

Plano de segurança da água implementado na estação de tratamento de água de Guaraú, em São Paulo

Water safety plan implemented on Guaraú water treatment plant in São Paulo, Brazil

Katia Sakihama Ventura^{1*} , Paulo Vaz Filho² , Simone Gonçalves Nascimento³ 

RESUMO

O Plano de Segurança da Água representa a estratégia de previsão de perigos e monitoramento de riscos que podem ameaçar a qualidade da água para consumo humano. O trabalho teve o intuito de estudar o Plano de Segurança da Água implantado na estação de tratamento de água Guaraú, de modo a identificar sua concepção metodológica, seus desafios e suas potencialidades para o controle efetivo do sistema de abastecimento de água. Os documentos que subsidiaram a elaboração do plano foram as recomendações da Organização Mundial da Saúde e as exigências do padrão de potabilidade, previstos pela Portaria nº 2914/2011, do Ministério da Saúde. Para tratamento de água, a companhia gestora do saneamento na Região Metropolitana de São Paulo adotou a metodologia de Beuken *et al.* (2008) e a proposta de Brasil (2012) para caracterização do perigo e avaliação de riscos. A avaliação indica que quanto maior o valor atribuído a determinado parâmetro, maior é a atenção necessária a este ao longo do sistema de abastecimento de água. A empresa instituiu o Plano de Segurança da Água para otimizar os processos de tratamento e garantir qualidade na distribuição de água potável de forma eficiente. Essa empresa iniciou discussões internas sobre o instrumento em 2006, identificou uma metodologia que pudesse expressar as diretrizes da política ambiental, elaborou o modelo do Plano de Segurança da Água, realizou reuniões técnicas e implantou o plano na estação de tratamento do Guaraú. Os principais resultados foram a sistematização de registros, a implementação de novos procedimentos, a aquisição de equipamentos, a capacitação técnica e a identificação de pontos de controle. O maior desafio foi implantar um instrumento preventivo viável e dinâmico para gestão hídrica. Ressalta-se que o sucesso do plano depende, entre outros fatores, de dados atualizados, da participação da alta administração e dos ajustes necessários requeridos pela própria metodologia. Há falta de estudos científicos e manuais práticos sobre o tema.

Palavras-chave: gestão hídrica; abastecimento de água; estação de tratamento de água; gestão de risco; bacia hidrográfica.

ABSTRACT

Water Safety Plans represent the strategy for predicting hazards and monitoring risks that can threaten the water quality for human consumption. This paper intended to study Water Safety Plans implemented at Guaraú water treatment plant in order to identify its methodological requirements, challenges and opportunities for the effective control in water supply systems. The documents that supported the plan were the World Health Organization recommendations and the drinking water standards of Brazilian regulation 2914/2010 by Health Ministry. Regarding water treatment, the managers of sanitation in the metropolitan area of São Paulo adopted Beuken *et al.* (2008) and Brazil (2012) methodologies for hazard description and risk evaluation. This evaluation model proposes that the greater value associated to a certain parameter means it needs more attention than another in the water supply system. The company has implemented Water Safety Plans to optimize its treatment processes and to ensure water distribution with quality and efficiency. The company has been discussing about this tool since 2006; it identified a methodology that could express the environmental policy guidelines, elaborated a model of Water Safety Plans, held technical meetings and applied the plan to Guaraú water treatment plant. The main results were records systematization, implementation of new procedures, acquisition of equipment, technical capacitation and identification of control points. The greatest challenge was to establish a feasible and dynamic preventive tool for managing water resources. It must be emphasized that the Water Safety Plans success depends on, among other variables, an up-to-date database, the cooperation of decision-makers and continuous adjustments required by the methodology itself. There is not sufficient scientific studies and handbooks about this subject.

Keywords: water management; water supply; water treatment plant; risk management; watershed.

¹Universidade Federal de São Carlos – São Carlos (SP), Brasil.

²Faculdades Logatti, Faculdades Integradas de Araraquara – Araraquara (SP), Brasil.

³Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – São Paulo (SP), Brasil.

*Autor correspondente: katiaventura@yahoo.com

Recebido: 28/09/2016 – Aceito: 18/10/2017 – Reg. ABES: 169881

INTRODUÇÃO

O Sistema de Abastecimento de Água (SAA) compreende o sistema produtor de água (captação, elevatórias, adutoras e estações de tratamento de água) e o sistema de distribuição (reservatórios e redes de distribuição), segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2010). Para o controle da qualidade hídrica nesse sistema, além de processos físico-químicos e bacteriológicos aplicados na água bruta, é fundamental a elaboração de ferramentas preventivas como o Plano de Segurança da Água (PSA), segundo Vieira (2011).

Cerca de 83% dos municípios brasileiros são abastecidos por rede de água, e 35 milhões de pessoas não têm acesso a esse serviço (BRASIL, 2016). No caso do tratamento, a maioria dos municípios brasileiros (2.817) possui tratamento de água classificado como convencional (IBGE, 2008), cujas etapas compreendem os processos de coagulação, mistura rápida, floculação, decantação e filtração, desinfecção e correção de pH (BRASIL, 2006).

Nesse contexto, o PSA possibilita o planejamento futuro dos recursos hídricos e tem o intuito de minimizar os riscos de contaminação, particularmente nos mananciais e no tratamento, bem como adotar medidas preventivas na distribuição da água para garantir resultados promissores à saúde pública e à universalização do saneamento (WHO, 2011).

Para implantar o PSA em estação de tratamento de água (ETA), é necessário conhecer as práticas operacionais do abastecimento do sistema como um todo, especialmente a etapa de tratamento, para que as variáveis de controle, de identificação de perigos e de caracterização de riscos sejam eficazes. Dessa forma, é possível reduzir ou eliminar a presença de determinadas substâncias, elementos químicos e micro-organismos que possam estar presentes no corpo hídrico e interferir no controle dos aspectos sanitários, estéticos e econômicos.

O tratamento de água é garantido pela qualidade da água e pelos padrões de lançamento nos corpos d'água recomendados pelo Decreto Estadual nº 8.468/1976, pela Lei Federal nº 9.433/1997 e pela Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 357/2005. Outros instrumentos legais compartilham dessa premissa, como o Decreto Federal nº 5.440/2005, a Lei Federal nº 11.445/2007, a Resolução CONAMA nº 396/2008 e a Resolução CONAMA nº 430/2011. Cabe salientar que a segurança da água se tornou parceira da qualidade hídrica com o artigo 13 da Portaria nº 2.914, do Ministério da Saúde (MS), de 12 de dezembro de 2011 (BRASIL, 2011), que trata dos princípios do PSA e recomenda, ao gestor dos serviços de saneamento, a avaliação contínua do SAA para redução dos riscos à saúde.

