

EVENTOS PERIGOSOS EM UNIDADES DE FILTRAÇÃO DE ETAs DO BRASIL: ESTUDOS DE CASO

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.

Lucas Polizel

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

Jennifer Liani

Graduanda em Engenharia Ambiental pela EESC-USP, Hidrosan Engenharia, Av. São Carlos, 2205-Centro, São Carlos – SP, jennifer.liani@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 presence of pathogenic protozoa in surface water sources is widely known and reported in literature. In conventional water treatment plants (WTPs), as most of the Brazilian WTPs, filters are considered the main barrier to such microorganisms. As part of the elaboration of Water Safety Plans (WSP), diagnostics were carried out in the filtration units of six different WTPs in Brazil, with the identification of hazardous events that may contribute to the presence of hazard (protozoa and other pathogenic microorganisms) in the treated water. All WTPs had at least one hazardous event related to filtration units. Such events are mainly of hydraulic or infrastructural nature; or, in some cases, operational. Control measures were indicated to control associated risks, which are usually high, since the effectiveness of disinfection is reduced when filters do not perform properly. Operational measures were able to increase water safety in very short term, whilst infrastructural measures may demand a longer period to be implemented.

KEY-WORDS: Water treatment. Water safety. Rapid sand filters.

1. INTRODUÇÃO

A água, responsável pela manutenção da vida, é um recurso essencial para diversas atividades e, portanto, o direito ao acesso deve ser garantido de forma adequada e segura, isto é, sem oferecer riscos à saúde humana (BENINI; DIAS; AMÉRICO-PINHEIRO; 2018). Há uma variedade de eventos que trazem riscos ao acesso à água segura, os quais podem ocorrer na captação, no tratamento, na reservação ou na distribuição de um sistema de abastecimento de água (SAA). Assim, uma avaliação

de toda a cadeia de abastecimento é necessária para garantir água em condições adequadas para consumo. Com esse intuito, em 2004, no *Guidelines for Drinking-Water Quality*, a Organização Mundial da Saúde (OMS) introduziu o instrumento para avaliação de riscos chamado Plano de Segurança da Água (PSA), e, anos depois, na Portaria nº 2.914/2011, o PSA é citado, pela primeira vez, em legislação nacional.

O PSA tem como objetivo a identificação e avaliação, de forma sistemática e holística, das ameaças potenciais à qualidade da água envolvidas nos processos de abastecimento, que podem introduzir perigos (físicos, químicos, microbiológicos) aos SAAs. Uma vez identificados, é feita a avaliação dos riscos associados a cada evento, a partir de uma matriz de riscos, com base: i) na severidade das consequências atreladas à introdução do perigo ao sistema; e ii) no grau de exposição do sistema a tal evento perigoso. A partir desta avaliação, propõe-se: i) medidas de controle para cada evento perigoso; ii) pontos de controle para monitoramento do evento perigoso; e iii) ações corretivas caso esse evento ocorra.

O PSA constitui, portanto, um importante instrumento para a gestão de riscos existentes nos SAAs, visando à produção de água segura e em conformidade com o padrão de potabilidade, estabelecido pela Portaria de Consolidação nº 05/2017, alterada pela Portaria GM/MS nº 888/2021. Nesse sentido, a operação adequada das Estações de Tratamento de Água (ETAs) é de extrema importância, uma vez que constituem a principal barreira para os perigos encontrados na água bruta, como microrganismos patogênicos, metais pesados, contaminantes orgânicos, entre outros. Dentre esses, vale destacar os perigos microbiológicos da água sem tratamento apropriado. A água bruta pode apresentar densidades elevadas de bactérias, vírus e protozoários patogênicos, como os protozoários *Cryptosporidium* e *Giardia*, devido ao lançamento de esgotos sanitários e poluição difusa pela criação de animais, com o carreamento de fezes contaminadas (HELLER et al., 2004). O consumo de água com esses microrganismos pode ocasionar a incidência de doenças, que, dependendo do grau de contaminação e da vulnerabilidade do indivíduo, pode levá-lo a óbito (FRANCO, 2007).

