

IDENTIFICAÇÃO DE MACRO CAUSAS DOS EVENTOS PERIGOSOS PARA A PROPOSIÇÃO DE MEDIDAS DE CONTROLE NOS PLANOS DE SEGURANÇA DA ÁGUA (PSAS)

Angela Di Bernardo Dantas

Engenheira Civil com mestrado, doutorado e pós-doutorado em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC-USP). Diretora da Hidrosan Engenharia, Av. São Carlos, 2205-Centro, São Carlos - SP, angela@hidrosanengenharia.com.br.

Luiz Di Bernardo

Engenheiro Civil, Prof. Titular aposentado da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC-USP) e diretor da Hidrosan Engenharia, Av. São Carlos, 2205- Centro, São Carlos - SP, luizdiber@hidrosanengenharia.com.br.

Leonardo Vaz Galvão dos Santos

Graduando em Engenharia Civil na EESC-USP, Hidrosan Engenharia, Av. São Carlos, 2205 - Centro, São Carlos - SP, leonardo@hidrosanengenharia.com.br.

Mário Berni De Marque

Engenheiro Ambiental pela EESC-USP, engenheiro na Hidrosan Engenharia, Av. São Carlos, 2205 - Centro, São Carlos - SP, mario@hidrosanengenharia.com.br.

Natalia Ribeiro da Conceição

Engenheira Ambiental pela EESC-USP, engenheira na Hidrosan Engenharia, Av. São Carlos, 2205 - Centro, nataliaribeiro@hidrosanengenharia.com.br.

Natalia Aparecida Killer

Engenheira Ambiental pela EESC-USP, engenheira na Hidrosan Engenharia, Av. São Carlos, 2205 - Centro, São Carlos - SP, natalia@hidrosanengenharia.com.br.

ABSTRACT

The Water Safety Planning developed by the World Health Organization (WHO), is a document in which all hazardous events and their associated hazards must be listed and given a score according to their frequency of occurrence and severity, by a risk assessment approach. For the most critical problems (those with the highest scores), control measures must be proposed. So as to achieve assertive control measures, Hidrosan has created and defined the so-called macro causes (external to the water supply system, infrastructural, operational, and related to the standard operational processes) associated with each of the identified hazardous events.

KEY-WORDS: Water treatment. Water security. Water Safety Planning. Risk assessment.

1. INTRODUÇÃO

O acesso à água segura para as diversas atividades humanas, sobretudo para a ingestão, é considerado um direito fundamental, segundo a Organização das Nações Unidas (ONU, 2010). Para garantir a produção e a distribuição de água segura, isto é, água que não represente riscos à saúde humana, a Organização Mundial da Saúde (OMS) propôs uma metodologia de avaliação e gestão de riscos, abordada nos chamados Planos de Segurança da Água - PSA (WHO, 2004).

A avaliação de riscos é baseada no diagnóstico do sistema de abastecimento de água (SAA), contemplando todas as suas etapas e componentes, desde a captação de água até a distribuição aos

consumidores, no qual são identificados eventos perigosos que podem ameaçar a segurança da água. Para cada evento perigoso é determinado o risco, produto da severidade do perigo associado (grau de impacto na saúde) e de sua frequência de ocorrência no SAA, por meio de uma matriz de risco, conforme a metodologia de elaboração de PSA proposta pela OMS (WHO, 2004).

Atualmente, no Brasil, os documentos de referência para a elaboração de PSAs são os guias da OMS e algumas publicações nacionais sobre o tema, como a do Ministério da Saúde, “Plano de Segurança da Água – Garantindo a qualidade e promovendo a saúde – Um olhar do SUS” (2012), e as de comitês de bacias hidrográficas, como o “Guia prático para o desenvolvimento de planos municipais de segurança da água” (2020), elaborado pelo Comitê das Bacias Hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (PCJ). Ademais, está em elaboração uma norma (ABNT/CB-177:004.001), cujo objetivo é fornecer diretrizes para elaboração dos PSAs no país. Embora as metodologias abordadas em cada publicação sejam, em essência, a mesma, as ponderações adotadas para a determinação de riscos variam, podendo definir riscos com diferentes níveis de criticidade.

A Hidrosan tem elaborado PSAs seguindo as diretrizes e metodologias publicadas nos guias da OMS e em publicações como VIEIRA (2020), BRASIL (2012), PCJ (2020), e a minuta da norma ABNT/CB-177:004.001, realizando pequenas adaptações na classificação dos riscos. Ademais, além dos conceitos propostos pelas publicações de referência sobre o tema, a Hidrosan propõe uma classificação para os eventos perigosos ao atribuir, a cada um deles, uma origem, também chamada de macro causa. A atribuição de macro causas aos eventos perigosos permite entender que tipo de medidas de controle são necessárias para a redução do risco, isto é, medidas de controle de caráter operacional, de controle e processos, de infraestrutura ou mesmo de caráter mais amplo, envolvendo agentes externos ao SAA.