O risco está associado ao perigo (agente químico, biológico ou físico) e à exposição da população a esse perigo (KOLLURU, 1996). Mensura-se o risco em função do efeito causado pelo perigo (SHINAR; GURION; FLASCHER, 1991). Ao longo da história da humanidade, preocupações com a saúde estiveram presentes no saneamento.

Nas últimas décadas, métodos de avaliação e quantificação de riscos puderam associar o grau de risco aos problemas ambientais e à saúde pública (NARDOCCI, 1999). Nesse contexto, a avaliação de riscos é um processo que associa probabilidade de um evento ocorrer e a magnitude de este provocar efeitos adversos.

Desde a década de 1970, a avaliação de riscos concentrava-se em estudos relacionados aos efeitos das contaminações química e física à saúde humana. Nos Estados Unidos, desde os anos 1980, estudos sobre a Avaliação Quantitativa de Risco Microbiológico (AQRM) foram iniciados e apontaram as principais etapas do método, que compõem a caracterização do risco (MEDEMA & ASHBOLT, 2006):

- identificação do perigo;
- avaliação de dose-resposta;
- avaliação da exposição.

Mediante ao exposto, é possível denotar que a fase inicial da descrição de perigos acontece durante a formulação do problema na fase de gerenciamento de atividades, e as fases de avaliação representam a análise de risco, propriamente dita.

Observa-se que tanto a análise de riscos para segurança hídrica quanto metodologias de avaliação de riscos são recentes e pouco conhecidas. Em 1992, o termo *água segura* foi empregado pela primeira vez em resposta à epidemia da cólera. Na época, o Centro de Controle e Prevenção de Doenças (CDC) e a Organização Pan-Americana de Saúde (OPS) instituíram o Sistema de Água Segura como um conjunto de diretrizes e procedimentos para a rápida redução da doença a baixo custo e de fácil aplicabilidade às variações do contexto local (CDC, 2000).

No início dos anos 2000, a Organização Mundial da Saúde (OMS) definiu a água segura para consumo humano (*safe drinking water*) como aquela que, embora tenha diferente variabilidade na qualidade, não representa risco à saúde humana, deixando para que cada país ou localidade defina o risco tolerável e a adoção de metas para sua redução (WHO, 2011).

Os fundamentos clássicos sobre segurança hídrica para consumo humano se baseiam nos princípios de múltiplas barreiras associados ao princípio da precaução, nas boas práticas, na Análise de Perigo e Pontos Críticos de Controle (APPCC) e na análise de risco (O'CONNOR, 2002; CCME, 2002; AS/NZS, 2004; BASTOS *et al.*, 2006; BRASIL, 2012; WSA, 2015), conforme mencionado a seguir.

- O princípio das múltiplas barreiras (Quadro 1) consiste, nas etapas do sistema, em prevenir, criar barreiras, de modo que se uma delas falhar, ainda haverá outras, em etapas posteriores, para bloquear a disseminação de contaminantes e garantir a proteção exigida. Considera-se que é possível que haja falhas nas barreiras sanitárias programadas e, por isso, alguns procedimentos e etapas são empregados em série, visando à melhor defesa possível contra os perigos. As barreiras não são eficientes quando aplicadas de forma isolada;

- As boas práticas representam as medidas de controle e o conjunto de procedimentos adotados no sistema hídrico (concepção, projeto, construção, operação e manutenção) para que haja efetiva prevenção de risco à saúde humana;
- A APPCC é o mecanismo adotado para identificar eventos perigosos e estimar riscos que afetem a potabilidade da água para consumo humano, com o intuito de indicar as medidas de controle, caso eles ocorram;
- A análise de risco permite priorizar os riscos por algum método de avaliação, de modo a subsidiar a tomada de decisão.

Exemplificando o conceito preventivo (Quadro 1), caso algum evento perigoso ocorra, por falta de planejamento, falha no sistema ou desconhecimento técnico, o risco associado a esse evento pode ser minimizado na barreira subsequente. Nesse caso, se as medidas de controle funcionarem apropriadamente, estarão asseguradas as metas de saúde. Caso os riscos não tenham sido previstos, não haverá inocuidade da água e, conseqüentemente, ocorrerão efeitos adversos à saúde humana. Assim, recomenda-se definir os parâmetros (físicos,

químicos e microbiológicos) de monitoramento, os quais, em geral, seguem as recomendações e as exigências estabelecidas pela Portaria MS nº 2.914/2011 (BRASIL, 2011).

Os riscos são identificados após a ocorrência de sucessivos danos quando há falta de informação científica ou de conhecimento técnico-tecnológico. Isso implica ações emergenciais para correção do evento perigoso. Circunstâncias como essa possibilitam o princípio da precaução que consiste no reconhecimento de falhas e incertezas, inerentes ao processo de monitoramento, no caso, contaminação hídrica (SILVA AUGUSTO & FREITAS, 1998).

A metas dependem dos critérios e dos princípios adotados pela alta administração do serviço de saneamento, considerando a situação vigente da saúde pública local, o suporte legal e normativo, bem como os benefícios que o controle da qualidade da água proporciona, especialmente, às comunidades não beneficiadas pelo acesso à água potável.

Cabe ressaltar que qualquer ação de vigilância sanitária tem papel fundamental no sistema de abastecimento como um todo, porque proporciona melhorias à universalização (qualidade, quantidade, acessibilidade, cobertura, disponibilidade) do saneamento e pode ser contemplada no PSA.

O uso do PSA como instrumento preventivo de planejamento e monitoramento dos recursos hídricos é recente no país, e as poucas experiências existentes estão em fase de implantação e em busca da consolidação metodológica (ABES, 2015).

Os modelos de PSA identificados no país foram em Viçosa, Minas Gerais, em 2006; São Paulo, em 2009; Campinas, em 2012; Torto-Santa Maria, Distrito Federal, em 2012; Luzerna, Joaçaba e Herval D'Oeste, Santa Catarina, em 2012-2013; Caratinga-Resplendor, Nanuque, Visconde do Rio Branco, Ipuina, São Gotardo, Perdigo, Belo Horizonte e Região Metropolitana e Montes Claros, Minas Gerais, em 2014; Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul, e Itaipava, Rio de Janeiro (ABES, 2015).

Os resultados desses trabalhos apontam a ocorrência de melhorias no controle operacional e no planejamento administrativo do serviço, mas, sobretudo, confirmam a existência de desafios, os quais estão detalhados na seção Resultados do presente artigo. Cabe ressaltar que as experiências estudadas abordam, em sua maioria, a estrutura urbana, e o meio rural praticamente não foi contemplado por esses trabalhos.

