

## I-251 - AVALIAÇÃO DO RISCO EM REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA UTILIZANDO O MODELO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL EPANET NO MUNICÍPIO DE TEREZÓPOLIS - GO

**Dra Nolan Ribeiro Bezerra<sup>(3)</sup>**

Engenheira Ambiental pela Universidade Federal do Tocantins, mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos pela Universidade de Brasília e doutorado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Viçosa. Professora do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – IFG.

**Vanessa Gabriella Lopes de Paula<sup>(1)</sup>**

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

**Jhalles Leoni C. Araújo<sup>(2)</sup>**

Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia - GO - Câmpus Goiânia. Rua 75, Setor Central. CEP.: 74055110 - Goiânia, GO - Brasil - Caixa-postal: 0 Telefone: (62) 32272700- e-mail: [nolanbezerra@gmail.com](mailto:nolanbezerra@gmail.com)

### RESUMO

Este trabalho buscou identificar os perigos e os riscos à saúde na rede de distribuição de água do município de Terezópolis-GO com o auxílio do modelo de Simulação Computacional de Hidráulica – EPANET. As informações relacionadas às variáveis física, hidráulica e de qualidade da água, foram coletadas em campo por meio de inspeção in loco e relato da equipe de operadores de rede, também os dados secundários disponíveis nos projetos de abastecimento, relatórios técnicos e a série histórica do monitoramento da qualidade da água na saída do tratamento e rede de distribuição dos anos de 2015 a maio de 2018 que foram retirados do banco de dados da companhia de saneamento. A realização da simulação das áreas com pressões elevadas ou baixas na rede de distribuição foram geradas com o uso do programa EPANET 2.0. A avaliação do risco foi determinada pelo uso da metodologia de Matriz de Priorização Semiqualitativa de Riscos preconizado no Plano de Segurança da Água (PSA). O sistema de distribuição conta com 2 reservatórios e os principais riscos encontrados foram inexistência de controle de acesso de pessoas nos 2 reservatórios e ausência de monitoramento de macromedição na saída do reservatório apoiado. Nas tubulações da rede de distribuição foram encontrados 11 eventos perigosos, a recontaminação e pressão elevada apresentaram maiores níveis de risco. Para combater os possíveis riscos, foram propostas as medidas de controle para cada evento perigoso detectado em cada etapa.

**PALAVRAS-CHAVE:** Rede de distribuição de água, Modelo de Simulação Hidráulica – EPANET, Plano de Segurança da Água – PSA.

### INTRODUÇÃO

A segurança da qualidade da água para abastecimento público não deve ser baseada apenas na análise laboratorial de amostras coletadas em pontos na rede de distribuição em número, localização e atendimento ao valor máximo permitido, dessa forma a Portaria de Consolidação nº 5 (BRASIL, 2017) inovou ao explicitar a necessidade de manter avaliação sistemática do sistema de abastecimento de água, sob a perspectiva dos riscos à saúde, desde a captação até a casa do consumidor. Essa avaliação foi denominada pela Organização Mundial de Saúde (OMS) como Plano de Segurança da Água (PSA). Segundo WHO (2015), o PSA são definidos como um instrumento que identifica e prioriza perigos e riscos em um sistema de abastecimento de água, desde o manancial até o consumidor, visando estabelecer medidas de controle e planos de gerenciamento para minimizar as chances de falhas e, ainda, para responder a eventuais falhas no sistema ou eventos imprevistos.

Neste trabalho optou por avaliar os reservatórios e rede de distribuição por ser um dos grandes desafios do PSA na etapa de rede de distribuição. Segundo Soares (2009) o sistema de distribuição de água, mesmo que o tratamento seja eficiente, está sujeito a vulnerabilidades que podem levar a deterioração ou contaminação da água, tais como pressurização inadequada, corrosão, desenvolvimento de biofilmes, infiltração, vazamentos e rupturas das tubulações. Estudo realizado por Bezerra (2010) demonstrou que avaliar os riscos decorrentes dos eventos perigos como, por exemplo, perdas de água, vazamentos e rupturas das tubulações, pressurização inadequada, idade, diâmetro, tamanho e conservação das tubulações são de difícil detecção e intervenção em tempo hábil.

