

SAÚDE E SEGURANÇA OCUPACIONAL EM UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO: UM ESTUDO PRELIMINAR

OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY IN A DRINKING WATER TREATMENT PLANT: A PRELIMINARY SURVEY

Jonathan Tenório de Lima¹

Mateus Siegle²

Luciano André Deitos Koslowski³

Resumo: Existem perigos e riscos inerentes ao trabalho em estações de tratamento de água, seja residuária ou para consumo humano. No entanto, há poucos estudos que investigam os perigos desta última, apesar de as doenças do trabalho oriundas serem bem conhecidas. Neste trabalho foi realizada uma análise preliminar de perigos (APP) em uma estação de tratamento de água potável na região do Vale do Itajaí, Santa Catarina. A ETA em questão foi dividida em unidades: casa de química, calha Parshall (coagulação), floculação, decantação, filtração, reservatórios e casa de máquinas. As fontes de perigo elencadas pela Organização Internacional do Trabalho subsidiaram o estudo e serviram de base para a identificação dos perigos de cada unidade da ETA. A cada situação de perigo foram atribuídas uma frequência possível e uma severidade. Correspondentemente, verificou-se que existem riscos de grau alto em todas as operações e riscos extremos na decantação e na filtração. Uma análise das medidas de prevenção/correção sugere que a planta da ETA deve passar por uma atualização para mitigar os riscos à saúde e segurança dos trabalhadores.

Palavras-chaves: análise preliminar de perigos, saúde ocupacional, tratamento de água para consumo humano.

Abstract: *Hazards and risks are inherent to working at wastewater or drinking water treatment facilities. Nevertheless, there are few works which investigate the hazards posed by the last one despite the knowledge on the deriving diseases. In the present work was carried out a preliminary hazard analysis (PHA) at a potable water treatment plant (WTP) located in Vale do Itajaí valley, Santa Catarina state, Brazil. The WTP was divided into seven units such as the operations and processes actually performed in place: chemistry house, Parshall flume, flocculation, sedimentation, filtering, reservoirs, and house of engines. The hazard identification step was inspired by the hazard sources within the reports of the International Labour Organization for drinking water treatment plants. To each hazard situation was attributed a likelihood and a severity which then was converted in risks by means of a risk matrix. High level risks were identified for all units of the WTP and extreme risks are associated with the sedimentation and filtration operations. An assessment from the preventive/corrective measures suggests an update to the WTP layout in order to mitigate the risks to the health and safety of the workers.*

Keywords: *preliminary hazard analysis, occupational health, potable water treatment.*

1 Introdução

A indústria da água está presente em todos os lugares do mundo, em maior ou menor extensão, centralizada ou distribuída, pública ou particular. Neste sentido, constitui um dos

¹Engenheiro Ambiental e Sanitarista, Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho, Consultor – Brasil, email : jonathantenorio88@gmail.com

²Egresso do curso de graduação em Engenharia Sanitária, Universidade do Estado de Santa Catarina/UNESC, Campus Alto Vale – Brasil, email : mateus.siegle@hotmail.com

³Universidade do Estado de Santa Catarina/UNESC, Campus Alto Vale - Brasil, email : luciano.koslowski@unesc.br

requisitos essenciais à manutenção da qualidade de vida e saúde das populações. Mesmo os países em estágio inicial de desenvolvimento possuem alguma tecnologia de tratamento de água, ainda que rudimentar. Devido à sua importância, desperta constante vigilância para a qualidade da água distribuída e raramente para a saúde e segurança dos profissionais responsáveis por implementar as operações de potabilização. Neste aspecto, operadores das estações de tratamento de água encontram-se inseridos em ambientes propensos a acidentes e doenças relacionadas aos agentes ambientais, compreendendo processos de captação de água bruta nos mananciais e fornecimento de água potável à população (CAVALCANTI, LAGO E JÚNIOR, 2017).

Os responsáveis administrativos da ETA podem associar a segurança da operação a fatores como a continuidade do serviço, a adaptação as variações de consumo e a confiabilidade do sistema (RAK, 2009). Contudo, esta é uma visão puramente mecanicista. O fator humano não deve ser menosprezado, afinal em qualquer atividade, a saúde e a segurança dos trabalhadores são primordiais para garantir-se a perenidade da operação.

O tema da análise de risco já foi investigado em estações de tratamento de efluentes e alguns dos primeiros estudos realizaram levantamentos das doenças relacionadas ao local de trabalho como Scarlett-Kranz et al. (1987). O conhecimento sobre o tema evoluiu e existem atualmente estudos bastante específicos que investigam os riscos ocupacionais da exposição aos aerossóis e bioaerossóis (HAN et al., 2019; YANG et al., 2019; KOZAJDA e JESAK, 2020), avaliam o impacto das estações de tratamento de esgoto sobre as comunidades próximas (VANTARAKIS et al., 2016) e ainda a percepção dos trabalhadores sobre os riscos aos quais estão expostos (JAREMKÓW, KAWALEC e PAWLAS, 2018). Estudos iniciais, como o de Scandelai et al. (2018), enriquecem os meios técnico e científico com informações, fornecem subsídios para os gestores e validam as técnicas e conceitos relativos às ciências do risco. Spellman e Welsh (2018) apresentam em detalhes as medidas de segurança que devem ser adotadas em ETE com seu livro, já em terceira edição.

Os operadores de estações de tratamento de água para consumo humano são trabalhadores também expostos aos diversos riscos ambientais, mecânicos e ergonômicos conforme pontuam Velasquez et al. (2018). Os pesquisadores Falakh e Setiani (2018) conduziram uma identificação de perigos e respectiva avaliação de riscos em uma estação de tratamento de água localizada na Indonésia. Os autores verificaram a ocorrência de 22 perigos potenciais e avaliaram como extremos os riscos de vazamento de cloreto e incêndios industriais. Em outro estudo recente, Gheibi, Karrabi e Eftkhari (2019) utilizaram a técnica de análise de modos e efeitos de falhas (FMEA) para desenvolver uma análise de risco para o processo de cloração em ETA e concluíram que esta unidade merece prioridade quando do projeto da estação. Vasović, Stanković e Vranjanac (2018) fizeram um levantamento das principais medidas gerenciais para garantir-se a segurança dos trabalhadores em ETA.

Alguns riscos são percebidos de imediato como o risco químico potencial de intoxicação por cloro gás ou o risco de explosão, não obstante, outros riscos dependem de estudos mais detalhados e aguçada percepção. Os desafios presentes e futuros para a indústria da água potável incluem a demanda crescente, o aumento da frequência de eventos extremos, alterações nos ciclos biogeoquímicos e a deterioração da qualidade da água (BROOKES et al., 2014). Este último tem despertado crescente interesse devido à diversidade de poluentes emergentes que são encontrados nas fontes de abastecimento (PEÑA-GUZMÁN et al., 2019; BORRULL et al, 2020), sendo a maioria deles ainda não detectado pelos laboratórios devido à falta de protocolos. Neste aspecto, enfermidades e doenças ocupacionais ocorridas no ambiente de trabalho tem relação direta com o desconhecimento da atividade do trabalho, contribuindo para este cenário a forma de relacionamento e comunicação referentes à formação e experiência profissional no ambiente de trabalho (LUZ, COTRIM e

CAMAROTTO, 2015). A todas essas questões soma-se o impacto da pandemia de COVID-19, que segundo Bhowmick et al. (2020), já representa risco devido à alta taxa de transmissão e o potencial de poluição da água, sobretudo, em regiões densamente povoadas e com saneamento precário.