As experiências internacionais, identificadas em literatura como Alemanha, Austrália, China, Colômbia, Estados Unidos, Honduras, Nepal, Nova Zelândia, Peru, Portugal, Uruguai (VIEIRA; MORAIS, 2005; MILLER; GUICE; DEERE, 2009; VIEIRA, 2011; ABES, 2015; YE *et al.*, 2015; FROSCIO *et al.*, 2016; PETERSON & ASHBOLT, 2016; AMJAD *et al.*, 2016; WHO, 2016), apontaram, entre as dificuldades, os seguintes aspectos:

- adoção do número adequado de variáveis no modelo de monitoramento do plano;

Quadro 1 – Barreiras em sistemas de abastecimento de água.

Evento/Perigo	Barreira sanitária	Ações necessárias
<ul style="list-style-type: none"> • Presença de agentes patogênicos • Presença de contaminantes químicos • Presença de radionuclídeos 	Proteção do manancial	<ul style="list-style-type: none"> • Plano de proteção da bacia • Melhoria do tratamento • Avaliação/seleção de novo manancial
<ul style="list-style-type: none"> • Presença de agentes patogênicos • Presença de contaminantes químicos • Presença de radionuclídeos 	Tratamento	<ul style="list-style-type: none"> • Padrões de qualidade da água • Filtração com auxílio de produtos químicos • Desinfecção
<ul style="list-style-type: none"> • Entrada externa de líquidos à tubulação • Presença de agentes patogênicos 	Sistema de distribuição	<ul style="list-style-type: none"> • Residual de cloro • Pressão adequada no sistema • Plano de manutenção
<ul style="list-style-type: none"> • Falhas não detectadas no sistema 	Monitoramento	<ul style="list-style-type: none"> • Monitoramento automático • Alarme, válvula de bloqueio • Registro de ocorrências, análise de dados
<ul style="list-style-type: none"> • Falha nos procedimentos adotados • Falha nos sistemas de comunicação interna e externa à instituição 	Resposta	<ul style="list-style-type: none"> • Plano de emergências • Sistema de comunicação

Fonte: O'Connor (2002).

- necessidade de apoio de especialistas em determinadas áreas do abastecimento de água;
- priorização de recursos e de ações preventivas;
- participação da alta administração nas decisões gerenciais e operacionais.

Considerando o exposto, observa-se que tanto a análise de riscos para segurança hídrica quanto metodologias de avaliação de riscos são recentes e pouco conhecidas. Tal fato torna evidente a importância de estudos científicos na área. Por existir cenários distintos no sistema produtor de água, é salutar que sejam estabelecidas diretrizes por período (curto, médio e longo prazos) para otimizar os esforços necessários e permitir o monitoramento e a revisão de ações constantemente.

O objetivo deste trabalho foi estudar o modelo do PSA implantado na ETA Guaraú como ferramenta preventiva à gestão hídrica.

METODOLOGIA

O artigo é decorrente de pesquisa desenvolvida por Nascimento (2016), que atua no controle operacional da qualidade da água na ETA Guaraú, bem como contou com o estudo aprofundado pelos autores sobre o tema. Foram adotadas a documentação indireta (registros documentais), a análise de dados (parâmetros e método de ponderação) e a pesquisa de campo (observação direta).

A documentação indireta foi realizada pela pesquisa bibliográfica pertinente aos objetivos e aos princípios do PSA, os instrumentos legais referentes à gestão hídrica, às características operacionais e gerenciais da ETA Guaraú e do Sistema de Abastecimento do Cantareira, aos métodos para identificação de perigos e caracterização de riscos existentes em literatura científica. Os dados secundários do PSA foram obtidos por consulta a registros internos e documentos sobre o tema disponíveis *on-line*.

A análise de dados baseou-se na comparação dos métodos propostos por Beuken *et al.* (2008) e por Brasil (2012) para identificação de perigos e caracterização de riscos. Entende-se perigo como uma situação que pode causar lesão ou morte à população e risco como a probabilidade de ocorrência do perigo (SANDERS & McCORMICK, 1993).

O método proposto por Beuken *et al.* (2008) é um dos que possibilita a identificação de alguns eventos perigosos, desde a captação de água até seu uso pelo consumidor final, pois fornece 128 situações perigosas como exemplos de risco, inclusive na fase de tratamento de água. Esse método evidencia a relevância da análise de risco como estratégia para minimizar as possibilidades de contaminação da água.

O método proposto por Brasil (2012) foi elaborado com base no documento *Guidelines for Drinking-water Quality*, da OMS (WHO,

2011). Outras publicações científicas, como Vieira e Morais (2005), Viera (2011) e o estudo-piloto do PSA desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa (UFV) com apoio do MS (BRASIL, 2015), também subsidiaram a elaboração do método.

Os Quadros 2 e 3 apresentam a escala recomendada para avaliação do estudo.

Após a identificação de eventos perigosos, o método consiste na atribuição de valores à consequência e à frequência do risco, sendo que quanto menor o valor, menor a probabilidade de danos à saúde humana e à qualidade da água (BRASIL, 2012).

A análise de risco, proposta por Brasil (2012), baseia-se no grau de risco, sendo classificado como “muito alto” (risco extremo e não tolerável; necessidade de ação imediata), “alto” (risco alto e não tolerável; necessidade de especial atenção), “médio” (risco moderado; necessidade de atenção) e “baixo” (risco baixo e tolerável, controlável por meio de procedimentos de rotina). Essa classificação permite a cada risco associar escala colorimétrica — riscos elevados e com impacto significativo ao meio e/ou à saúde humana estão representados com cores intensas e escuras —, como se observa na Tabela 1.

Quadro 2 - Nível de consequência de riscos.

Nível	Descritor	Descrição das consequências
1	Insignificante	Sem impacto detectável.
2	Baixa	Pequeno impacto sobre a qualidade estética ou organoléptica da água e/ou baixo risco à saúde, que pode ser minimizado em etapa seguinte do sistema de abastecimento.
3	Moderada	Elevado impacto estético e/ou com risco potencial à saúde, que pode ser minimizado em etapa seguinte do sistema de abastecimento.
4	Grave	Potencial impacto à saúde, que não pode ser minimizado em etapa seguinte do sistema de abastecimento.
5	Muito grave	Elevado risco potencial à saúde, que não pode ser minimizado em etapa seguinte do sistema de abastecimento.

Fonte: Brasil, 2012.

Quadro 3 - Nível de ocorrência de riscos.