Dessa forma, o desafio comum encontrado na operação de rede de distribuição é a detecção dos eventos perigosos/perigos em tempo hábil, uma vez que a população exposta de consumidores se encontra em risco. Conforme Moreno (2009), as redes de distribuição constituem unidades descentralizadas e dispersas, são unidades pouco visíveis, de difícil acesso, inspeção e manutenção pelo fato de serem enterradas sob as vias públicas.

Em função desses desafios, buscou-se estudar novas abordagens para tratar o problema da segurança da água em sistemas de abastecimento como a utilização de softwares de simulação de pressão na rede e metodologia de avaliação e priorização de riscos para tomada de decisão, que auxilie na resolução do problema.

Sendo assim, este trabalho teve como objetivo aplicar a metodologia de “Matriz de Priorização Semiquantitativa de Riscos” que avalia o risco estabelecendo a relação entre a probabilidade de ocorrência e a consequência associado aos perigos na rede de distribuição do município de Terezópolis – GO. Neste trabalho foi utilizado para auxiliar na obtenção dos dados de pressão e qualidade na rede de abastecimento de água o sistema computacional de hidráulica EPANET, este software é um simulador desenvolvido pela *Environmental Protection Agency* (EPA) para servir como uma ferramenta de apoio no gerenciamento operacional destes sistemas.

O estudo, portanto, integrará uma das etapas do PSA que se encontra em fase de implementação no município de Terezópolis – GO em parceria com a companhia de abastecimento de água Saneago e Organização Pan-Americana de Saúde OPAS – ETRAS em um projeto piloto.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDO

O trabalho foi desenvolvido na rede de distribuição de água do município de Terezópolis-GO, com aproximadamente 42 km de extensão. O Sistema de Abastecimento de Água (SAA) capta água da bacia hidrográfica do córrego dos macacos, sendo composto pela estação de tratamento de água de ciclo completo (convencional) com vazão de 14,56 L/s, composta de floculador, decantador e filtro, contando ainda com reservatório de lavagem com capacidade de 68,8 m<sup>3</sup>, tanque de contato com capacidade de 24 m<sup>3</sup> e casa de química. O sistema de abastecimento

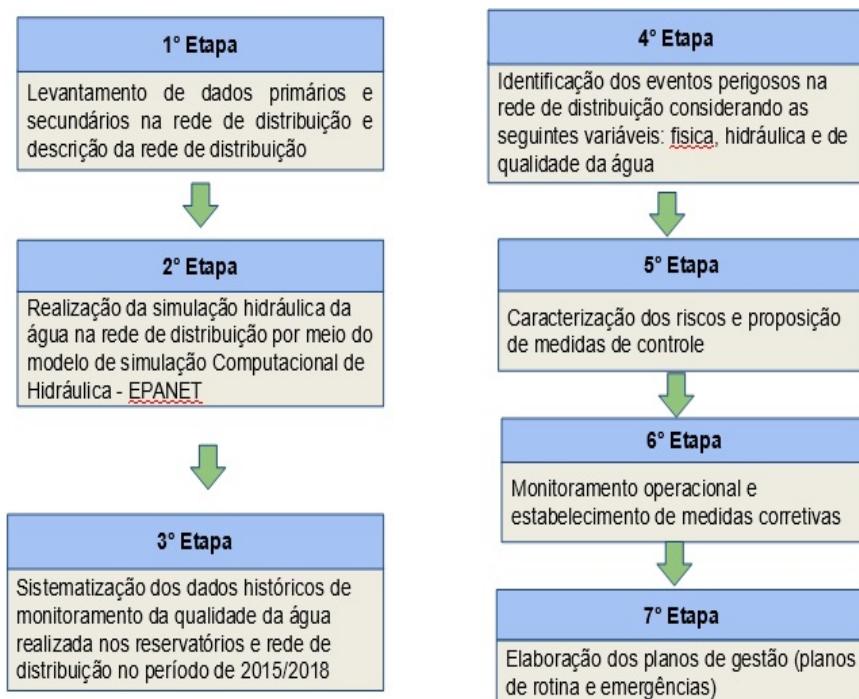
O município possui atualmente seis bairros, todos são abastecidos pela rede de distribuição de água, a rede possui 2.411 ligações e 2.572 economias, sendo as economias o local abastecido pela rede de água.