O presente trabalho consiste em uma análise preliminar de perigos, desenvolvida em uma estação de tratamento de água para consumo humano, com o objetivo de identificar os principais perigos aos quais os operadores estão expostos e, propor medidas de controle.

2 Materiais e Métodos

2.1 Conceitos fundamentais

As ciências que estudam os riscos estão em desenvolvimento crescente e existem atualmente muitas abordagens distintas, com foco nas mais diversas atividades humanas. Tradicionalmente, risco e perigo são conceitos fortemente associados à indústria em geral, mas sobretudo, à indústria química, devido às características inerentes aos reagentes químicos. Entretanto, sempre houve interesse em perceber e avaliar os riscos da construção civil, da indústria da mineração, na engenharia de recursos hídricos, nos serviços de saúde, na engenharia de transportes e na indústria dos alimentos e bebidas. Mais recentemente, surgiram protocolos para estudar os riscos em atividades mais especializadas como a reabilitação de áreas contaminadas. Existem ainda estudos que associam a qualidade das etapas em uma estação de tratamento de efluentes aos riscos à saúde da população atendida ou ao meio ambiente (YANG et al., 2019). Por conta deste contexto, múltiplo em conceitos e métodos, que nem sempre concordam entre si, é necessário introduzir os princípios elementares que subsidiaram a realização do presente trabalho.

Alguns autores afirmam que análise de risco e avaliação de risco são sinônimos (RAUSAND e HAUGEN, 2020), entretanto, existe outra vertente que percebe no termo ‘análise de risco’ uma estrutura composta pelas atividades de identificação dos riscos, avaliação da exposição, avaliação de risco e, por fim, a comunicação dos riscos. Esta segunda conceituação é mais comum nas ciências da saúde e nas ciências ambientais. A norma ABNT NBR ISO 31.000 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2018) trata da gestão de riscos e relaciona o conceito de ‘análise de risco’ ao estudo, qualitativo ou quantitativo, que determina os riscos e estima sua magnitude, enquanto a ‘avaliação de risco’ seria o processo de tomada de decisões para a melhoria, baseado no estudo anterior. Segundo esta norma, o processo de gestão de riscos (Figura 1) é uma atividade maior e que engloba o processo de avaliação de riscos. Este se inicia com a identificação dos riscos, passa pela análise de riscos e conclui-se com a avaliação de riscos em períodos estipulados pela gestão das empresas, porquanto a tomada de decisões.

O estudo dos riscos é uma atividade sistemática e pode ser conduzido por meio de métodos qualitativos ou quantitativos. No primeiro método identificam-se as fontes e os agentes perigosos do ambiente do trabalho e projetam-se possíveis cenários de acidentes, já um estudo quantitativo requer invariavelmente o registro dos incidentes ocorridos no local de trabalho e utiliza-se dos conhecimentos de estatística e probabilidade para calcular a chance de cada evento.

Os conceitos de risco e perigo também são passíveis de conflito semântico, contudo, existe um consenso, em diversas literaturas técnicas e científicas, de que o perigo representa uma ação ou atividade que possa causar dano ou prejuízo às pessoas ou à infraestrutura, e o risco compreende a materialização do perigo, isto é, a probabilidade de que um evento perigoso possa de fato ocorrer. Nas disciplinas de segurança do trabalho costuma-se ainda

utilizar o termo ‘agente de perigo’ para designar qualquer forma de matéria ou energia, podendo inclusive ser biológica, que devido à concentração, intensidade ou à características inerentes, são capazes de causar lesão ou agravo à saúde dos trabalhadores conforme definido na norma regulamentadora 01 (NR 01) do Ministério do Trabalho (MTe, 2020).

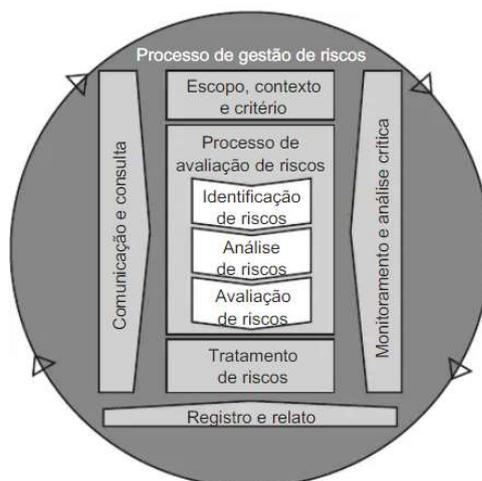


Figura 1. Processo de gestão de riscos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2018).

No presente trabalho foi desenvolvida uma análise preliminar de risco ocupacional qualitativa em uma estação de tratamento de água (ETA) para consumo humano, localizada na região do Vale do Itajaí. Os termos e conceitos relativos à ciência dos riscos seguem as definições legais e normativas apresentadas anteriormente.

2.2 Objeto de estudo

O presente estudo foi coordenado em uma estação de tratamento de água para abastecimento humano, localizada na região do Vale do Itajaí, estado de Santa Catarina. O trabalho de campo foi realizado no primeiro semestre de 2019 e contou com duas visitas completas a todas as unidades da ETA, além de visitas curtas espaçadas, para o acompanhamento de possíveis incidentes.

A primeira visita serviu para conhecer a ETA, suas unidades, valores de referência de operação, número de funcionários, turnos, atividades desempenhadas, identificar os locais de armazenamento dos produtos químicos e verificar o fluxo de operação. Após esta visita foi elaborado um questionário para os funcionários da ETA para que fossem registrados os incidentes e acidentes ocorridos ao longo da pesquisa. O objetivo desta tarefa era obter dados reais para uma segunda fase da pesquisa, em que seriam estudadas as probabilidades dos eventos. Contudo, os funcionários não mantiveram um registro contínuo dos incidentes e apenas dois questionários foram preenchidos dentro do período da pesquisa. A segunda visita completa foi realizada para dirimir dúvidas específicas que surgiram com avanço do projeto.

A ETA funciona como um sistema convencional, trata uma vazão média de 44 L.s-1 e tem horário de operação médio diário de 18 h.dia-1. A Figura 2 apresenta um esquema simplificado da ETA, suas unidades e o fluxo de operação.

A captação de água é realizada em uma barragem de acumulação de nível e curso d'água enquadrada como Classe II. Ao entrar na ETA a água bruta atravessa uma calha Parshall e recebe a adição do policloreto de alumínio (coagulante) com vazão média de 0,0017 L.s-1. Esse valor pode variar conforme a turbidez da água bruta. Nesta unidade ocorre

a mistura rápida. A água chega até aos fluculadores hidráulicos, onde ocorre a floculação, e depois segue para dois decantadores de alta taxa até alcançar os filtros descendentes (rápidos), logo depois, a água passa pela desinfecção (cloro gás) e fluoretação e é então armazenada. O sistema de abastecimento de água possui nove reservatórios, dos quais seis têm, em conjunto, 1.400 m³ de capacidade e compreendem o sistema principal de reservação, dentre esses, dois reservatórios possuem, juntos, capacidade de 1.000 m³ e estão alocados junto à ETA. Os três reservatórios restantes têm uma capacidade conjunta de 195 m³, porém, estavam desativados na época em que o estudo foi conduzido. Da mesma forma, existem ainda cinco estações elevatórias de água tratada que pertencem ao sistema de abastecimento.