Nível	Descritor	Descrição da ocorrência
16	Quase certo	Frequência diária ou semanal
8	Muito frequente	Frequência mensal ou mais espaçada
4	Frequente	Frequência anual ou mais espaçada
2	Pouco frequente	A cada 5-10 anos
1	Raro	Apenas em circunstâncias excepcionais

Fonte: Brasil, 2012.

A pesquisa de campo teve caráter exploratório e foi desenvolvida pela participação da pesquisadora na equipe técnica por ser integrante da empresa e atuar como colaboradora no processo de monitoramento e gestão de qualidade. Por isso, a pesquisadora acompanhou discussões técnicas para implantação da ferramenta na companhia, bem como teve acesso a documentos metodológicos sobre o uso do PSA.

Tabela 1 - Matriz de priorização qualitativa e quantitativa de riscos.

Ocorrência do risco	Consequências do risco				
	Insignificante Peso 1	Baixa Peso 2	Moderada Peso 4	Grave Peso 8	Muito grave Peso 16
Peso 5 Muito frequente	5	10	20	40	80
Peso 4 Frequente	4	8	16	32	64
Peso 3 Pouco frequente	3	6	12	24	48
Peso 2 Raro	2	4	8	16	32
Peso 1	1	2	4	8	16

■ Risco crítico ■ Risco alto ■ Risco médio ■ Risco baixo
Fonte: Brasil, 2012.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A) Características da estação de tratamento de água Guaraú, São Paulo

O Sistema Cantareira (Figura 1) abastece cerca de 9 milhões de habitantes da Região Metropolitana de São Paulo – RMSP (SABESP, 2014). É um dos maiores sistemas de abastecimento público do mundo, abrangendo 12 municípios, sendo oito em São Paulo (Bragança Paulista, Caieiras, Franco da Rocha, Joanópolis, Mairiporã, Nazaré Paulista, Piracacia e Vargem) e quatro em Minas Gerais (Camanducaia, Extrema, Itapeva e Sapucaí-Mirim), conforme Secretaria do Meio Ambiente (SÃO PAULO, 2016).

O sistema é composto de seis grandes represas, túneis e canais, uma estação elevatória e uma ETA. Inicia com os reservatórios de regularização, os quais são constituídos por represamentos situados em diferentes níveis e são interligados de tal maneira que, desde o Jaguari e o Jacareí, as águas escoam por gravidades, pelas represas do Cachoeira, Atibainha e Juqueri, onde está situado o barramento Paiva Castro. Dessa última represa, as águas chegam à Estação Elevatória de Santa Inês, cuja vazão é bombeada para o reservatório de Águas Claras, situado no alto da Serra da Cantareira. Em seguida, as águas seguem por gravidade até a ETA do Guaraú, inaugurada em 1965 (SABESP, 2014).

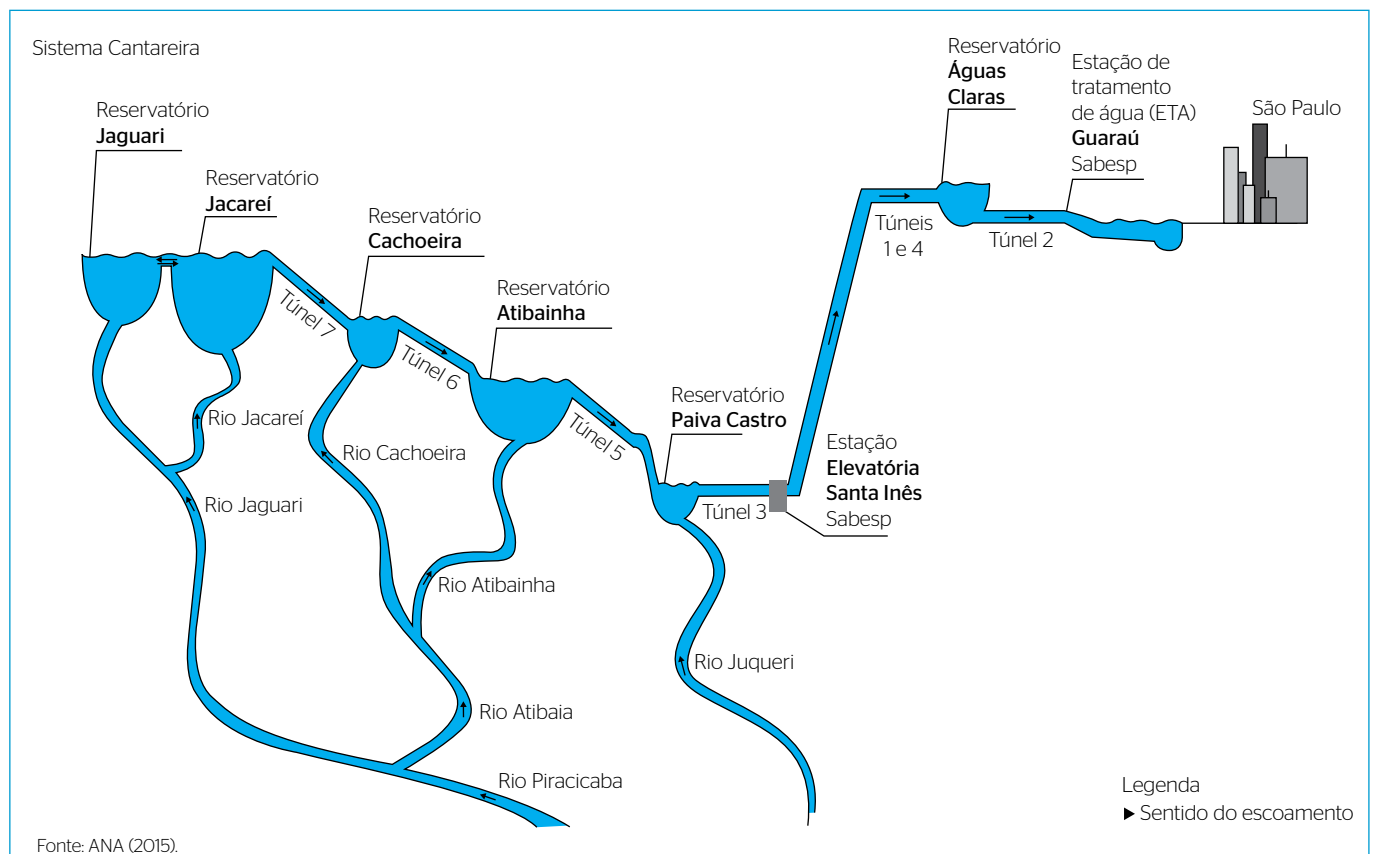


Figura 1 - Abastecimento de água do Sistema Cantareira.

