França, sugerindo que as melhorias recomendadas e incorporadas ao tratamento foram eficazes. Também em outro sistema francês a relação entre turbidez e gastroenterite aguda parece ter enfraquecido no período pós PSA. Os autores destacam também que intervenções proativas de gestão da água potável (como os PSAs) podem influenciar os resultados de saúde pública por enfatizarem os controles proativos do processo na produção de água potável, onde o teste do produto final simplesmente verifica a eficácia das medidas de gerenciamento de risco.

É esperado que os resultados dos PSAs variassem entre os locais, uma vez que a própria intervenção é adaptada às necessidades dos sistemas e se traduzem em melhora da qualidade

da água, aumento da conformidade regulatória, melhora da saúde pública e aumento da economia de custos do sistema.

Nos EUA onde os atuais regulamentos nacionais impõem um conjunto de padrões para todos os sistemas de água potável e não oferecem incentivos claros para uma abordagem voluntária que enfatiza a gestão preventiva, apenas contaminantes considerados importantes nacionalmente são regulamentados, enquanto os riscos específicos do contexto não são contabilizados ou priorizados. Baum et al. (2015) identificou que embora a abordagem responsiva com base em regulamentação para a gestão de risco de qualidade da água nos EUA tenha contribuído para a diminuição substancial do risco de doenças transmitidas pela água, exigir que os sistemas de água identifiquem e controlem seus próprios riscos específicos do sistema por meio de uma abordagem preventiva (PSA) poderia reduzir ainda mais as doenças transmitidas pela água. A abordagem não individualizada acaba onerando e sobrecarregando todos os sistemas quando os responsabiliza pelos mesmos padrões regulatórios independentemente de suas diferenças de riscos.

O estilo regulatório de um país exerce influência direta na transição da gestão da conformidade para a gestão preventiva e proativa de riscos por meio da adoção de PSAs dentro das concessionárias de água e entre suas partes interessadas.

Hasan et al. (2021) identificou que na Inglaterra e País de Gales onde o modelo regulatório é independente e o gerenciamento de risco sempre foi parte da cultura organizacional das concessionárias a regulamentação da implantação de PSAs foi tranquila e amplamente bem-vinda; na Malásia, onde a regulamentação é dominada pela conformidade, a fiscalização tornou-se um meio essencial para o regulador exercer autoridade sobre o setor de água e a transição, em andamento, para regulamentação baseada no risco pode ser vista como uma concessão de poder regulatório. O segundo caso reforça a importância da maturidade do relacionamento entre concessionárias e reguladores na implementação eficaz de PSAs.

Austin et al. (2012) aborda um desafio constante para todas as empresas de água que implementam PSAs quando aponta que as companhias colocam maior ênfase no tratamento da água do que na gestão do manancial por falta de iniciativas para obter informações ou influenciar as práticas de gestão prejudicando a abordagem de múltiplas barreiras. Já Setty et al. (2017) afirma que uma abordagem fragmentada para a implementação do PSA não é recomendada, porém se for necessário priorizar recursos limitados, e na ausência de outras indicações, sugere concentrar-se nas estações de tratamento de água.

A importância da regulamentação para a gestão do risco a saúde é analisada por Dunn et al. (2014). No Canadá a gestão de risco desde a fonte até a torneira não é regulamentada em todas as províncias existindo nestas uma variabilidade considerável nas avaliações de risco aplicadas entre e dentro das províncias, bem como entre agências, sendo utilizadas abordagens implícitas e reativas e de curto prazo ou pontuais. Na ausência de um progresso considerável em direção a marcos regulatórios que promovam práticas reais de gestão de risco e objetivos de saúde humana, esta pode continuar a ser comprometida.

Exemplo positivo de abordagens diversificadas são os países nórdicos. Gunnarsdottir et al. (2020) destaca que apesar das diferenças substanciais em relação aos recursos hídricos e estrutura de abastecimento, política, legislação e fiscalização da água, os países nórdicos implementaram com sucesso abordagens baseadas em risco em um nível relativamente alto, carecendo apenas de maior atenção aos pequenos sistemas. Destaca ainda que em comparação com a Estrutura da OMS para Segurança da Água Potável (OMS, 2004), os três componentes principais, regulamentação com base em metas de saúde, gestão baseada em risco realizada pelo fornecedor de água e vigilância independente, estão em andamento para sistemas de grande e médio porte na maioria dos países nórdicos.

Outras metodologias de gestão preventiva são utilizadas pelos países com eficácia menor ou igual aos PSAs. A Holanda regulamenta seis abordagens de avaliação e gestão de risco (RA / RM) que cobrem todas as etapas da abordagem PSA, porém nem todas são aplicáveis a todos os tipos e tamanhos de sistema. van den Berg et al. (2019) identificou que, para uma avaliação do sistema da captação ao consumidor, estas seis abordagens de RA / RM precisam ser combinadas. Complementa avaliando que usar as várias abordagens de RA / RM e, subsequentemente, combinar e compartilhar todas as informações (dados) e sistemas é um desafio e uma abordagem mais harmonizada, como o PSA, poderia levar a melhorias.

4. Conclusões e Recomendações

Seguindo os critérios adotados para o protocolo desta revisão sistemática foram selecionados 16 estudos que abordaram 7 aspectos distintos relativos a gestão de risco a saúde da água potável: (i) avaliação quantitativa do risco microbiológico, (ii) diretrizes e regulamentos, (iii) PSA, (iv) avaliação do risco a saúde, (v) relacionamento entre agências, (vi) mudanças climáticas e (vii) confiabilidade humana.