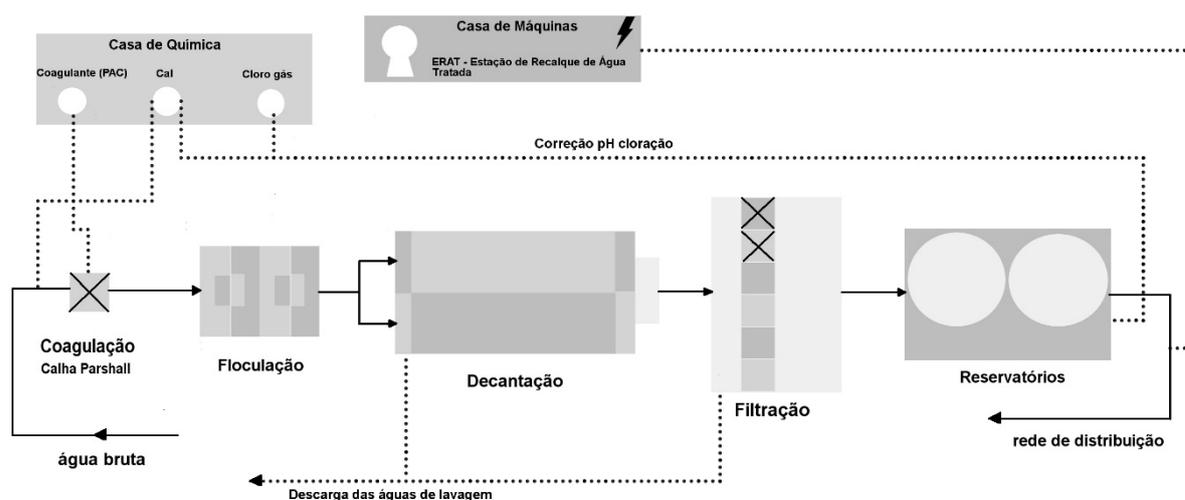


Figura 2. Esquema da ETA e suas unidades de operação.

Os produtos químicos são usados com elevada frequência e, segundo os operadores, não ultrapassam o limite de validade. Cada produto químico é acompanhado da respectiva Ficha de Informação de Segurança para Produtos Químicos (FISPQ).

A empresa disponibilizou equipamentos de proteção individual (EPI) aos operadores, incluindo: camisa, calça, calçado, luva, óculos de proteção, protetor auricular e máscara de gases facial; todos com o certificado de aprovação (CA).

2.3 Análise preliminar de perigos (APP)

A análise preliminar de perigos (APP) ou *preliminary hazard analysis* (PHA) é uma técnica desenvolvida pelo Exército dos Estados Unidos e tem sido aplicada nas áreas de defesa, análise de segurança de máquinas, estações de processamento entre outras aplicações (OSTROM e WILHELMSSEN, 2019; RAUSAND e HAUGEN, 2020). A metodologia APP visa a identificação e a avaliação de perigos nos estágios iniciais de um empreendimento ou ainda na fase de projeto, porém pode ainda ser empregada em fases avançadas de um projeto (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012). Para a maioria das situações, a técnica de APP é vista como o ponto de partida para estudos mais detalhados, entretanto, a qualidade do estudo desenvolvido neste estágio inicial pode influenciar significativamente os estudos seguintes. A Análise preliminar de perigos é conhecida também como identificação de perigos (*hazard identification*, HAZID) e *rapid risk ranking* (RRR), quando o estudo é ainda mais simplificado. A sigla em inglês, PHA, também designa a análise de processos perigosos (*process hazard analysis*), sendo este último termo muito utilizado

pelos órgãos de saúde e segurança ocupacional como a *Occupational Safety and Health Administration* dos Estados Unidos (OSHA).

A análise preliminar de perigos consiste em uma técnica simples, sistemática, bastante difundida e com diversas aplicações. A técnica é, em natureza, qualitativa, dado que se utiliza o termo ‘perigo’ e não ‘risco’. A ausência de medidas estatísticas e do efetivo cálculo dos riscos reforçam o conceito preliminar, o que limita sua aplicação na avaliação de riscos e no processo de tomada de decisões. Popov e Lyon (2016) reforçam ainda que os perigos são identificados e analisados individualmente com a técnica de APP e, assim, os potenciais efeitos sinérgicos de perigos combinados podem não ser verificados.

Uma vez que o objeto de análise foi devidamente reconhecido e delimitado, a análise preliminar de perigos pode ser realizada seguindo-se uma sequência sistemática de etapas. A descrição destas etapas pode apresentar variações na literatura, todas baseadas no documento MIL-STD-882E desenvolvido pelo exército dos EUA (*US Army*). Os sete passos para a realização do presente estudo estão descritos a seguir:

(1) Planejamento e preparação → estudar cuidadosamente o objeto de estudo, compreender seu funcionamento, os atores partícipes, as minudências de cada processo e como se comunicam, o tempo de duração de cada processo, os valores de referência e seus extremos, registrar informações fornecidas pelos operadores, construir esquemas, mapas, plantas e gráficos;

(2) Identificar perigos e eventos perigosos → estabelecer uma lista dos potenciais perigos e eventos perigosos que serão estudados adiante. O acompanhamento de uma equipe com experiência em APP é muito importante, principalmente, por ajudar a limitar o número de eventos e distinguir os eventos realmente significativos. Costuma-se referir a esta etapa como um momento de brainstorm ou tempestade de ideias que conduz a um check-list eficaz. No presente trabalho, os autores valeram-se de suas experiências pessoais, dos comentários dos funcionários da ETA e da lista de perigos e medidas preventivas criadas pela Organização Internacional do Trabalho (OIT), conforme a Tabela 1;

(3) Determinar a frequência dos eventos perigosos → deve-se definir as causas e estimar a frequência dos eventos perigosos. Neste trabalho foram adotadas as definições a seguir:

- (I) Improvável: os eventos não são esperados de ocorrer durante a vida útil da instalação;
- (II) Remoto: os eventos provavelmente não ocorreram durante a vida útil da instalação;
- (III) Possível: é esperado que o evento ocorra uma vez durante a vida útil da instalação;
- (IV) Ocasional: o evento deve ocorrer diversas vezes ao longo da vida útil da instalação;
- (V) Recorrente: o evento se repete frequentemente.

(4) Determinar as consequências dos eventos perigosos (severidade) → neste trabalho foram adotados os conceitos de consequência dados como:

- (I) Desprezível: não causa danos ao sistema, seu funcionamento ou aos indivíduos presentes;
- (II) Marginal ou limítrofe: degradação moderada ou danos menores, pode causar lesões temporárias aos trabalhadores. É passível de controle e compensação, gera menor impacto externo;
- (III) Grave: pode causar lesões incapacitantes permanentes e perda de produção. Impacto externo moderado, podendo haver efeitos adversos para o público. Coloca o sistema em risco e necessita de ações corretivas imediatas;
- (IV) Crítica: morte no local ou lesões incapacitantes permanentes, danos severos à propriedade, perda excessiva de produção, intenso impacto externo com efeitos sobre a saúde do público no curto prazo;

- (V) Catastrófica: múltiplas mortes no local ou várias lesões incapacitantes permanentes, dano gravíssimo ao sistema com intenso impacto externo, as ações corretivas não surtirão efeito.