### MÉTODO

A pesquisa aplicada e de caráter quantitativo tem como foco a rede de distribuição quanto a sua conservação e caracterização levando em consideração variáveis físicas e hidráulicas relacionadas aos riscos de contaminação e comprometimento da saúde pública. O trabalho levou em consideração as 7 (sete) etapas descritas na Figura 1. Na etapa 1 foram levantados os dados primários e secundários dos anos de 2015 e 2018 disponibilizados pela SANEAGO, tais como projetos da rede de abastecimento, relação da infraestrutura física do sistema de distribuição, cadastro técnico, relatórios de monitoramento de qualidade e lavagem de reservatórios, relatórios de dados de qualidade da água da rede de distribuição, relatórios de serviços executados na rede de distribuição, relatórios de vazamentos e rupturas de tubulações. Os dados primários foram realizados por meio de entrevistas ao gerente do distrito de Terezópolis e aos operadores da rede de distribuição e inspeção in loco

nos 2 reservatórios existentes no município. A partir dos dados levantados foi realizada a descrição da rede de distribuição.

Na etapa 2 foi realizada a simulação hidráulica da água na rede de distribuição por meio do Modelo de Simulação Computacional de Hidráulica-EPANET, versão 2.0. O EPANET é um software livre, de domínio público, desenvolvido pela *U.S. Environmental Protection Agency (EPA)*, que permite executar simulações hidráulicas e de qualidade da água em redes de distribuição pressurizada. Este software foi utilizado para verificar áreas com pressões altas, baixas ou negativas.



**Figura 1: Etapas metodológicas adotadas no projeto**  
Fonte: autores

Na etapa 3 os dados de qualidade da água foram analisados utilizando estatística descritiva permitindo a realização da etapa 5 que trata da caracterização de risco. As análises realizadas através da estatística descritiva foram sistematizadas a partir dos limites críticos prescritos na Portaria de potabilidade de água para consumo humano.

Na etapa 4 foram identificados os eventos perigosos na rede de distribuição considerando as variáveis físicas, hidráulicas e de qualidade da água. Para as variáveis físicas foi utilizado os dados relacionados às características físicas e construtivas das redes como idade da tubulação, material da tubulação, comprimento da tubulação e diâmetro da tubulação. Para a variável hidráulica foi analisado os dados de vazamentos, rupturas, perdas de água fornecidos pela SANEAGO e pressão analisados pela simulação do EPANET. Para a variável de qualidade da água foi investigado o histórico do monitoramento dos parâmetros de qualidade da água com a utilização de estatística descritiva e conforme exigência prevista na Portaria Consolidada MS nº 05/2017.

Na Etapa 5 a caracterização dos riscos foi feita através da “Matriz de Priorização Semiquantitativa de Riscos” (NBR ISO/IEC 31010:2012) preconizado nos princípios e métodos do PSA. Os riscos foram calculados a partir da utilização da matriz de priorização concebida em consonância com as diretrizes da OMS, MS e adaptada e validada por Bezerra (2018) e descritos no Quadro 1.

**Quadro 1: Matriz Semiquantitativa de Priorização de Risco.**

		Severidade				
Frequência		1	2	4	8	16
5	Diária a semanalmente	Baixo (5)	Moderado (10)	Alto (20)	Alto (40)	Extremo Plano de Emergência
	Quinzenal a mensal	Baixo (4)	Moderado (8)	Alto (16)	Alto (32)	Extremo Plano de Emergência
3	Semestral a anual	Baixo (3)	Moderado (6)	Moderado (12)	Alto (24)	Extremo Plano de Emergência
2	Acima de um ano até 5 anos	Baixo (2)	Baixo (4)	Moderado (8)	Alto (16)	Extremo Plano de Emergência
1	Acima de 5 anos	Baixo (1)	Baixo (2)	Baixo (4)	Moderado (8)	Extremo Plano de Emergência

**Legenda:**

Descriptor	Significado da Severidade
Muito Baixa	<b>Sem impacto detectável.</b>
Baixa	Impacto sobre a qualidade estética ou organoléptica da água, sem causar rejeição da água, podendo ser mitigado em etapa seguinte do sistema de abastecimento de água.
Moderada	Impactos com risco moderado à saúde, abaixo do padrão de potabilidade, podendo ser mitigado em etapa(s) seguinte(s) do sistema de abastecimento de água.
Elevada	Impactos com risco elevado à saúde, acima do padrão de potabilidade, que não podem ser mitigado em etapa(s) seguinte(s) do sistema de abastecimento.
Crítica	Impactos com risco extremo à saúde, acima do padrão de potabilidade, com interrupção do fornecimento de água e necessidade de execução de plano de contingência.