O conjunto de mecanismos da filtração (transporte, aderência e desprendimento) possibilita a remoção de partículas suspensas, coloidais e microrganismos em geral, consagrando essa etapa como a principal responsável pela produção de água em conformidade com o padrão de potabilidade nas ETAs convencionais. De acordo com a Portaria GM/MS nº 888/2021, a turbidez da água filtrada é utilizada como um indicador da eficiência microbiológica dos filtros, de modo que valores inferiores a 0,3 uT no efluente individual de cada filtro são recomendados para que as unidades sejam consideradas uma barreira eficaz contra protozoários patogênicos. De fato, a literatura reporta que quanto maior a turbidez da água filtrada, menor a eficácia de desinfecção, uma vez que particulados não removidos podem servir de suporte para microrganismos (DI BERNARDO; DANTAS; VOLTAN, 2017). Além disso, diferentes estudos mostram a eficácia da filtração rápida na remoção de cistos de *Giardia* e oocistos de *Cryptosporidium* em ETAs convencionais adequadamente operadas e que produzem água filtrada com baixos valores de turbidez (LECHEVALLIER et al., 1991; NIEMINSKI & ONGERTH, 1995), e a USEPA (2020) indica que uma eficiência de remoção de 2-log de oocistos de *Cryptosporidium* pode ser atribuída à filtração. A etapa de filtração, nesse sentido, tem papel fundamental para eliminar ou reduzir significativamente os riscos microbiológicos, em especial os protozoários patogênicos, que não são inativados de forma eficaz pelo cloro (CRAUN, 1996), oxidante e desinfetante amplamente utilizado nas ETAs do país.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi apresentar os principais eventos perigosos identificados nas unidades de filtração de diferentes ETAs no Brasil, no âmbito da elaboração de Planos de Segurança da Água, e apontar a fragilidade dessas barreiras quando mal dimensionadas ou operadas.

2. METODOLOGIA

Neste trabalho, é apresentada uma síntese dos resultados obtidos pela Hidrosan Engenharia no desenvolvimento de seis diferentes PSAs, com a identificação dos principais eventos perigosos e perigos associados às unidades de filtração das ETAs, por meio de: análise de dados operacionais da ETA ao longo de dois anos de operação; visita à ETA e inspeção das unidades de tratamento, em particular dos filtros, com a realização de ensaios nas unidades e conversas com a equipe operacional,

para entendimento dos procedimentos em prática na ETA; verificações hidráulicas das unidades de filtração; análise dos procedimentos operacionais padrões de operação e lavagem das unidades.

A metodologia de elaboração de planos de segurança da água (PSA) utilizada foi a apresentada por Dantas *et al.* (2021), baseada nas diretrizes da OMS (2009), VIEIRA (2020), BRASIL (2012) e PCJ (2020). As ETAs estudadas (Tabela 1) se encontram em municípios de diferentes regiões brasileiras, e todas são do tipo convencional em ciclo completo (coagulação, floculação, sedimentação e filtração), compostas por filtros rápidos descendentes, com vazões nominais de 550 L/s a 1.200 L/s e captações em mananciais superficiais.

Tabela 1 – Características das ETAs e dos filtros estudados.

ETA	VAZÃO NOMINAL DA ETA (L/s)	NÚMERO DE FILTROS	TAXA MÉDIA DE FILTRAÇÃO (m ³ /m ² /d)	MÉTODO DE OPERAÇÃO DOS FILTROS ⁽¹⁾	MEIO FILTRANTE ⁽²⁾	MÉTODO DE LAVAGEM ⁽³⁾
A	550	8	204	TC	CS	A
B	944	8	131	TC	CS	A
C	1200	6	220	TDV	CD	A
D	850	10	266	TDV	CD	Ar+A
E	750	7	254	TDV	CS	A
F	630	4	243	TDV	CD	A

⁽¹⁾ TC = taxa constante e nível variável; TDV = taxa declinante e nível variável;

⁽²⁾ CS = camada simples (areia); CD = camada dupla (antracito e areia);

⁽³⁾ A = somente água no sentido ascensional; Ar+A = ar seguido de água no sentido ascensional.

Fonte: os autores.

A equipe da Hidrosan visitou as seis ETAs e as respectivas captações de água bruta. Com base nas informações obtidas, diferentes eventos perigosos foram identificados, em conjunto com suas macrocausas (infraestrutura, operação ou processos), para composição da matriz de riscos associada à filtração e proposição de medidas de controle.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio da análise dos dados de qualidade da água bruta dos últimos dois anos, de levantamentos prévios de informações da bacia hidrográfica (atividades econômicas, uso e ocupação do solo) e de levantamentos *in loco*, constatou-se o risco da presença de protozoários patogênicos na água bruta das seis ETAs, devido ao lançamento de esgoto sanitário sem tratamento e/ou à presença de animais homeotérmicos próximos à captação. Na elaboração dos PSAs, os microrganismos patogênicos, em particular os protozoários, foram considerados o principal perigo associado à filtração, em função de seus efeitos nocivos e imediatos à saúde da população, sobretudo à parcela mais frágil.