(5) Avaliação dos riscos → o conhecimento do evento perigoso somado a sua frequência e consequências são informações suficientes para caracterizar o risco. No caso da análise preliminar de perigos, a frequência e as consequências são estimadas empiricamente e não foram calculadas probabilidades de ocorrências, entretanto, é prática comum assumir o termo ‘risco’ nesta etapa. A cada perigo é atribuída uma frequência e uma severidade e estas informações juntas compõem a matriz de riscos (Figura 3);

(6) Sugerir medidas de redução dos riscos → esta etapa, na verdade ocorre, ao longo de todo o estudo, quando a equipe faz um apanhado das possíveis medidas para cada perigo, entretanto, após a avaliação de risco é importante limitar as opções apenas àquelas mais efetivas e adequadas às condições locais;

(7) Redigir um relatório após a conclusão da APP. Neste trabalho os relatórios incluem os campos ‘ação ou atividade’, ‘fatores de risco’, ‘consequências’, ‘frequência’, ‘severidade’, ‘classe de risco’, ‘classificação do risco’ e ‘medidas de prevenção’.

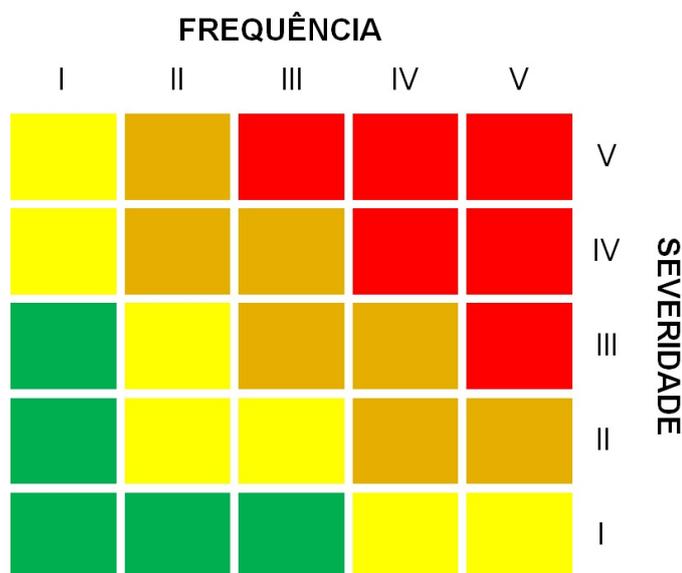


Figura 3. Matriz de riscos para análise preliminar de perigos (FALAKH e SETIANI, 2018).

Tabela 1 - Lista de perigos aos trabalhadores em estações de tratamento de água.

#	Perigos relacionados ao tratamento da água	
I	RA	Quedas, escorregões e tropeços em pisos molhados e escorregadios durante o manuseio com água.
II		Queda devido a escadas defeituosas e queda de altura enquanto estiver escalando ou estiver em instalação elevada.
III		Queda dentro da instalação industrial e/ou poço de água ao inspecionar ou ao coletar amostras de água para análise.
IV		Lesões causadas por prender a roupa ou partes do corpo em peças móveis/giratórias não protegidas de máquinas.
V		Choque elétrico causado pelo contato com fio enérgico ou instalação elétrica defeituosa (o perigo é alto por se tratar de ambiente de trabalho úmido).
VI		Exposição a substâncias perigosas, em razão da liberação de substâncias tóxicas resultante de acidente ou erro humano.
VI		Exposição a substâncias perigosas, em razão da liberação de substâncias tóxicas resultante de acidente ou erro humano.

Tabela 1 - Lista de perigos aos trabalhadores em estações de tratamento de água (continuação).

#	Perigos relacionados ao tratamento da água	
VIII		Risco de explosão, em caso de contato entre ozônio (oxidante muito forte) e químicos orgânicos e fortes agentes de redução.
IX		Risco de afogamento quando trabalhar dentro de reservatórios ou estiver imerso em cursos de água com forte corrente.
X		Risco de sufocamento ao executar trabalhos de manutenção em locais confinados (tanques, reservatórios).
XI		Exposição a altos níveis de ruído, originados de equipamentos eletromecânicos e um ambiente barulhento.
XII	RF	Exposição a condições climáticas adversas: risco de pegar resfriado como resultado de trabalho em local com vento, baixas temperaturas ou enquanto chove; ou excesso de calor no verão.
XIII		Exposição à radiação UV durante desinfecção da água (caso esse método seja utilizado), pode ser prejudicial para os olhos e para a pele.
XIV	RQ	Exposição aos diferentes tipos de desinfetantes usados na desinfecção da água: cloro gás (utilizado na ETA em estudo) - é um oxidante muito forte, é tóxico e corrosivo, que causa irritação nos olhos e no trato respiratório até mesmo em baixas concentrações.
XV		Exposição aos coagulantes. Exemplo: Policloreto de Alumínio (PAC)-corrosivo/irritante à pele; prejuízo sério aos olhos.
XVI	RB	Nenhum risco biológico identificado, exceto a possível exposição aos insetos e roedores que podem transmitir doenças.
XVII		Risco de exposição aos microrganismos patogênicos devido ao contato acidental entre água potável e água residual.
XVIII		Lesões musculoesqueléticas causadas por posturas de trabalho inadequadas durante a limpeza/inspeção do sistema de tubulação e/ou da instalação.
XIX		Excesso de esforço ao mover ou manusear equipamento pesado ou grandes pacotes de produtos químicos, podem afetar vários sistemas do corpo.
XX	RE	Estresse psicológico e pressão devido a fatores ambientais: ruído irritante, humidade elevada, salpicos de água e odores.
XXI		Problemas psicossociais devido ao aumento da carga de trabalho, requisitos de melhoria no trabalho, necessidade constante de altos níveis de habilidade, compromisso de atender chamadas inesperadas em situações de emergência; exigência de fazer horas extras de trabalho por turnos.

Legenda: RA – Risco de Acidente; RF – Risco Físico; RQ – Risco Químico; RB – Risco Biológico; RE – Risco Ergonômico e Psicossocial.

Fonte: Adaptado de Organização Internacional do Trabalho (OIT) (2009).

3 Resultados e discussões

Ao longo das visitas à ETA foram verificadas as condições de operação de cada uma das unidades. Neste aspecto, apresenta-se instalada sobre a calha Parshall e os floculadores uma tubulação de água bruta improvisada, dificultando a manutenção das unidades. As paredes dos floculadores estavam recobertas por lodo, devido à falta de limpezas periódicas, comprometendo assim a eficiência do processo. Os decantadores apresentaram avançado grau de deterioração. A limpeza dos decantadores deveria ser realizada semanalmente e uma empresa foi contratada para coletar e dispor esse lodo. Dos seis filtros rápidos instalados, apenas quatro estavam em funcionamento. Notou-se a ausência de guarda-corpos em toda a extensão das unidades de floculação, decantação e filtração, como pode ser visto na Figura 4, apenas alguns trechos curtos, que separam as unidades do acesso aos transeuntes, possuem o

EPC. Outras observações serão apresentadas mais adiante. Três operadores se revezam entre turnos para garantir a manutenção do tratamento da água na ETA.



Figura 4. Fotos das unidades de floculação (a), decantação (b) e filtração (c).

A Tabela 2 sumariza os resultados obtidos para a APP desenvolvida na estação de tratamento de água. Foram analisadas as seguintes unidades: casa de química, calha Parshall, floculação, decantação, filtração, reservação e casa de máquinas.