Fonte: Bezerra (2018).

Como o trabalho encontra-se em andamento a etapa final será elaborado os protocolos de gestão em situação de rotina, emergência e comunicação. O estabelecimento dos protocolos de gestão em situação de rotina, emergência e comunicação serão elaborados para os perigos detectados acima dos limites permitidos em legislação.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A rede de abastecimento de água da cidade de Terezópolis de Goiás é do tipo ramificado, caracterizada por apresentar uma tubulação principal com várias derivações. Esta tubulação principal se refere à adutora de água tratada que possui comprimento total de 2.195 m e diâmetro de 150 mm. A rede apresenta canalizações com diâmetros de 50,75 e 100 mm, contudo são as tubulações de 50 mm que prevalecem em todos os bairros. Quanto ao material, a rede apresenta em sua maior parte tubulações do tipo PVC com aproximadamente 35,644 m e 2,6 m de DEFOFO.

A rede apresentava um total de 2 reservatórios (Figura 2), sendo 1 do tipo apoiado, ele é o maior reservatório e é responsável por atender mais de 50% do município; e 1 do tipo elevado que abastece a parte sul e áreas mais altas da cidade. Quanto as suas características são apresentadas na Tabela 1.

**Figura 2: Reservatório apoiado e elevado do município de Terezópolis – GO.**



**Fonte:** Autores.

**Tabela 1: Dados dos reservatórios de água do sistema de distribuição do município de Terezópolis – GO, 2018.**

Reservatório	Tipo	Tipo de Estrutura	Capacidade de Armazenamento (m <sup>3</sup> )	Fonte de Tratamento	Finalidade
R1	Apoiado	Concreto	300	ETA	Distribuição
R2	Elevado	Metálico	50	ETA	Distribuição

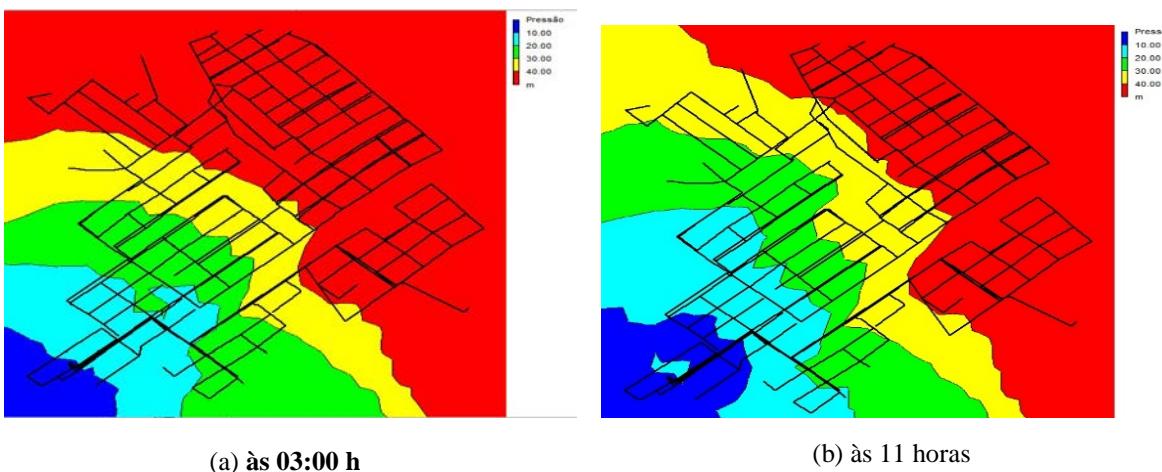
A segunda etapa referente a simulação da rede de abastecimento de água da cidade foi realizada, por meio do programa de modelo de simulação hidráulica EPANET. Essa ferramenta indicou as áreas com maior probabilidade de riscos, pois gerou as pressões estáticas e dinâmicas a cada 1hora similar a rede de distribuição real.