É notório que muitas medidas de controle são de médio e longo prazo, sobretudo medidas relacionadas à infraestrutura. Mas, na experiência da Hidrosan, medidas operacionais, quando possíveis, têm mostrado o potencial de promover melhorias imediatas e no curto prazo à segurança da água. Assim, a adaptação metodológica de classificação das macro causas possibilita maior assertividade na proposição de medidas de controle, contribuindo com o fornecimento de água segura.

2. METODOLOGIA

A Hidrosan tem adotado em seus trabalhos as escalas de frequência de ocorrência e de severidade das consequências sugeridas pela minuta da norma ABNT/CB-177:004.001, baseada nos guias da OMS, como mostra a [Figura 1](#).

Figura 1 – Escalas utilizadas para a determinação dos riscos

Probabilidade de ocorrência	Severidade das consequências				
	Insignificante (1) Sem impacto ou não detectável	Menor (2) * Potencialmente prejudicial para uma pequena população	Moderada (3) * Potencialmente prejudicial para uma grande população	Grave (4) * Potencialmente letal para uma pequena população	Catastrófica (5) * Potencialmente letal para grande população
Quase certa (5) Espera-se que ocorra 1 vez ao dia	5	10	15	20	25
Provável (4) Vai acontecer provavelmente 1 vez por semana	4	8	12	16	20
Moderadamente provável (3) Vai ocorrer provavelmente 1 vez por mês	3	6	9	12	15
Pouco provável (2) Pode ocorrer 1 vez por ano	2	4	6	8	10
Rara (1) Pode ocorrer em situações excepcionais (1 vez em 5 anos)	1	2	3	4	5

Escala	Descrição	Faixa
Muito alto	Necessidade de ação imediata	> 15
Alto	Necessidade de especial atenção	10 – 15
Médio	Necessidade de atenção	6 – 9
Baixo	Controlável por meio de procedimentos de rotina	< 6

* Grande parte da população: maior que 50%;
pequena parte da população: menor que 10%

Fonte: os autores (adaptado de WHO, 2011)

Deleted: F
Formatted

Para a classificação dos perigos em relação à sua severidade, a Hidrosan tem considerado a literatura técnica de saúde pública, sobretudo em relação a efeitos agudos e crônicos dos diferentes agentes perigosos. Em geral, atribui-se a ponderação 4 para a severidade dos microrganismos patogênicos, visto que esses podem ter efeitos imediatos na saúde humana, especialmente na parcela mais vulnerável da população, como crianças e idosos, podendo levar alguns indivíduos a óbito. Para perigos de efeitos crônicos (como agrotóxicos, metais como o alumínio, entre outros), isto é, cujos impactos na saúde podem ser percebidos a longo prazo, como consequência de uma exposição contínua ao longo do tempo, atribui-se ponderação 3. Esta ponderação também é atribuída a perigos organolépticos, como gosto e odor, pois, embora não tenham efeitos diretos à saúde, podem causar rejeição nos consumidores, levando-os a buscar fontes não seguras de água.

Em relação à frequência de ocorrência dos eventos perigosos, devem ser levadas em consideração as ocorrências ou probabilidade de materialização dos riscos (ocorrência do perigo associada ao evento perigoso). Para tanto, a Hidrosan analisa os registros e dados operacionais de monitoramento da água ao longo de todo o SAA, além de constatações feitas durante visitas técnicas ao sistema e de conversas com as equipes operacionais. Destaca-se, nesse sentido, a importância de um diagnóstico aprofundado do SAA para uma avaliação consistente de riscos.

Ademais, a fim de melhor determinar a origem dos eventos perigosos e propor medidas de controle mais assertivas que, de fato, eliminem ou reduzam os riscos associados, a Hidrosan sugere a classificação dos eventos em relação à(s) sua(s) causa(s), as chamadas macro causas. Foram definidas quatro categorias de macro causas:

- Ambiente externo: contempla fatores externos ao SAA que influenciam na ocorrência do evento perigoso. Em geral, sua influência é de difícil controle pois depende de diversos agentes externos ao SAA;
- Infraestrutura: contempla fatores relacionados aos recursos físicos, à tecnologia de tratamento e às condições atuais da estrutura existente em cada etapa do SAA;
- Operação: contempla fatores associados aos recursos humanos, como a capacitação dos operadores, os critérios e práticas operacionais adotados pela equipe operacional, ao nível de relacionamento dos colaboradores com a empresa que opera o SAA, entre outros;
- Controle e processos: contempla aspectos relacionados às práticas operacionais formalizadas (ou à ausência delas) e às normas e políticas existentes da operadora do SAA.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da metodologia adotada, são apresentados, na [Tabela 1](#), quatro exemplos de diferentes SAAs para os quais a Hidrosan elaborou o PSA. Nos exemplos são mostrados os critérios utilizados na avaliação de riscos, com base no diagnóstico de cada sistema e a determinação das macro causas dos eventos perigosos para melhor compreendê-los e auxiliar na proposição de medidas de controle assertivas. Vale mencionar que, tendo em vista a quantidade de eventos perigosos identificados nos SAAs, a Hidrosan tem priorizado a proposição de medidas de controle para os riscos que resultam “altos” ou “muito altos”.

Tabela 1 –Exemplos de avaliação de risco e de medidas de controle propostas em PSAs realizados pela Hidrosan

EXEMPLO 1 - CAPTAÇÃO	
Evento perigoso: Acesso de gado na represa de captação	
Perigo: Microrganismos patogênicos	
Diagnóstico	As fezes de bovinos, assim como as de outros animais homeotérmicos, são fontes importantes de bactérias como <i>E. coli</i> e de protozoários como o <i>Cryptosporidium</i> , os quais podem contaminar as águas superficiais por meio do escoamento causados por chuvas. De acordo com informações da equipe de operação da captação e com as observações feitas em visita técnica, o acesso desses animais não é impedido devido à ausência de cercamento da área de captação e algumas amostras de água bruta apresentaram presença desses microrganismos patogênicos

Deleted: T
Formatted

Macro causas	Ambiente externo (a presença do gado na área da captação envolve terceiros) e infraestrutura (ausência de cercas delimitando a área de captação)		
Avaliação	Severidade: 4	Frequência de ocorrência: 3	Risco: 12 - Alto
Medidas de controle propostas	Cercamento da área de entorno da represa de captação		
EXEMPLO 2 - ETA (COAGULAÇÃO)			
Evento perigoso: Condições de coagulação inadequadas (pH de coagulação)		Perigo: Alumínio residual	
Diagnóstico	Na ETA não é dosado alcalinizante para ajustes no pH de coagulação, realizada com sulfato de alumínio, o que favorece a predominância das formas solúveis do alumínio na água tratada. O alumínio é um metal de relevância à saúde pública, pois está correlacionado com o mal de Alzheimer, de acordo com estudos. Os registros operacionais da ETA indicam que o pH de coagulação permanece, em geral, entre 4,5 e 5,5, e que a concentração de alumínio residual na água filtrada de todos os filtros resulta, diariamente, em valores superiores ao limite estabelecido pelo padrão de potabilidade (0,2 mg/L). Embora haja sistema de dosagem de alcalinizante e estoque do produto na ETA, não há nenhum procedimento ou rotina operacional orientada para a aplicação de alcalinizante		
Macro causas	Operacional e controle e processos (ausência de procedimentos operacionais padrão e de práticas operacionais de dosagem de alcalinizante)		
Avaliação	Severidade: 3	Frequência de ocorrência: 5	Risco: 15 - Alto
Medidas de controle propostas	Formalização de procedimento operacional padrão sobre ajustes das condições de coagulação, indicando ensaios em jarreste para a definição das condições de coagulação (dosagem de coagulante e pH de coagulação); treinamento da equipe operacional		
EXEMPLO 3 - ETA (FILTRAÇÃO)			
Evento perigoso: Meio filtrante inadequado		Perigo: Microrganismos patogênicos	
Diagnóstico	A partir de batimetria, verificou-se que os filtros da ETA apresentavam meio filtrante com espessura bem inferior à espessura definida no projeto dos filtros. Ademais, por meio de coleta de amostras do material filtrante, observou-se a predominância de grãos mais graúdos de antracito e de areia, o que pode ser indicativo de perda dos grãos mais finos. Esta hipótese é corroborada pelas velocidades ascensionais elevadas da água de lavagem praticadas na ETA, as quais foram medidas durante ensaios de lavagem dos filtros realizados em visita técnica. Vale mencionar que não há diretrizes ou procedimentos padrão para regular a abertura das válvulas de água para a lavagem, o que contribui com as velocidades ascensionais bastante elevadas. Os registros operacionais indicam a ocorrência frequente de transpasse de turbidez nos filtros, com valores superiores a 0,5 uT, e mesmo a 1,0 uT, sobretudo nos filtros com meio filtrante de menor espessura. De acordo com o próprio padrão de potabilidade, valores de turbidez superiores a 0,5 uT e a 1,0 uT estão correlacionados com o aumento dos riscos microbiológicos da água, visto que a turbidez da água filtrada é um parâmetro indireto relacionado à presença de microrganismos que afetam a saúde humana, como protozoários patogênicos		
Macro causas	Infraestrutura (espessura e granulometria do meio filtrante inadequadas); operacional e controle e processos (ausência de procedimentos operacionais padrão e de práticas operacionais para regular as velocidades ascensionais da água para lavagem)		
Avaliação	Severidade: 4	Frequência de ocorrência: 4	Risco: 16 - Muito Alto
Medidas de controle propostas	Reposição emergencial do meio filtrante dos filtros; elaboração de procedimento operacional padrão e treinamento dos operadores para a regulagem da velocidade ascensional da água para lavagem e/ou reformas no sistema de lavagem dos filtros (se forem constatadas inadequações hidráulicas); verificações periódicas da espessura do meio filtrante (batimetria)		
EXEMPLO 4 - REDE DE DISTRIBUIÇÃO			
Evento perigoso: Concentração de cloro residual livre inferior a 0,5 mg/L na rede de distribuição		Perigo: Microrganismos patogênicos (bactérias e vírus)	
Diagnóstico	10% das amostras de água coletadas em um ano ao longo da rede de distribuição indicaram a presença de coliformes fecais, associada às baixas concentrações de cloro residual livre na saída da ETA. Não há procedimento ou diretriz operacional que indique o aumento da dosagem de cloro na ETA quando são observadas concentrações reduzidas de cloro livre ou mesmo presença de coliformes nas amostras coletadas na rede de abastecimento		
Macro causas	Operacional e controle e processos (ausência de procedimentos operacionais padrão e de definição e controle de limites para o cloro residual livre na saída da ETA)		
Avaliação	Severidade: 4	Frequência de ocorrência: 3	Risco: 12 - Alto
Medidas de controle propostas	Elaboração de procedimento operacional para estabelecimento de limites críticos e operacionais para cloro residual livre na saída do tratamento; treinamento da equipe operacional		