Na casa de química os principais perigos estão relacionados com o manuseio dos produtos químicos, como o policloreto de alumínio (PAC) e o cloro-gás. Nesta unidade podem ainda ser realizados testes com outros reagentes. Os fatores de risco derivam do contato dos produtos com a pele, mucosas e olhos. O contato pode gerar consequências como irritação, náusea, vômito, diarreia, danos à visão, asfixia e óbito. Os riscos são predominantemente químicos e de grau médio. As medidas de prevenção/correção focam-se sobretudo no uso correto dos EPI. Vale destacar que a NR 6 (BRASIL, 2018) determina que o uso de EPI e EPC é obrigatório quando não for possível eliminar ou minimizar os riscos presentes. A sugestão ‘uso de EPI’ é apenas uma forma de reforçar a importância da utilização dos equipamentos de proteção individuais ou coletivos adequados e de forma correta e não compreende uma resposta ao uso efetivo pelos trabalhadores da ETA; não foi realizado nenhum acompanhamento do tipo.

No presente trabalho, os riscos foram minimizados devido ao método de operação na ETA. O tanque de gás-cloro é mantido em área com intensa ventilação e sob pressão moderada para evitar fugas. Contudo, Gheibi, Karrabi e Eftkhari (2019) identificaram os riscos de manipulação do gás-cloro com grau extremo, incluindo também o risco de explosão. O grau de detalhamento empregado pelos autores sugere que novas análises de risco devem ser conduzidas na casa de química.

Na unidade calha Parshall as ações/atividades perigosas estão relacionadas ao acesso e a manutenção do equipamento. São fatores de risco a ausência de piso antiderrapante na escadaria de acesso, operação em altura (BRASIL, 2019), em área descoberta e a presença de objetos obstruindo a passagem. As principais consequências são escorregamentos, quedas, lesões e fraturas. Os riscos são altos e as medidas corretivas focam nas alterações que devem ser feitas na unidade para aumentar a segurança dos trabalhadores.

Na unidade de floculação existem perigos associados, sobretudo, ao acesso e operação dos serviços. Existe a necessidade de passar antes pela calha Parshall, a operação é realizada à céu aberto e a maioria dos trechos não dispõe de guarda-corpo. Aos perigos, já mencionados na unidade anterior, somam-se o afogamento e o óbito. Os riscos são todos altos. As medidas de prevenção reforçam a necessidade de alteração do layout, o uso de EPI e atenção às condições climáticas. Esta última deve-se ao trabalho à céu aberto, principalmente

em dias com chuvas intensas. A produção de água potável é uma atividade contínua e, portanto, não deve ser interrompida, mesmo em dias com elevada pluviosidade.

A unidade de filtração é composta por seis filtros rápidos e para a APP desenvolvida considerou-se todos os filtros, entretanto, nas visitas realizadas apenas quatro dos seis filtros estavam em funcionamento. Os perigos surgem no acesso e operação dessas unidades, devido à necessidade de passar por outras unidades como a calha Parshall, decantadores ou mesmo por outros filtros rápidos no caso das últimas unidades. As consequências variam desde tropeços, quedas, fraturas e insolação até mesmo afogamento e óbito. Devido às particularidades desta unidade e, em especial, das condições de acesso, os riscos são preponderantemente altos e, em alguns casos, os autores julgaram serem extremos como nos acessos aos filtros 02 e 03. Apesar da APP não considerar os efeitos sinérgicos dos perigos, os autores acreditam que as peculiaridades desta unidade respaldam a escolha. As medidas de prevenção e correção variam desde o uso de EPI até a alteração do projeto, sendo ainda importante o acompanhamento das condições climáticas locais.

Tabela 2. Matriz de riscos para as unidades da ETA.

Atividade do Processo		Fator de Risco	Consequências	F	S	Grau	CR	Medidas de Prevenção/Correção	
Unidade: casa de química	Subunidade: -	Armazenamento de embalagens de policloreto de alumínio (PCA) e flúor	Contaminação por contato direto e inalação dos produtos	Irritação, danos à visão e indigestão	II	II	médio	Q	Uso de EPI adequado
		Armazenamento de cilindros de cloro-gás	Inalação do produto	Asfíxia, acidente fatal	II	V	alto	Q	Uso de EPI, requer melhoria do processo
		Manuseio de produto químico para os testes	Contato com pele e olhos	Irritação, danos à visão	II	II	médio	Q	Uso de EPI
		Manuseio do flúor até o dosador	Inalação do produto, intenso esforço físico	Náuseas, vômito, diarreia, dor abdominal, lombalgia	III	III	médio	Q, E	Uso de EPI e EPC, requer melhoria do processo
Unidade: calha Parshall	Subunidade: -	Acesso à calha Parshall	Escadaria sem piso anti-derrapante	Escorregamentos, quedas, lesões, fratura	II	II	médio	A	Adição de faixa anti-derrapante aos degraus
		Manutenção da calha Parshall	Operação em altura, área descoberta e escorregadia (dias chuvosos)	Escorregamentos, quedas, lesões, fraturas; insolação	II	IV	alto	A	Uso de EPI; atenção ao clima
			Presença de uma mangueira ao chão obstruindo a passagem	Quedas devido à obstrução, lesões, fratura	II	IV	alto	A	Maior atenção dos funcionários; Alteração do <i>layout</i> ou projeto
Unidade: floculação	Subunidade: floculador 01	Acesso à área do floculador 01	Necessidade de passar pela calha Parshall, contendo uma mangueira ao nível do terreno que obstrui a passagem	Tropeços, quedas, lesões, fraturas	II	IV	alto	A	Remover a mangueira após uso, alteração do <i>layout</i> ou projeto
		Operação no floculador	Operação à céu aberto	Insolação, queda por escorregamento (chuva)	II	IV	alto	F, A	Uso de EPI; atenção ao clima
			Ausência de guarda-corpos na instalação	Queda em altura, afogamento, óbito	II	V	alto	A	Operação requer ao menos dois funcionários; alteração do <i>layout</i> ou projeto

Tabela 2. Matriz de riscos para as unidades da ETA (continuação).

	Subunidade: flocculador 02	Acesso à área do flocculador 02	Necessário passar antes pelo flocculador 01	Tropeços, quedas, lesões, afogamento	III	V	extremo	A	Remover a mangueira após uso, alteração do layout ou projeto
		Operações no flocculador	Operação à céu aberto	Insolação, queda por escorregamento (chuva)	III	IV	alto	A, F	Uso de EPI
			Ausência de guarda-corpos na instalação	Queda, afogamento, óbito	II	IV	alto	A	Alteração do layout ou projeto
Unidade: decantação	Subunidade: decantador 01	Acesso a área do decantador 01	Necessário passar pela calha Parshall, mangueira ao nível do terreno obstrui passagem	Tropeços, quedas, lesões, fraturas	III	IV	alto	A	Remover a mangueira após uso, alteração do layout ou projeto
		Operações no decantador	Área descoberta, operação em altura	Insolação, queda por escorregamento (chuva)	III	IV	alto	A, F	Uso de EPI; atenção ao clima; alteração do layout ou projeto
			Ausência de guarda-corpo na instalação	Queda, afogamento, óbito	II	V	alto	A, F	Alteração do layout ou projeto
	Subunidade: decantador 02	Acesso à área do decantador 02	Necessidade de passar pela calha Parshall e o decantador 01	Tropeços, quedas, lesões, afogamento, óbito	III	V	extremo	A, F	Uso de EPI
		Operações no decantador	Área descoberta, operação em altura	Insolação, queda por escorregamento (chuva)	III	IV	alto	A	Operação requer ao menos dois funcionários; uso de EPI; alteração do layout ou projeto
			Ausência de guarda-corpo na instalação	Queda, afogamento, óbito	II	V	alto	A	Alteração do layout ou projeto
Unidade: filtração	Subunidade: filtro rápido 01	Acesso à área do filtro	Necessário passar pela calha Parshall, mangueira ao nível do terreno obstrui passagem	Tropeços, quedas, lesões, fraturas	III	IV	alto	A, F	Remover a mangueira após uso, alteração do layout ou projeto
		Operações no filtro	Operação em área descoberta, sujeita a escorregamento (chuva)	Queda, insolação	III	IV	alto	A, F	Uso de EPI; alteração do layout ou projeto
	Subunidade: filtro rápido 02		Ausência de guarda-corpo na instalação	Queda, afogamento, óbito	II	V	alto	A	Instalação de EPC; Alteração do layout ou projeto
		Acesso à área do filtro	Necessário passar pela calha Parshall, filtro 01 e decantador 01	Tropeços, quedas, lesões, fraturas, afogamento	III	V	extremo	A	Maior atenção dos funcionários; Alteração do layout ou projeto
		Operações no filtro	Operação em área descoberta, sujeita a escorregamento (chuva)	Insolação, queda por escorregamento (chuva)	III	IV	alto	A, F	Uso de EPI; alteração do layout ou projeto
			Ausência de guarda-corpo na instalação	Queda, afogamento, óbito	II	IV	médio	A	Instalação de EPC; Alteração do layout ou projeto