A NBR 12218/94 da ABNT especifica as condições para as zonas de pressão de rede de distribuição de água para abastecimento público, implicando que as pressões estáticas máximas nas tubulações distribuidoras devem ser de 50 mca e a pressão dinâmica mínima de 10 mca. Ou seja, as pressões internas ao longo de toda rede devem estar entre 10 a 50 mca, caso contrário, o sistema de distribuição fica sujeito a vulnerabilidades como rupturas que podem levar a deterioração ou contaminação da água de consumo.

Sendo assim, as simulações das pressões no EPANET foram geradas para o horário de menor consumo, às (Figura 3a) 3:00 h, onde consequentemente a pressão é maior; e para o horário de maior consumo, às 11:00 h (Figuras 3b), correspondente às menores pressões na rede durante 24 horas. Os mapas de pressões gerados a partir das simulações feitas para estes horários, em que a região vermelha se refere a pressões a cima de 40 mca e as em azul estão abaixo de 10 mca.

O intervalo de pressão para a rede modelada oscilou entre 4,22 a 71,68 mca para as 3:00 horas da manhã e - 1,02 a 70,3 mca para 11:00 horas da tarde, encontrando-se pressões menores que 10 mca e até mesmo valores negativos, assim como também valores acima do que a norma recomenda.

**Figura 3: Mapa de pressão na rede de distribuição no município de Terezópolis – GO, 2018.**



Fonte: Autores.

Para realização da caracterização dos riscos nos reservatórios e rede de distribuição de Terezópolis-GO, utilizou-se a aplicação da Matriz de Priorização Semiquantitativa de Risco. A avaliação dos riscos nos R1 e R2 foi subsidiada por meio da inspeção *in loco*, a qual permitiu identificar a existência ou não de eventos perigosos, conforme dados descrito na Tabela 2. Verificou-se algumas pressões abaixo de 10 mca e acima de 40 mca na maioria dos bairros do município (Figura 3).

**Tabela 2: Caracterização dos riscos à saúde nos reservatórios, 2018.**

Eventos Perigosos nos Reservatórios	Atributos	Níveis de risco à saúde	
		R1	R2
Estado de conservação dos reservatórios insatisfatório	Sim/ Não	Não	Não
Inexistência de cerca	Sim/ Não	Não	Não
Inexistência de controle de acesso de pessoas	Sim/ Não	Sim	Sim
Acúmulo de sedimentos	Sim/ Não	Não	Não
Ausência de monitoramento do nível de água nos reservatórios	Sim/ Não	Não	Não
Contaminação por entrada de água externa (chuva)	Sim/ Não	Não	Não
Dificuldade em manter-se o residual de cloro	Sim/ Não	Não	Não
Deterioração da qualidade da água reservada	Sim/ Não	Não	Não
Insuficiência de reserva para atender as variações horárias de consumo	Sim/ Não	Não	Não
Operações de limpeza e manutenção ineficientes	Sim/ Não	Não	Não
Ausência de monitoramento da qualidade da água na saída do reservatório	Sim/ Não	Não	Não
Ausência de monitoramento de macromedicação na saída do reservatório	Sim/ Não	Sim	Não

Legenda:
Baixo  
(1 a 5)
Moderado  
(6 a 12)
Alto  
(16 a 40)
Extremo

Foi observado que o local onde se encontram estes reservatórios, os mesmos apresentam cerca, mas não há um controle adequado de acesso de pessoas. Assim como também se observou que não há macromedicação na saída do reservatório apoiado. Esses eventos foram classificados como moderado, pois de acordo com os dados de qualidade de água dos reservatórios, no período de 2015 a 2018, não houve registro de alteração da qualidade da água que pudesse influenciar na detecção de níveis altos de riscos à saúde.

A avaliação dos eventos perigosos foi realizada por meio da classificação das variáveis físicas, hidráulica e qualidade da água. A Tabela 3 apresenta a caracterização quanto ao grau de risco.

Quanto a variável física a Tabela 3 apresenta que todos os níveis de riscos forma classificados como moderado a alto.