Na entrada da ETA, ocorrem a coagulação química e a mistura rápida. Após o recebimento de produtos químicos, a água chega à bacia de tranquilização antes de ser direcionada para as unidades de floculação mecanizadas. Dos floculadores, a água segue para os seis decantadores, dotados de raspadores de lodo no fundo. A água floculada segue para os filtros e, após a filtração, recebe adição de cloro e flúor, sendo encaminhada aos reservatórios de água potável (SABESP, 2014). A ETA Guaraú conta com unidades de armazenamento de sulfato de alumínio, unidades individualizadas para reservação de cal virgem e para armazenamento de ácido fluossilícico.

B) Plano de Segurança da Água implementado na estação de tratamento de água Guaraú

As etapas para o desenvolvimento do PSA são (BRASIL, 2012):

- Etapa preliminar: permite o planejamento, o levantamento de informações e a constituição de equipe técnica multidisciplinar;
- Avaliação do sistema: compreende a descrição do SAA, a elaboração e a validação do diagrama de fluxo, a identificação de perigos, a caracterização de riscos e o estabelecimento de medidas de controle dos pontos críticos;
- Monitoramento operacional: possibilita o controle de riscos e das metas estabelecidas para saúde pública com o uso de parâmetros de monitoramento e de ações corretivas;
- Planos de gestão: permite a verificação contínua do PSA e de ações emergenciais, organiza registros para avaliação do sistema e estabelece a comunicação de risco;
- Revisão do PSA: considera os resultados monitorados da qualidade de água em todo o SAA para controle de riscos e subsidia a revisão do PSA; e
- Validação e verificação do PSA: permite estabelecer novas metas a partir dos resultados obtidos pelo PSA em funcionamento.

As ações realizadas na etapa preliminar (Quadro 4) foram:

- definição da equipe multidisciplinar (constituídas de profissionais da ETA);
- descrição do SAA;
- elaboração do diagrama de fluxo.

Entre outras ações, a etapa de avaliação do sistema (Quadro 5) consistiu na caracterização de perigos e riscos. Essas informações foram registradas em matriz, cuja elaboração foi padronizada a todos os sistemas produtores de água da própria companhia. Esse levantamento identificou os elementos do tratamento (coagulação, floculação, decantação e filtração; produtos químicos usados, gradeamento e desinfecção), os perigos intrínsecos a cada elemento e as respectivas consequências.

Os Quadros 4 e 5 exemplificam, respectivamente, a identificação de perigos e a caracterização de riscos nas etapas de gradeamento e

floculação. Cabe esclarecer que essas informações representam parcela do método desenvolvido pela equipe técnica da companhia.

A empresa gestora do serviço de saneamento adotou como método para contabilizar, de forma quantitativa, o modelo proposto por Beuken *et al.* (2008), em razão da ausência de modelos de avaliação e monitoramento de riscos consolidados em literatura científica. Para chegar a essa conclusão, foram realizadas discussões técnicas com a comunidade científica, bem como buscou-se referências como instrumento norteador. Após constatação de ausência de métodos específicos para o PSA em SAA, a empresa validou o método proposto com a opinião de especialistas.

Assim, considerou o fator de probabilidade (1: raro, 2: pouco frequente, 3: frequente, 4: muito frequente, e 5: quase certo) e o fator consequência (1: insignificante, 2: pequeno, 3: moderado, 4: grande, e 5: crítico) para análise dos riscos.

Exemplificando o emprego do método, para o perigo “Tela/grade bloqueada” (Quadro 4), observa-se que, no elemento remoção de sólidos/gradeamento (Quadro 5), a “sobrecarga de material particulado” ocorre de forma frequente (valor atribuído 3.0), porém, quando esse evento ocorre, as consequências são consideradas insignificantes do ponto de vista da contaminação hídrica, por isso recebe valor 1.0. O produto da ponderação (Quadro 5) é 3.0, classificando o evento perigoso como baixo risco. Esse procedimento foi adotado para avaliação de todos os perigos identificados na referida ETA.

A ideia principal do método foi indicar riscos com elevado potencial de interferência ao meio e à saúde pública, de modo que a gestão do PSA pudesse priorizar ações e evitar custo e tempo adicionais no processo de monitoramento.

C) Análise comparativa das propostas de Brasil (2012) e Beuken *et al.* (2008)

De acordo com Brasil (2012), a abordagem da ferramenta baseia-se nos princípios de múltiplas barreiras, nas boas práticas, na análise de perigo e pontos críticos de controle e na análise de risco. Nesta publicação, são fornecidas diretrizes gerais às etapas de controle da segurança hídrica para que o gestor do serviço de saneamento desenvolva seu próprio PSA, favorecendo o uso do instrumento, da melhor forma possível. Os materiais estruturados para o PSA da ETA Guaraú foram o formulário de preenchimento, o diagrama de fluxo do SAA, o cronograma e o planejamento de ações e as matrizes de avaliação quali-quantitativa.

Observou-se que esse modelo orienta a identificação de perigos e a caracterização de riscos, a seleção de variáveis para o monitoramento e a forma de mensuração de parâmetros de controle.

Verificou-se que o PSA pode ser iniciado em qualquer parte do sistema hídrico. No exemplo investigado, a companhia considerou o tratamento como o elemento preliminar ao monitoramento preventivo, para posterior implantação na captação superficial e em redes de distribuição.

Em termos qualitativos, o PSA implantado na ETA Guaraú foi estruturado com base na proposta de Beuken *et al.* (2008), pelos parâmetros de monitoramento e pela identificação dos pontos de controle do perigo. O modelo possibilitou a mensuração quantitativa de perigos e riscos, bem como os passos para elaboração, implantação e revisão do PSA tiveram subsídio de Brasil (2012).

D) Observações da pesquisadora junto à equipe técnica

A implementação do PSA ocorreu por interesse da própria companhia, cujos principais desafios foram a dificuldade de compreensão da metodologia e sua aplicabilidade em ETAs, a seleção de unidades-pilotos

e suas peculiaridades para implementação da ferramenta e o uso do PSA como mecanismo de garantia da qualidade da água às pessoas.

Os benefícios promovidos na gestão hídrica, sobretudo no Sistema Cantareira, foram o planejamento preventivo para o abastecimento de água, a criação de banco de dados com informações relevantes ao sistema e melhorias no monitoramento da qualidade dos mananciais, do tratamento e da água distribuída, bem como a possibilidade de aplicação do método em outros sistemas produtores de água na RMSP.

A empresa elaborou um formulário único com o propósito de organizar o levantamento dos pontos críticos de maior relevância para o tratamento de água e, assim, identificar os perigos e os riscos inerentes nessa etapa. É interessante ressaltar que desde 2006, houve interesse

Quadro 4 - Extrato de identificação de perigos nas etapas de gradeamento e floculação.