Tabela 2. Matriz de riscos para as unidades da ETA (continuação).

Unidade: reservação	Subunidade: filtro rápido 03	Acesso à área do filtro	Necessário passar pelos filtro 01 e 02 e pelos decantadores	Tropeços, quedas, lesões, fraturas, afogamento, óbito	III	V	extremo	A	Maior atenção dos funcionários; Alteração do layout ou projeto
		Operações no filtro	Operação em área descoberta, sujeita a escorregamento (chuva)	Insolação, queda por escorregamento (chuva)	III	IV	alto	A, F	Uso de EPI; alteração do layout ou projeto
			Ausência de guarda-corpo na instalação	Queda, fratura, óbito	II	V	alto	A	Alteração do layout ou projeto
	Subunidade: filtro rápido 04	Acesso à área do filtro	Presença de uma mangueira ao chão obstruindo a passagem	Tropeços, quedas, lesões, fraturas	II	III	médio	A	Remover a mangueira após uso, alteração do layout ou projeto
		Operações no filtro	Operação em área descoberta, sujeita a escorregamento (chuva)	Queda por escorregamento, insolação	III	III	alto	A, F	Uso de EPI/EPC
			Trecho com guarda-corpo	Queda, afogamento, óbito	II	V	alto	A	Alteração do layout ou projeto
	Subunidade: filtro rápido 05	Acesso à área do filtro	Necessário passar pelo filtro 04, uma mangueira obstrui a passagem	Tropeços, quedas, lesões, fraturas	III	IV	alto	A	Remover a mangueira após uso, alteração do layout ou projeto
		Operações no filtro	Operação em área descoberta, sujeita a escorregamento (chuva)	Queda por escorregamento, insolação	III	III	alto	A, F	Uso de EPI; alteração do layout ou projeto
			Ausência de guarda-corpo na instalação	Queda, afogamento, óbito	II	V	alto	A	Alteração do layout ou projeto
	Subunidade: filtro rápido 06	Acesso à área do filtro	Necessário passar pelos filtros 04 e 05	Tropeços, quedas, lesões, fraturas	III	IV	alto	A	Maior atenção dos funcionários; Alteração do layout ou projeto
		Operações no filtro	Operação em área descoberta, sujeita a escorregamento (chuva)	Queda por escorregamento, insolação	III	III	alto	A, F	Uso de EPI; alteração do layout ou projeto
		Trecho com guarda-corpo	Queda, fratura, óbito	II	III	médio	A	Alteração do layout ou projeto	
Subunidade: reservatório 01 e 02	Acesso à área do reservatório	Ausência de pavimentação no acesso	Queda por escorregamento, lesões, fratura	II	II	médio	A	Melhorias na infraestrutura	
	Operações no reservatório	Contato com animais peçonhentos e insetos	Picadas de animais e insetos; envenenamento	II	III	médio	A, B	Uso de EPI; monitoramento da fauna	
	Verificação do nível	Área descoberta; exposição à temperaturas elevadas	Insolação	II	II	médio	F	Uso de EPI	
		Esforço físico para verificação do nível; ausência de grades de proteção	Quedas, lesões, fraturas	II	III	médio	A	Alteração do layout ou projeto	
	Presença de fio de alta tensão na altura do reservatório	Choque elétrico; óbito	II	V	alto	A	Maior atenção dos funcionários; Alteração do layout ou projeto		

Tabela 2. Matriz de riscos para as unidades da ETA (continuação).

Unidade: casa de máquinas	Subunidade: -	Acesso à cada de máquinas	Rampa de acesso com rachaduras, sem corrimão e sem cobertura	Tropeços, quedas, lesões, fraturas	II	III	médio	A	Instalação de corrimão
		Operações na casa de máquinas	Painel elétrico	Choque elétrico; óbito	II	V	alto	F, A	Uso de EPI
			Presença de roedores e animais peçonhentos	Transmissão de doenças; incapacitação temporária	II	III	médio	A, B	Uso de EPI
			Ruído elevado	falhas do aparelho auditivo	II	II	médio	F	Uso de EPI

F = frequência; S = severidade; CR = classificação do risco (A = acidente; B = biológico; E = ergonômico; F = físico; Q = químico).

Fonte: autoria própria.

Os dois reservatórios contíguos à ETA também foram analisados. Identificou-se três atividades perigosas: o acesso à área dos reservatórios, a operação dos reservatórios e a verificação de nível. Os perigos estão associados à ausência de pavimentação no acesso aos reservatórios, contato com animais peçonhentos e insetos, trabalho à céu aberto e exposição à elevadas temperaturas, grande esforço físico para a verificação do nível, ausência de grades de proteção e suporte e ainda a presença de uma instalação elétrica de alta tensão na altura do reservatório. Os riscos foram considerados em sua maioria de grau médio, contudo, pode ser alto para a última condição de perigo. As medidas de correção enfatizam a necessidade de alteração do projeto e adaptação às normas de segurança.

A última unidade analisada foi a casa de máquinas e, a semelhança das unidades anteriores, os perigos são inerentes ao acesso e operação do sistema. A rampa de acesso apresenta várias rachaduras e não possui corrimão ou cobertura. Da mesma forma, foi observada a presença de roedores nas proximidades e relatos apontam a ocorrência de animais peçonhentos. O painel elétrico e o ruído emitido representam ainda fontes de risco físico e de acidente. As consequências alternam entre tropeços, quedas, lesões, transmissão de doenças pelos vetores, choques elétricos, danos ao aparelho auditivo e até o óbito. Entretanto, os riscos são em maioria de grau médio e as medidas preventivas são voltadas ao uso de EPI.