Em todas as seis ETAs estudadas, ao menos um evento perigoso relacionado às unidades de filtração foi observado. Em quatro das ETAs, inadequações da hidráulica da filtração foram identificadas como um evento perigoso, associadas a: ausência de vertedor de água filtrada; divisão inadequada de vazão entre os filtros (alguns filtros operando com sobrecarga); desconhecimento ou descontrole das taxas de filtração de cada unidade. Em duas ETAs, foram observadas taxas de filtração elevadas para o material filtrante e método de operação utilizados. Além disso, a partir de análises de espessura e granulometria do material filtrante, foram identificadas duas ETAs com materiais filtrantes com características distintas das recomendadas pela literatura: espessuras diferentes entre os filtros; antracito com baixa dureza (avaliação visual e táctil); granulometrias fora das faixas recomendadas (DI BERNARDO; DANTAS; VOLTAN, 2017).

A restrição da frequência de lavagem dos filtros foi outro evento perigoso recorrente, constatado em quatro das ETAs. As razões para essa restrição são particulares de cada sistema, podendo estar condicionadas à disponibilidade de água tratada nos reservatórios e/ou à necessidade de priorizar o abastecimento do município com a água reservada; ou às limitações do sistema de tratamento de

resíduos da ETA para o recebimento da água de lavagem dos filtros. Para que os filtros atuem eficientemente na remoção de microrganismos patogênicos e outros perigos, é fundamental que tais unidades possam ser lavadas sempre que for observada a ocorrência de transpasse (turbidez da água filtrada superior a 0,5 uT) ou sempre que a carga hidráulica disponível para a filtração for atingida.

Os eventos perigosos mencionados são majoritariamente de ordem infraestrutural, ou seja, suas medidas de controle muitas vezes demandam intervenções de reforma e adequação, com elaboração de projetos e a execução de obras civis. Para tentar contornar ou atenuar algumas das inadequações hidráulicas existentes, em três ETAs, a equipe operacional realizava interferências na filtração (abertura/fechamento parcial de válvulas de saída de água filtrada durante as carreiras de filtração). Esses ajustes levam à ocorrência de transientes hidráulicos, que podem aumentar a velocidade intersticial e favorecer o transpasse de impurezas na água filtrada.

Inadequações na lavagem foram identificadas em quatro ETAs, incluindo a ausência de lavagem com ar (indicada para os filtros com meio filtrante de camada dupla), velocidade ascensional da água para lavagem inadequada para promover expansão do meio filtrante, afogamento das calhas de coleta de água de lavagem, perda de material filtrante, diferentes velocidades ascensionais entre os filtros da mesma ETA, entre outros. Em alguns desses casos, o ajuste do procedimento operacional de lavagem se mostrou uma medida de controle de fácil execução capaz de mitigar ou até solucionar o problema (por exemplo, ajustar o ângulo de abertura de válvulas nas entradas dos filtros para reduzir a velocidade ascensional e evitar a perda de material filtrante). A lavagem imprópria dos filtros pode ocasionar o aparecimento de bolas de lodo no interior do meio filtrante, menor volume de água produzido por carreira de filtração, água filtrada de pior qualidade, com risco à segurança da água devido ao favorecimento do transpasse (DI BERNARDO; DANTAS; VOLTAN, 2017).

Eventos perigosos de caráter operacional foram identificados em três ETAs, entre eles a ausência de critério objetivo para retirada de um filtro de operação e/ou para encerramento da lavagem de um filtro, e as mencionadas interferências na filtração. Em uma das ETAs visitadas, não era feito o monitoramento de turbidez da água filtrada em cada filtro, não atendendo à exigência da Portaria GM/MS nº 888/2021 e impossibilitando avaliar a ocorrência de transpasse nos filtros.

Finalmente, o vazamento de água de lavagem do filtro para o canal de água decantada foi identificado em duas das ETAs estudadas, devido a problemas de estanqueidade das comportas de entrada das unidades. Trata-se de um risco elevado, uma vez que a água de lavagem concentra microrganismos patogênicos e outros contaminantes retidos no meio granular durante a carreira de filtração.