Fonte: os autores

4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os PSAs têm se mostrado uma ferramenta útil para a redução e/ou eliminação dos riscos presentes nos SAAs, a partir de um diagnóstico consistente e de proposição de medidas de controle adequadas e coerentes com os eventos perigosos identificados, quando são devidamente implementadas e monitoradas. Por meio das experiências expostas, constatou-se que a determinação das macro causas dos eventos perigosos auxilia na proposição de medidas de controle assertivas e, muitas vezes, de execução imediata ou de curto prazo, sobretudo quando se tratam de medidas de controle operacionais. Assim, ao apontar as medidas necessárias, a atribuição das macro causas contribui para que o PSA atinja o objetivo de melhorar o desempenho dos SAAs na produção de água segura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Plano de segurança da água : garantindo a qualidade e promovendo a saúde : um olhar do SUS / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. – Brasília : Ministério da Saúde, 2012. 60p.

COMITÊS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ. Guia prático para o desenvolvimento de planos municipais de segurança da água. Coordenadores: José Carlos Mierzwa, José Manuel Pereira Vieira, Luana Di Beo Rodrigues, Maurício Costa Cabral da Silva, Roseane Maria Garcia Lopes de Souza. São Paulo: Editora Limiar, 2020. 116 p.(20–37114).

VIEIRA, José Manuel Pereira; MORAIS, Carla. PLANOS DE SEGURANÇA DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO EM SISTEMAS PÚBLICOS DE ABASTECIMENTO. 2005. Colaboração de Cecília Alexandre e Regina Casimiro. Disponível em: https://www.pseau.org/outils/ouvrages/ersar_planos_de_seguranca_de_agua_para_consumo_humano_2005.pdf. Acesso em: 15 set. 2022.

VIEIRA. J. M. P. Portal Tratamento de Água. Curso Internacional de Segurança da Água. Modalidade on-line [apresentação digital], de 27 a 28 de agosto, 2020.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. *Guidelines for Drinking Water Quality*, 4th ed. 1911, 2011, p.541, Geneva, Switzerland.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU).The human right to water and sanitation. 2010. Resolution 64/292. Disponível em: <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N09/479/35/PDF/N0947935.pdf?OpenElement>. Acesso em: 15 set. 2022.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Water Safety Plans- Managing drinking-water quality from catchment to consumer. Geneva (Switzerland), 2005, 235 p.