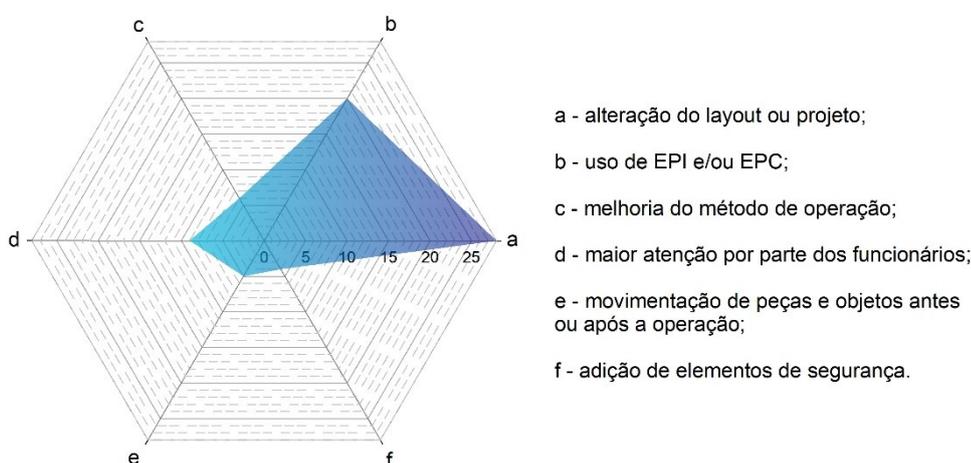
As medidas de prevenção ou corretivas indicadas na análise preliminar de perigos foram reunidas em seis grupos: (a) alteração do layout ou projeto; (b) uso de EPI e/ou EPC; (c) melhoria do método de operação; (d) maior atenção por parte dos trabalhadores; (e) movimentação de peças e objetos antes ou após a operação; (f) adição de elementos de segurança. As frequências de sugestão de cada grupo de medidas são apresentadas na Figura 5.

O grupo (f) contém a menor frequência de recomendações e, a princípio, pode parecer uma falha da APP devido à sua simplicidade e caráter qualitativo, no entanto, o grupo (a) surge com a maior frequência de recomendações, isto é, a aplicação da metodologia APP permitiu aos autores identificar que mudanças no projeto são preponderantes a inserção de elementos de segurança. Esta observação é reforçada pelo fato de que 'acesso à unidade' e 'operação' são as principais atividades perigosas listadas e, portanto, o simples ato de alcançar o posto de trabalho já representa perigo aos trabalhadores. Além disso, as instalações locais encontram-se precárias, o projeto construído é antigo e não atende às atuais normas de segurança ou acessibilidade; vide o acesso aos reservatórios, inadequado mesmo para indivíduos sem qualquer deficiência.

O segundo grupo com maior frequência (b) ocorre devido à natureza preventivista de qualquer estudo de análise de risco e, portanto, é necessário treinamento contínuo da

equipe. Além disso, vale destacar que a indústria dos EPI está sempre em atualização, apresentando soluções adaptadas às mais específicas realidades (BRASIL, 2018). O grupo (c) possui a terceira menor frequência e, pode-se dizer que a melhoria nos métodos de operação é preterida em relação às mudanças no projeto. O grupo (d) assim como grupo (b) possui função preventiva, entretanto, é sabido que grande parte dos acidentes de trabalho decorre da falta de atenção dos trabalhadores ou do excesso de autoconfiança. O grupo (e) ocorre como uma resposta imediata às condições locais. A técnica de APP é sistêmica e individual e, por isso mesmo, não considera os efeitos de uma unidade analisada sobre as demais, entretanto, neste estudo, nota-se a intersecção entre algumas unidades. Por exemplo, para chegar-se até ao filtro rápido 03 é necessário passar a calha Parshall, os filtros 01 e 02 e ainda os decantadores, logo, todos os perigos advindos do acesso a cada uma destas unidades são também vivenciados pelos trabalhadores que acessam o filtro 03. Assim, as medidas do grupo (e) possuem uma maior frequência.

Figura 5. Quantitativo das medidas de prevenção/correção sugeridas após APP.



Fonte: autoria própria.

Apesar da necessidade de mudanças significativas no projeto da ETA para oferecer mais segurança aos seus trabalhadores, sabe-se que os custos envolvidos podem ser demasiados para a gestão do empreendimento e, portanto, uma alternativa é o desenvolvimento de um estudo de risco mais detalhado que forneça orientações para a instalação de itens prioritários de segurança e aponte as alterações no layout das unidades que requeiram maior urgência. Um estudo mais detalhado pode inclusive indicar a extensão das alterações no projeto necessárias e servir de base para o desenvolvimento das atualizações na planta. Vasović, Stanković e Vranjanac (2018) enfatizam que as condições de saúde e segurança ocupacional devem ser aprimoradas continuamente, inclusive, seguindo a norma ISO 45.001 e com a implementação de sistemas de gestão da qualidade, segurança e meio ambiente (QSMS). Esta visão diverge do conceito mecanicista apresentado por Zak (2009).

As condições de saúde e segurança dos trabalhadores são indicadores de performance em avaliações de performance para sistemas de tratamento e distribuição de água (VIEIRA et al., 2008). Assim, o presente estudo pode oferecer informações úteis inclusive para a avaliação do desempenho do sistema de abastecimento.

O estudo realizado não considerou os potenciais perigos das cianotóxicas e dos poluentes emergentes, entretanto, Penã-Guzman et al. (2019) e Borrull et al. (2019) enfatizam a importância crescente que estes agentes adquiriram nos últimos anos. Foge ao escopo deste estudo as condições de trabalho do turno noturno, entretanto, conforme pontua AWWA

STAFF (2018), a equipe que assume este turno está três vezes mais sujeita a acidentes com veículos, por exemplo, do que aqueles que trabalham durante o dia.

O grau do risco pode parecer, a princípio, o resultado mais importante da APP, contudo, este é um estudo qualitativo e as variáveis base para o cálculo do risco, frequência e severidade, são baseadas na literatura, experiência dos analistas e relato dos trabalhadores e, portanto, podem estar situadas além ou aquém das condições reais. Assim, a maior valia da técnica reside em identificar quando surgem os perigos, onde ocorrem, quem está exposto, as possíveis consequências e as medidas de prevenção e correção.

A análise preliminar de perigos é simplista, possui natureza qualitativa e é fortemente dependente da experiência prévia de seus analistas, contudo, seus resultados são coerentes com as condições reais do ambiente do trabalho, fornecem subsídios para a tomada de decisões pelos gestores e técnicos e ainda pode proporcionar conteúdo base para outras atividades como o mapa de riscos, o Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA), o Laudo Técnico das Condições Ambientais do Trabalho (LTCAT) e o Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO) entre outros.

4 Conclusões

A técnica de análise preliminar de perigos (APP) foi aplicada à uma estação de tratamento de água para abastecimento humano (ETA), com o intuito de avaliar as condições de segurança dos trabalhadores locais. Os resultados apontam que as ações e atividades perigosas ocorrem, sobretudo, durante o acesso e a operação das unidades da ETA. As consequências mais prováveis variam, desde escorregamentos, quedas e lesões, até afogamento e óbito. Foram identificados riscos físicos, químicos e biológicos (ambientais), ergonômicos, e principalmente de acidentes (ou mecânicos). De acordo com o método da APP os riscos variaram entre grau médio (II) e extremo (IV). As medidas de prevenção e correção reforçam a necessidade de atualização do projeto da ETA e adequação às normas de segurança.

A APP mostrou-se uma ferramenta útil e adequada para analisar os riscos de uma ETA, podendo ser o estudo-base para estudos mais aprofundados e para a construção de documentos de segurança essenciais em qualquer local de trabalho como o PPRA, o PCMSO e o mapa de riscos.