Apenas um estudo utilizou dados gerados na América do Sul enquanto a maioria abordou a gestão de risco em países europeus. Apesar desse fato, os dados reportados são de utilidade global.

O gerenciamento do risco tem sido praticado pelas empresas de tratamento de água tanto em países que regulamentaram essa prática quanto nos que não o fizeram. A estrutura do PSA ou diretrizes e regulamentos similares a este são os instrumentos mais utilizados, porém o foco ainda é direcionado para as estações de tratamento.

O estilo regulatório do país foi apontado como o ponto chave na transição da gestão da conformidade da água para a gestão preventiva e proativa de riscos e a comunicação interinstitucional o ponto chave para a implementação eficaz do gerenciamento de riscos na abordagem da captação ao consumidor.

No Brasil a legislação de água potável, apesar de na última revisão ter um viés direcionado para prevenção de risco a saúde, ainda aborda a conformidade do produto. Este trabalho agrupa propostas que podem ser estudadas no Brasil para avaliar o estado da gestão de risco no país.

Deixa também a sugestão para investigações, a nível global, de melhorias da qualidade da água em decorrência de intervenções realizadas nos mananciais, derivadas da abordagem de gerenciamento de risco.

Referências

- AUSTIN, Z. *et al.* Policy, practice and decision making for zoonotic disease management: Water and *Cryptosporidium*. Environment International Vol. 40, p.70–78, 2012.
- BAUM, R., AMJAD, U., LUH, J. & BARTRAM, J. An examination of the potential added value of water safety plans to the United States national drinking water legislation. International Journal of Hygiene and Environmental Health Vol. 218, p.677–685, 2015.
- BOHOLM, Å. & PRUTZER, M. Experts' understandings of drinking water risk management in a climate change scenario. Climate Risk Management Vol. 16, p.133–144, 2017.
- BRASIL. Plano de Segurança da Água: Garantindo a qualidade e promovendo a saúde: um olhar do SUS. Brasília: Ministério da Saúde, 2012.
- DUNN, G., HARRIS, L., COOK, C. & PRYSTAJECKY, N. A comparative analysis of current microbial water quality risk assessment and management practices in British Columbia and Ontario, Canada. Science of the Total Environment Vol. 468–469, p.544–552, 2014.

- GUNNARSDOTTIR, M. J. et al.** Status of risk-based approach and national framework for safe drinking water in small water supplies of the Nordic water sector. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* Vol. 230, 2020.
- HAMILTON, P. D., GALE, P. & POLLARD, S. J. T.** A commentary on recent water safety initiatives in the context of water utility risk management. *Environment International* Vol. 32, p.958–966, 2006.
- HASAN, H., PARKER, A. & POLLARD, S. J. T.** Whither regulation, risk and water safety plans? Case studies from Malaysia and from England and Wales. *Science of the Total Environment* Vol. 755, 2021.
- HRUDEY, S. E., HRUDEY, E. J. & POLLARD, S. J. T.** Risk management for assuring safe drinking water. *Environment International* Vol. 32, p.948–957, 2006.
- JALBA, D. I. et al.** Safe drinking water: Critical components of effective inter-agency relationships. *Environment International* Vol. 36, p.51–59, 2010.
- MUOIO, R. et al.** Water safety plans and risk assessment: A novel procedure applied to treated water turbidity and gastrointestinal diseases. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* Vol. 223, p.281–288, 2020.
- NI, F. Q., LIU, G. D., TAN, Y. S. & DENG, Y.** Spatial variation of health risk of groundwater for drinking water supply in Mingshan County, Ya'an City, China. *Water Science and Engineering* Vol. 3, p.454–466, 2010.
- OMS.** *Guidelines for Drinking-Water Quality*. 3. ed. Geneva: World Health Organization, 2004.
- OMS.** *Guidelines for Drinking-Water Quality*. 4. ed. Geneva: World Health Organization, 2011.
- PETTERSON, S. et al.** Application of QMRA to prioritise water supplies for *Cryptosporidium* risk in New South Wales, Australia. *Science of the Total Environment* Vol. 784, 2021.
- PETTERSON, S. R., STENSTRÖM, T. A. & OTTOSON, J.** A theoretical approach to using faecal indicator data to model norovirus concentration in surface water for QMRA: Glomma River, Norway. *Water Research* Vol. 91, p.31–37, 2016.
- RODRIGUEZ-ALVAREZ, M. S. et al.** Development of a relative risk model for drinking water regulation and design recommendations for a peri urban region of Argentina. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* Vol. 218, p.627–638, 2015.
- SETTY, K. E. et al.** Time series study of weather, water quality, and acute gastroenteritis at Water Safety Plan implementation sites in France and Spain. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* Vol. 221, p.714–726, 2018.
- SETTY, K. E. et al.** Water quality, compliance, and health outcomes among utilities implementing Water Safety Plans in France and Spain. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* Vol. 220, p.513–530, 2017.
- VAN DEN BERG, H. H. J. L. et al.** How current risk assessment and risk management methods for drinking water in The Netherlands cover the WHO water safety plan approach. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* Vol. 222, p.1030–1037, 2019.
- VIEIRA, J. M. P. & MORAIS, C.** *Planos de segurança em sistemas públicos de abastecimento de água para consumo humano*. Minho: Instituto Regulador de Águas e Resíduos, Universidade do Minho, 2005
- WU, S. et al.** A role for human reliability analysis (HRA) in preventing drinking water incidents and securing safe drinking water. *Water Research* Vol. 43, p.3227–3238, 2009.