Conjunto de elementos	Elementos	Perigo	Eventos perigosos	Consequências
1. Remoção de sólidos e gradeamento	Grades/Telas	Tela/Grade bloqueada	Tamanho da malha da tela incorreto ou limpeza inadequada	Má qualidade da água e/ou disponibilidade reduzida
			Inundações, proliferação de algas ou vandalismo	Má qualidade da água e/ou disponibilidade reduzida; partículas sobrenadantes
2. Coagulação e floculação	Sistema de varredura	Formação excessiva de sólidos aumentando o carregamento para os filtros	Os sistemas de clarificação por varredura não são estáveis	-
	Floculação hidráulica	Tratamento insuficiente em razão da concepção inadequada	Tempo de retenção muito curto	-
	Floculação mecânica	Tratamento insuficiente em razão da falha mecânica no agitador	Concepção inadequada	-
	Dosagem	Alto residual de coagulante ou capacidade reduzida	Dose de coagulante muito alta ou muito baixa	Alta turbidez e remoção insuficiente
	Controle de pH	pH de coagulação subotimizado	Controle de pH inadequado	-
	Mistura da floculação	Floculação insuficiente	Mistura inadequada de coagulante e/ou floculação	-
3. Floculação	-	Monômeros na água	Utilizar polímeros como floculante contendo monômeros não floculantes	Contaminantes na água (monômeros) após sedimentação ou filtração
	-	Floculante inadequado ou agente de floculação	Variação na qualidade da água ou inadequado teste prévio de floculantes	Contaminantes na água (exemplo: floculantes) após sedimentação ou filtração
	-	Inadequadas condições durante dispersão de floculantes ou agente de floculação em um reservatório de água	pH e temperatura inadequadas	Contaminantes na água (exemplo: floculantes) após sedimentação ou filtração
	-		Tempo de dispersão de agentes de floculação na solução de dosagem	-
	-		Produtos químicos interferentes dispersos na água com produtos químicos de coagulação e floculação	-
	-		Precipitação em razão de regiões estagnadas ao reservatório de água por agentes de floculação acumulados	-

Fonte: Carvalho (2012); Sabesp (2013).

na melhoria da qualidade do serviço, o que favoreceu a padronização de procedimentos nas ETAs gerenciadas pela companhia. Essa adequação às normas de qualidade corroborou, positivamente, para a implantação do PSA.

As maiores dificuldades operacionais foram o tempo contabilizado desde o início das discussões até a finalização da ferramenta (entendimento e consolidação do PSA, definição do método e mensuração de riscos) e o envolvimento da alta administração para garantir investimentos financeiros no tratamento e confiabilidade no planejamento.

De modo geral, os resultados deste trabalho indicaram que o PSA é uma ferramenta útil para gestão hídrica, porém em evolução

no território nacional. Permite conhecer, de forma aprofundada, os problemas operacionais, entretanto exige elevada demanda de tempo para discussão do método e identificação de perigos, equipe técnica preparada para implantação de novos procedimentos, metodologia de controle de riscos amplamente divulgada a todos os funcionários e colaboradores e, inclusive, aporte financeiro para ajustes nos procedimentos de leitura, registro e monitoramento de dados.

Deve-se ressaltar que o intuito do PSA é identificar perigos, caracterizar riscos, monitorá-los e estabelecer medidas preventivas a curto, médio e longo prazos. Por isso, sua elaboração deve conter particularidades específicas de cada localidade (distrito, cidade ou município),

Quadro 5 – Extrato da caracterização de riscos para gradeamento e floculação.

1. Identificação		Caracterização de riscos				
Conjunto de elementos	Fator de probabilidade		Fator consequência		Total	Risco
	<p>1 - Raro: apenas em circunstâncias excepcionais; 2 - Pouco frequente: a cada 5 - 10 anos; 3 - Frequente: frequência anual ou mais espaçada; 4 - Muito frequente: frequência mensal ou mais espaçada; 5 - Quase certo: frequência diária ou semanal.</p>		<p>1 - Insignificante: causa somente aumento do esforço operacional; 2 - Pequeno: impacto sobre a qualidade estética ou organoléptica da água, que: - pode ser minimizado em etapa seguinte do sistema de abastecimento; - não resulta em procura de outras fontes. 4 - Moderado: impacto sobre a qualidade estética ou organoléptica da água, resultando em utilização de outras fontes de água menos seguras; potencial impacto à saúde, que pode ser minimizado em etapa seguinte do sistema de abastecimento 8 - Grande: potencial impacto à saúde e/ou excedidos os limites legais de forma pontual que não pode ser minimizado em etapa seguinte do sistema de abastecimento; 16 - Crítico: impacto na saúde pública; grandes danos ambientais; excede os limites legais de forma sistêmica.</p>			
	Nota de Avaliação	Justificativa	Nota de Avaliação	Justificativa		
Remoção de sólidos/Gradeamento						
Sólidos/Gradeamento	3	Eventualmente, há sobrecarga de material particulado (exemplo: folhas e galhos), resultando em necessidade de aumento da frequência de limpeza.	1	Há aumento do esforço operacional, sem impacto à qualidade da água.	3	Baixo
Coagulação/Floculação						
Coagulação/Floculação	1	Existe a possibilidade de alteração do gradiente de mistura rápida com a implantação de PCH. Para minimizar o risco, foi inserido no edital de contratação o gradiente de mistura rápida de, no mínimo, 2.000 s ⁻¹ .	1	Poderá haver aumento de esforço operacional aliado a aumento de dosagem de coagulante e custo, sem impacto à qualidade da água produzida.	1	Baixo
	1	Eventos esporádicos ocorridos nos últimos dez anos mostram a possibilidade de recorrência.	2	Pode resultar em aumento do número de reclamações de "água suja", sem resultar em procura por outras fontes.	2	Baixo
	1	Eventos esporádicos ocorridos nos últimos dez anos mostram a possibilidade de recorrência.	2	Pode resultar em aumento do número de reclamações de "água suja", sem resultar em procura por outras fontes.	2	Baixo

Fonte: Carvalho (2012); Sabesp (2013).
 PCH: pequena central hidrelétrica.

especialmente no que tange às características do manancial, ao tipo de tratamento de água e ao interesse do gestor em promover adequações e garantir água segura à população.