O sistema de abastecimento de água do município de Terezópolis foi contemplado no ano de 1992, e de acordo com o gerente do distrito e operadores da cidade, a rede de distribuição nunca foi trocada somente ampliada. Ou seja, a cidade possui canalizações a mais de 20 anos e com comprimentos acima de 240 metros. É importante fazer esta análise da idade das tubulações, pois o envelhecimento do material gera corrosão, rupturas e desenvolvimento de biofilmes prejudicando a qualidade da água tratada. No entanto, a avaliação foi moderada em função da ausência de perigo na água fornecida. Quando analisada com a variável de qualidade os valores da qualidade estão abaixo dos limites permitidos.

A análise da idade da tubulação é importante, pois o envelhecimento do material da tubulação ocasiona problemas. As idades com que as tubulações ficam mais suscetíveis a riscos em relação ao material foram determinadas a partir de estudos de Herz (1998) e Herz and Lipkow (2002) e adaptadas por MORENO (2009). Quanto às operações de manutenção e limpeza da rede, de acordo com o que foi relatado pelo gerente do distrito responsável pelos setores de água e esgoto da cidade, nunca foi realizado esta limpeza e a reabilitação dos tubos do sistema de abastecimento de água. Apesar de serem feitas as manutenções, os operadores não executam a descarga após estes serviços, deste modo colaborando para que as tubulações desenvolvam problemas de incrustação, sedimentação ou corrosão.

Quanto ao procedimento de limpeza e reabilitação das tubulações foi analisado alto, uma vez que verificou que os operadores desconhecem procedimentos de limpeza além de descarga após serviços na rede. Mesmo em águas bem tratadas, podem ocorrer depósito de materiais, necessitando de limpeza periódica do sistema de distribuição de distribuição (TSUTIYA, 2006). Tem-se registrado aproximadamente 10 descargas em rede no período (2014-2015), operadores relataram que não executam o procedimento de descarga para todos os serviços de manutenção como extensões ou reparos e não foi possível a verificação da quantidade em função do tipo de serviço executado, observou-se que nem sempre que dão a descarga na rede anotam nos Registro de Atendimento -RA para lançamento no sistema de informação. Os coliformes também podem ser indicadores de biofilme. Cepas de bactérias coliformes total podem colonizar as superfícies dentro do sistema e tomar parte da composição do biofilme (LeCHEVALLIER, 1990).

**Tabela 3: Caracterização dos riscos na rede de distribuição, 2018.**

Eventos Perigosos Detectados na Rede de Distribuição	Ocor.	Sever.	Caracterização do Risco	
<b>Variáveis - Física</b>				
A tubulação de PVC tem idade acima de 20 anos?	5	2	10 - Moderado	
Diâmetro da tubulação é abaixo de 125 mm	5	2	10 - Moderado	
Comprimento da tubulação é acima de 240 metros?	5	2	10 - Moderado	
Existem vazamentos acima de 3 ou mais?	5	2	10 - Moderado	
Ruptura da tubulação	5	2	10 - Moderado	
Negligência nas operações de manutenção e limpeza da rede	5	4	20 - Alto	
Inexistência de desinfecção das tubulações após realizar serviços de construção ou reparos	5	4	20 - Alto	
Precário estado de conservação da tubulação	5	2	10 - Moderado	
Formação de Biofilme	5	2	10 - Moderado	
<b>Variáveis - Hidráulica</b>				
Situações em que as tubulações fiquem vazias ou despressurizadas	5	4	20 - Alto	
Índice de Perdas (IP) é acima de 27%	5	4	20 - Alto	
Pressão acima do valor recomendado?	5	4	20 - Alto	
<b>Variáveis- Qualidade de Água</b>				
Turbidez acima do limite permitido	5	1	10 - Moderado	
Cloro residual livre acima do limite permitido	5	1	5- Baixo	
Coliformes Totais acima do limite permitido	5	2	10 - Moderado	
Bactérias heterotróficas acima do limite permitido	5	1	5- Baixo	
Escherichia coli acima do limite permitido	5	1	5- Baixo	
<b>Legenda:</b>	<b>Baixo (1 a 5)</b>	<b>Moderado (6 a 12)</b>	<b>Alto (16 a 40)</b>	<b>Extremo</b>

Quanto aos eventos perigosos da variável hidráulica, o software Epanet foi fundamental para avaliar a ocorrência de eventos relacionados à pressão. Com a análise da rede, percebeu-se que o sistema não se encontra dividido em módulos, facilitando desta maneira, a presença de áreas despressurizadas. Além disto, a maior parte da rede se encontra com pressões elevadas e alguns pontos chegam a passar do limite exigido pela norma brasileira 12218/94 da ABNT.