Ressalta-se que, em função da severidade do perigo (microrganismos patogênicos) e da alta exposição aos eventos perigosos mencionados (ocorrência diária), os riscos identificados nas unidades de filtração resultaram elevados, em sua maioria. Foram indicadas, nos PSAs, medidas de controle para cada um dos eventos perigosos. Algumas dessas medidas incluíam projeto e obra de melhorias e adequações hidráulicas e estruturais dos filtros, por exemplo: instalação de vertedor(es) de água filtrada; implementação de sistema para lavagem com ar; adequação das calhas de coleta de água de lavagem; adequações no sistema de lavagem com água (nova elevatória ou reservatório); substituição ou reparo de comportas; entre outros. Medidas de controle operacionais também foram indicadas, algumas com implementação quase imediata e resultando em aumento da segurança da água no curtíssimo prazo, entre elas: adequação do procedimento de lavagem praticado; estabelecimento de procedimentos padronizados para operação dos filtros; estabelecimento de rotinas de monitoramento e critérios objetivos para encerramento das carreiras de filtração (carga hidráulica e turbidez da água filtrada); treinamento e capacitação da equipe operacional.

4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Durante a elaboração de PSAs em seis municípios brasileiros, foram identificados diferentes eventos perigosos nas unidades da filtração, consideradas as principais barreiras para protozoários patogênicos nas ETAs de ciclo completo. Os filtros se encontravam com problemas hidráulicos e/ou com procedimentos operacionais inadequados nas seis ETAs. Observou-se a existência de riscos elevados, em função da alta exposição aos eventos perigosos (ocorrência diária) e da severidade do

perigo (microrganismos patogênicos, em particular protozoários, com potencial prejuízo à saúde pública, sobretudo em pessoas sob condições vulneráveis). Partindo da identificação da macrocausa do evento perigoso (conforme método de elaboração do PSA aplicado pela Hidrosan), foi proposta a implementação de medidas de controle, algumas de caráter operacional e de processo, que possibilitaram melhoria da segurança da água e aumento da eficiência dos filtros no curto prazo. Observou-se, portanto, a importância do PSA na identificação de eventos perigosos e efetividade de medidas de curto prazo na redução de riscos na água distribuída à população.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENINI, S.M.; DIAS, L.S.; AMÉRICO-PINHEIRO, J.H.P. Saneamento e o Ambiente. 1 ed. – Tupã: ANAP, 2018.

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. 60 p.

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.

COMITÊS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ (PCJ). 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 Marcia Garcia Lopes de Souza. São Paulo: Editora Limiar, 2020. 116 p.

CRAUN, G. F. Water quality in Latin America: balancing the microbial and chemical risks in drinking water disinfection ILSI Argentina. Washington, DC., USA: Pan American Health Organization, World Health Organization, ILSI Press. 1996.

DANTAS, A. D. B., DI BERNARDO, L., CONCEIÇÃO, N. R., SOUZA, R. M. G. L. Experiências na elaboração de Planos de Segurança da Água no Brasil - Visão da Hidrosan Engenharia. Rev. ARSAE, v. 1, n.2, p. 45-57, 2021.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B.; VOLTAN, P. E. N. (2017). Métodos e técnicas de tratamento de água. LDiBe Editora, ed. 3, São Carlos (SP).

FRANCO, R. M. B. Protozoários de veiculação hídrica: relevância em saúde pública. Rev Panam Infectol, v. 9, n. 1, p. 36 - 43, 2007.

HELLER, L.; BASTOS, R. K. X.; VIEIRA, M. B. C. M.; BRITO, L. L. A.; MOTA, S. M. M.; OLIVEIRA, A. A.; MACHADO, P. M.; SALVADOR, D. P.; CARDOSO, A.B. Oocistos de *Cryptosporidium* e cistos de *Giardia*: circulação no ambiente e riscos à saúde humana. Epidemiologia e Serviços de Saúde, v. 13, n. 2, p. 79 - 92, 2004.

LECHEVALLIER, M. W.; NORTON, W. D.; LEE, R. G. *Giardia and Cryptosporidium in filtered drinking water supplies. Applied and Environmental Microbiology*, v. 57, n. 9, p. 2617 - 2621, 1991.

NIEMINSKI, E. C.; ONGERTH, J. E. *Removing Giardia and Cryptosporidium by conventional treatment and direct filtration. Journal American Water Works Association*, v. 87, n. 9, p. 96 - 106, 1995.

USEPA. Guidance Manual for Compliance with the Surface Water Treatment Rules: Turbidity Provisions. 2020.

VIEIRA, J. M. P. (2020). 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). 2005. Guidelines for drinking-water quality. 3rd edition. Vol. I – Recommendations. Geneva (Switzerland), 2004. 515 p.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). 2009. Water Safety Plan Manual- Step-by-step risk management for drinking-water suppliers. Geneva (Switzerland), 2009. 101 p.