A natureza qualitativa da APP pode induzir à interpretação errônea dos resultados, sugerindo uma importância maior dos riscos estimados em detrimento dos contextos específicos. Tanto os analistas, pertencentes ao corpo técnico, quanto o público em geral, leigo, devem perceber o risco como um grau de julgamento, baseado principalmente na experiência pessoal, e reconhecer a relevância das condições específicas atreladas à cada perigo. A APP conduz a compreensão das possíveis causas e efeitos e suas medidas de controle.

A análise sistemática e individual de cada unidade pode mascarar potenciais efeitos sinérgicos dos perigos presentes ou minimizar a importância relativa à atenção dos trabalhadores no desempenho de suas funções. Esta condição, consubstancia o caráter preliminar da APP e reforça a necessidade de estudos mais detalhados.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 31000: Gestão de riscos - Diretrizes**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 31010: Gestão de riscos – Técnicas para o processo de avaliação de riscos.** Rio de Janeiro, 2012.

AWWA STAFF. Night Work: Reduced Visibility Increases Hazards. **Opflow**, v.44, n.5, p.28-28, 2018.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 1 – Disposições gerais.** Brasília, 2019.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 6 - Equipamento de Proteção Individual - EPI.** Brasília, 2018.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 35 – Trabalho em altura.** Brasília, 2019.

BROOKES, J. D.; CAREY, C. C.; HAMILTON, D. P.; HO, L.; VAN DER LINDEN, L.; RENNER, R.; RIGOSI, A. Emerging Challenges for the Drinking Water Industry. **Environmental Science and Technology**, v. 48, p. 2099-2101, 2014.

CAVALCANTI, G. L. C.; LAGO, E. M. G.; BARKOKÉBAS JUNIOR, B. Sistemática para análise de risco de saúde e segurança do trabalho em estações elevatórias de água. **Produção Online**, v. 17, n. 1, p. 108-132, 2017.

FALAKH, F.; SETIANI, O. Hazard Identification and Risk Assessment in Water Treatment Plant considering Environmental Health and Safety Practice. **E3S Web of Conferences**, v. 31, 2018.

HAN, Y.; YANG, K.; YANG, T.; ZHANG, M.; LI, L. Bioaerosols emission and exposure risk of a wastewater treatment plant with A2O treatment process. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 169, p.161–168, 2019.

GHEIBI, M.; KARRABI, M.; EFTEKHARI, M. Designing a smart risk analysis method for gas chlorination units of water treatment plants with combination of Failure Mode Effects Analysis, Shannon Entropy, and Petri Net Modeling. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 171, p. 600-608, 2019.

International Hazard Datasheets on Occupation (HDO). **Water treatment plant operator.** Israel Institute for Occupational Safety and Hygiene, 2009. Disponível em: <https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms_190172.pdf> Acesso em: 20 de jul. 2020.

JAREMKÓW, A.; KAWALEC, A.; PAWLAS, K. Harmful factors in wastewater treatment plant – knowledge and awareness of workers about hazards. **Problemy Higieny i Epidemiologii**, v. 99, n. 2, p.189-195, 2018.

KOZAJDA, A.; JEŽAK, K. Occupational exposure to staphylococcus aureus in the wastewater treatment plants environment. **Medycyna Pracy**, v. 71, n. 3, p.265–278, 2020.

LUZ, M. L. S., COTRIM, S. L., CAMAROTTO, J. A. Ferramentas de Avaliação Ergonômica em Atividades Agrícolas: Contribuição na Qualidade de Vida no Trabalho. **Revista Tecnológica**, p.131-144, 2015.

OSTROM, L. T.; WILHELMSSEN, C. A. **Risk Assessment: tools, techniques, and their applications.** 2.ed. Hoboken, NJ: John Wiley and Sons, 2019.

PEÑA-GUZMÁN, C.; ULLOA-SÁNCHEZ, S.; MORA, K.; HELENA-BUSTOS, R.; LOPEZ-BARRERA, E.; ALVAREZ, J.; RODRIGUEZ-PINZÓN, M. Emerging pollutants

in the urban water cycle in Latin America: A review of the current literature. **Journal of Environmental Management**, v. 237, p. 408-423, 2019.

POPOV, G.; LYON, B. K.; HOLLCROFT, B. Preliminary Hazard Analysis. In: POPOV, G.; LYON, B. K.; HOLLCROFT, B. [Ed.]. **Risk Assessment: a practical guide to assessing operational risks**. 1.ed. Hoboken, NJ: John Wiley and Sons, 2016.

RAUSAND, M.; HAUGEN, S. **Risk Assessment: theory, methods, and applications**. 2ed. Hoboken, NJ: John Wiley and Sons, 2020.

SCANDELAI, A. P. J.; PINAFFI, C. D.; POLASTRI, P.; OKAWA, C. M. P. Diagnóstico de riscos ambientais em estação de tratamento de efluentes no município de Maringá-PR. **Revista Brasileira de Saúde e Segurança do Trabalho**, v. 1, n. 2, p. 1-10, 2018.

SCARLETT-KRANZ, J. M.; BABISH, J. G.; STRICKLAND, D.; LISK, D. J. Health among municipal sewage and water treatment workers. **Toxicology and Industrial Health**, v. 3, n. 3, p.311-319, 1987.

SPELLMAN, F. R.; WELSH, K. **Safe Work Practices for Wastewater Treatment Plants**. 3ed. Boca Raton, FL: CRC Press/Taylor and Francis Group, 2018.

VANTARAKIS, A.; PAPPARODOPOULOS, S.; KOKKINOS, P.; VANTARAKIS, G.; FRAGOU, K.; DETORAKIS, I. Impact on the Quality of Life When Living Close to a Municipal Wastewater Treatment Plant. **Journal of Environmental and Public Health**, v. 2016, 2016.

VASOVIĆ, D.; STANKOVIĆ, S.; VRANJANAC, Z. Working conditions at the water treatment plants: activities, hazards and protective measures. **Safety Engineering**, v. 8, n. 1, pp. 27-32, 2018.

VELASQUEZ, C. A. L.; PEREZ, G. L. R.; LANDA, A. F. C.; VELASQUEZ, R. M. L.; ORTIZ, D. J. C. Occupational Health and Safety Prevention Plan in Water Treatment Plant. **International Journal of Life Sciences**, v. 2, n. 3, pp. 1-12, 2018.

VIEIRA, P.; ALEGRE, H.; ROSA, M.J.; LUCAS, H. Drinking water treatment plant assessment through performance indicators. **Water Science & Technology: Water Supply**, v. 8, n. 3, 245-253, 2008.

YAN, F.; XU, K. Methodology and case study of quantitative preliminary hazard analysis based on cloud model. **Journal of Loss Prevention in the Process Industries**, v. 60, p.116-124, 2019.

YANG, K.; LI, L.; WANG, Y.; XUE, S.; HAN, Y.; LIU, J. Airborne bacteria in a wastewater treatment plant: Emission characterization, source analysis and health risk assessment. **Water Research**, v. 149, p. 596-606, 2019.

WORLD BANK, ILO, WATERAID, and WHO. **Health, safety and dignity of sanitation workers: an initial assessment**. 1.ed. Washington, DC: The World Bank, 2019.

ZAK, J.R. Selected problems on water supply safety. **Environmental Protection Engineering**, v. 35, n. 2, p. 23-28, 2009.

ZHANG, K.; ACHARI, G.; SADIQ, R.; LANGFORD, C. K.; DORE, M. H. I. An integrated performance assessment framework for water treatment plants. **Water Research**, v. 46, p. 1673-1683, 2012.