Com o estudo de experiências internacionais e nacionais realizado conjuntamente com o presente trabalho, foi possível observar os seguintes benefícios e principais desafios:

a) Benefícios:

- formação de grupo de profissionais com expertise no assunto para auxiliar municípios com o mesmo propósito;
- inspiração a outros gestores em busca de experiências promissoras;
- otimização de esforços e recursos para atingir resultados eficazes;
- melhoria das práticas de gestão no SAA;
- ampliação do conhecimento da cadeia produtora de água pela identificação de pontos vulneráveis no sistema de abastecimento;
- estabelecimento de parceria entre entidades;
- melhoria da capacitação técnica com apoio de especialistas e de experiências bem-sucedidas.

b) Desafios:

- estabelecimento de modelo de PSA de forma articulada entre os setores e os órgãos de gestão hídrica;
- universalização do PSA como ferramenta útil e contínua em todo o território nacional;
- aplicação da ferramenta em soluções alternativas de abastecimento de água com o envolvimento da sociedade local;
- investimentos no controle e no monitoramento de forma preventiva;
- envolvimento de profissionais da alta administração na tomada de decisões para efetividade do plano;
- ausência de estudos dessa natureza no meio rural, tanto nos aspectos metodológicos quanto para implantação do plano à gestão hídrica.

CONCLUSÕES

O PSA é instrumento preventivo útil ao planejamento do abastecimento hídrico e visa à preservação do recurso, em quantidade e qualidade, para distintos usos e especificidades na bacia hidrográfica. Dessa forma, recomenda-se que seja elaborado e implantado com base nas diretrizes dos planos de bacia.

Os planos de bacia hidrográfica indicam o cenário do saneamento e as ações que devem ser priorizadas para atingir a universalização na bacia como um todo. Nesse sentido, o PSA contribui com as diretrizes dos referidos planos, pois apresenta a previsão de riscos, a probabilidade de ocorrência e suas consequências, apontando o nível de comprometimento para o abastecimento de água para consumo humano.

Para que o PSA se torne conhecido e auxilie outros agentes interessados, torna-se necessária a ampla divulgação dos seguintes aspectos: estratégia de implantação do PSA, lista de perigos e riscos caracterizados no sistema selecionado, motivação à prevenção dos recursos hídricos, parceiros, experiências que viabilizaram o PSA, entre outros.

Cabe ressaltar que o PSA é um plano instituído pelo gestor do serviço de saneamento, em caráter voluntário, e depende da atualização das informações, pois a ocorrência de riscos em qualquer parte do sistema é dinâmica. Além disso, há falta de estudos científicos e manuais práticos que tratem da elaboração, da implantação e do monitoramento do PSA.

FONTE DE FINANCIAMENTO

Katia Sakihama Ventura, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar); Simone Gonçalves Nascimento, Química da Divisão da ETA Guaraú - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp); Paulo Vaz Filho, Conselho Municipal de Saneamento de Araraquara, Faculdades Integradas de Araraquara, UNASP.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). (2010) *Atlas Brasil: abastecimento urbano de água - resultados por estado*. Brasília: Agência Nacional de Águas, Engecorps/Cobrape. 2v.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). (2015) *Sistema Cantareira*. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2015. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/sala-de-situacao/sistema-cantareira/sistema-cantareira-saiba-mais>>. Acesso em: 9 jun. 2016.

AMJAD, U.Q.; LUH, J.; BAUM, R.; BARTRAM, J. (2016) Water safety plans: bridges and barriers to implementation in North Carolina. *Journal of Water and Health*, v. 14, n. 5, p. 816-826. <http://doi.org/10.2166/wh.2016.011>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL (ABES). (2015) *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL*, 28., 2015, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: ABES. Disponível em: <<http://www.abes-dn.org.br/pdf/28Cbesa/Programa28Cbesa.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2017.

BASTOS R.K.X.; HELLER, L.; PRINCE, A.A.; BRANDÃO, C.C.S.; COSTA, S.S.; BEVILACQUA, P.D.; ALVES, R.M.S. (2006) *Boas práticas no abastecimento de água: procedimentos para a minimização de riscos à saúde - Manual para os responsáveis pela vigilância e controle*. Brasília: Ministério da Saúde, 260 p. (Série A. Normas e Manuais Técnicos).

BRASIL. (1997) *Lei Federal nº 9433, de 8 de janeiro de 1997*. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm>. Acesso em: 13 set. 2017.

_____. (2005) *Decreto Federal nº 5.440, de 4 de maio de 2005*. Estabelece definições e procedimentos sobre o controle de qualidade da água de sistemas de abastecimento e institui mecanismos e instrumentos para divulgação de informação ao consumidor sobre a qualidade da água para consumo humano. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Decreto/D5440.htm>. Acesso em: 17 ago. 2017.

_____. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). (2005) Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, n. 053, p. 58-63. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 02 ago. 2017.

_____. (2006) Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. *Manual de procedimentos de vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano*. Brasília: Ministério da Saúde. 212 p. Disponível em: <http://bvsm.sau.gov.br/bvs/publicacoes/manual_procedimentos_agua_consumo_humano.pdf>. Acesso em: 5 mar. 2016.

_____. (2007) *Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007*. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico, altera a Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, a Lei nº 8.036, de 11 de maio de 1990, a Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, e a Lei nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. (Redação dada pela Medida Provisória nº 868, de 2018). Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm>. Acesso em: 08 jun. 2017.

_____. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). (2008) Resolução CONAMA nº 396, de 3 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Seção 1, n. 66, p. 64-68. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562>>. Acesso em: 05 maio 2017.

_____. (2011) Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. *Diário Oficial da União*, Seção 1, n. 239, p. 39, p. 43.

_____. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). (2011) Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. *Diário Oficial da União*, n. 92, p. 89. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 03 jun. 2017.

_____. (2012) Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. *Plano de segurança da água: garantindo a qualidade e promovendo a saúde - um olhar do SUS*. Brasília: Ministério da Saúde. Disponível em: <http://bvsm.sau.gov.br/bvs/publicacoes/plano_seguranca_agua_qualidade_sus.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2017.

_____. (2015) Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. *Planos de Segurança da Água*. Disponível em: <https://www.abes-rs.org.br/novo/_materias/materias_7ninkd4da33x.pdf>. Acesso em: 1º ago. 2017.

_____. (2016) Ministério das Cidades. *Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) - Água e Esgoto 2015*. Brasília: Ministério das Cidades. Disponível em: <www.cidades.gov.br>. Acesso em: 1º ago. 2017.

BEUKEN, R. (org); REINOSO, M.; STURM, S.; KIEFER, J.; BONDELIND, M.; ASTRÖM, J.; A. LINDHE, A.; LOSÉN, L.; PETTERSSON, T.; MACHENBACH, I.; MELIN, E.; THORSEN, T.; EIKEBROKK, B.; HOKSTAD, P.; ROSTUM, J.; NIEWERSCH, C.; KIRCHNER, D.; KOZISEK, F.; GARI, D.W.; SWARTZ, C. MENAIA, J. (2008). *Identification and description of hazards for water supply systems - A catalogue of today's hazards and possible future hazards*. Updated version. TECHNEAU, Deliverable nº D4.14. 79p.

CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT (CCME). (2002) *From source to tap: the multi-barrier approach to safe drinking water*. Winnipeg: CCME. 11 p.

CARVALHO, R. (2012) *Implantação do plano de segurança da água na Sabesp*. São Paulo: Sabesp. 23 p. 65p. (monografia do curso de especialização em gestão ambiental - UFSCar/ISITEC).

CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (CDC). (2000) *Safe water systems for development word: a handbook for implementation household-based water treatment and safe storage project*. Atlanta: CDC. 218 p. Disponível em: <https://www.cdc.gov/safewater/manual/sws_manual.pdf>. Acesso em: 10 set. 2017.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO (SABESP). (2013) *PSA Cantareira Guarapuaçu: Identificação de Perigos*. São Paulo: Sabesp.

_____. (2014) *Relatório de Sustentabilidade*. São Paulo: Sabesp. Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/uploads/file/sociedade_mioamb/rs_2014.pdf>. Acesso em: 1º mar. 2016.

FROSCIO, S.M.; BOLTON, N.; COOKE, R.; WITTHOLZ, M.; CUNLIFFE, D. (2016) The South Australian Safe Drinking Water Act: summary of the first year of operation. *Journal of Water and Health*, v. 14, n. 3, p. 460-470. Disponível em: <<http://jwh.iwaponline.com/content/14/3/460>>. Acesso em: 1º ago. 2016. <https://doi.org/10.2166/wh.2016.218>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). (2008) *Pesquisa de Saneamento Básico*. Brasília: IBGE. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/pnsb/default.asp?o=23&i=P>>. Acesso em: 05 ago. 2017.

- KOLLURU, R. (1996) Risk Assessment and Management: a Unified Approach. In: KOLLURU, R.; BARTELL, S.; PITBLADO, R.; STRICOFF, S. *Risk Assessment and Management Handbook: for Environmental, Health and Safety Professionals*. Boston, Massachusetts: McGraw Hill. p. 1.3-1.41.
- MEDEMA, G.; ASHBOLT, N. (2006) QMRA: its value for risk management. Comunidade Europeia. 6 p. Disponível em: <http://www.camra.msu.edu/documents/QMRA_framework.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2017.
- MILLER, R.; GUICE, J.; DEERE, D. (2009) Risk Assessment for Drinking Water Sources - Research Report 78. WQRA Media, Austrália. 65p. Disponível em: <www.wqra.com.au>. Acesso em: 10 ago. 2017.
- NARDOCCI, A.C. (1999) *Risco como instrumento de gestão ambiental*. Tese (Doutorado) - Faculdade de Saúde Pública, São Paulo. 143 p.
- NASCIMENTO, S.G. (2016) *Estudo das diretrizes do Plano de Segurança da Água no Brasil*. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)/ISITEC, Pós-Graduação em Gestão Ambiental. 66 p.
- O'CONNOR, D.R. (2002) *The Walkerton Inquiry - Part 2*. Canadá: Ministry of Health, 2002.
- PETTERSON, S.R.; ASHBOLT, N.J. (2016) QMRA and water safety management: review of application in drinking water systems. *Journal of Water and Health*, v. 14, n. 4, p. 571-589. Disponível em: <<http://jwh.iwaponline.com/content/14/4/571>>. Acesso em: 15 jun. 2017. <https://doi.org/10.2166/wh.2016.262>
- SANDERS, M.S.; McCORMICK, E.J. (1993) Human Error, Accidents, and Safety. In: SANDERS, M.S.; McCORMICK, E.J. *Human Factors in Engineering and Design*. 7a. ed. Nova York: McGraw-Hill. p. 655-695. Acesso em: 1º mar. 2016.
- SÃO PAULO. (2016) Secretaria do Meio Ambiente. *Municípios do Sistema Cantareira*. Disponível em: <<http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/sifesp/2016/12/sistemacantareira.pdf>>. Acesso em: 1º set. 2017.
- SÃO PAULO. (1976) *Decreto Estadual nº 8.468, de 08 de setembro de 1976*. Disponível em: <http://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/legislacao/estadual/decretos/1976_Dec_Est_8468.pdf>. Acesso em: 07 ago. 2017.
- SHINAR, D.; GURION, B.; FLASCHER, O.M. (1991) The Perceptual Determinants of Workplace Hazards. In: ANNUAL MEETING, 35., San Francisco, California. *Proceedings of the Human Factors Society...* v. 2, p. 1095-1099.
- SILVA AUGUSTO, L.G.; FREITAS, C.M. (1998) O princípio da precaução no uso de indicadores de riscos químicos ambientais em saúde do trabalhador. *Ciência e Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 3, n. 2, p. 85-95.
- STANDARDS AUSTRALIA/STANDARDS NEW ZEALAND (AS/NZ). (2004) *Handbook: Risk Management Guidelines Companion to AS/NZS 4360:2004*. Austrália/Nova Zelândia: Standards Australia/Standards New Zealand. 131 p.
- VIEIRA, J.M. (2011) A strategic approach for Water Safety Plans: implementation in Portugal. *Journal of Water and Health*, v. 9, n. 1, p. 107-16. Disponível em: <<http://jwh.iwaponline.com/content/ppiwajwh/9/1/107.full.pdf>>. Acesso em: 02 jul. 2017. <https://doi.org/10.2166/wh.2010.150>
- VIEIRA, J.M.P.; MORAIS, C. (2005) *Planos de Segurança da Água para Consumo Humano em Sistemas Públicos de Abastecimento*. Lisboa: Instituto Regulador de Águas e Resíduos Sólidos e Universidade do Minho. Disponível em: <<http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/4609?locale=es>>. Acesso em: 12 mar. 2015.
- WATER SERVICES OF AUSTRALIA (WSA). (2015) *Drinking Water Source Assessment and Treatment Requirements - Manual for the Application of Health-Based Treatment Targets*. Austrália: WSA. 119 p.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). (2011) *Guidelines for drinking-water quality*. 4a. ed. Genebra: WHO. 564 p.
- _____. (2016) *Quantitative microbial risk assessment: application for water safety management*. Genebra: WHO. 196 p.
- YE, B.; CHEN, Y.; LI, Y.; LI, H.; YANG, L.; WANG, W. (2015) Risk assessment and water safety plan: case study in Beijing, China. *Journal of Water and Health*, v. 13, n. 2, p. 510-521. <https://doi.org/10.2166/wh.2014.101>