O relatório do Sistema Integrado de Prestação de Serviços e Atendimento ao Público (SIPSAP), serviço através da parceria com a Saneago, viabilizou as informações referentes às ocorrências de vazamentos na rede, ramais e cavaletes desde janeiro de 2016 a junho de 2018. O ano de 2017 obteve o valor mais alto de vazamentos entre os anos considerados na pesquisa, no qual 18 números de vazamentos eram na rede, 83 em ramais e 408 em cavaletes, registrando uma soma de 509 vazamentos em um ano. Este alto número de vazamentos representa que existe perda de água tratada e que pode ser provinda de vários fatores, principalmente pela ruptura de tubulações que estejam antigas.

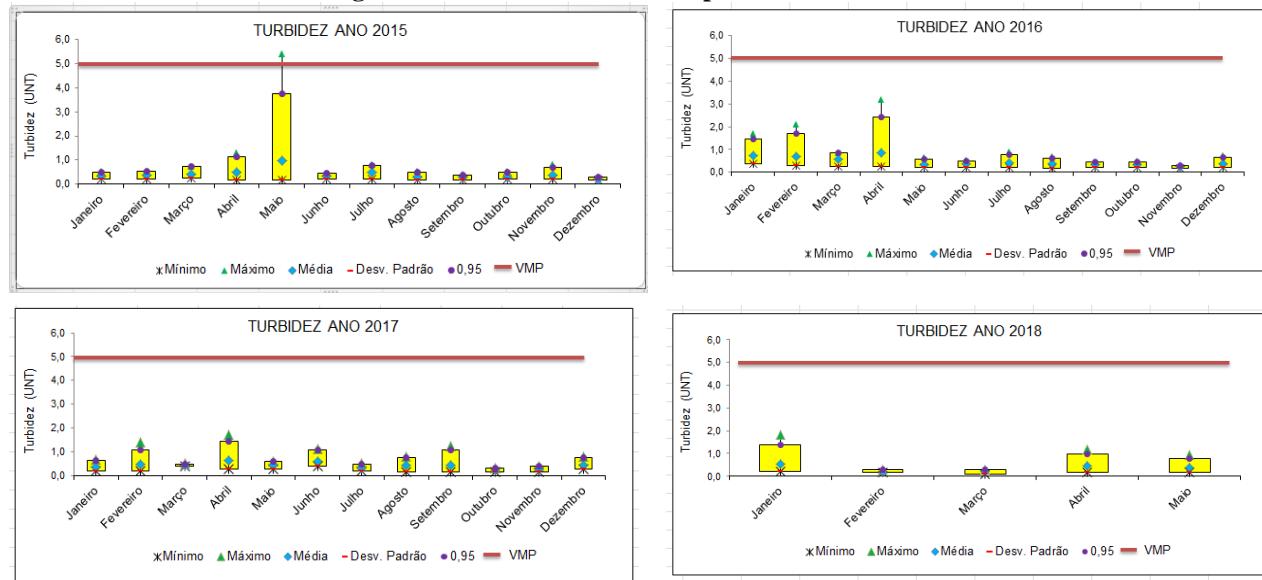
Observou-se que o maior índice de vazamentos detectados e reparados ocorre no cavalete. No entanto, esses dados representam uma pequena parcela dos vazamentos já que não representam os vazamentos invisíveis de difícil detecção na rede que não se pode contabilizar.

Nesta pesquisa foi levantado os dados de monitoramento da água tratada na rede de abastecimento de água no período de janeiro de 2015 à maio de 2018. Foram analisadas um total de 96 amostras no ano de 2016, 95 amostras no ano de 2017 e 43 amostras em 2018, dos parâmetros cloro residual, turbidez, cor, coliformes totais, bactérias heterotróficas e *Escherichia coli*. Tais amostras foram comparadas as exigências da Portaria de Consolidação nº5/2017.

Para os coliformes totais, de acordo com a avaliação, constataram presença em 2 amostras de todas as 96 analisadas durante o ano de 2016, referentes aos meses de maio e julho. Contudo nos outros meses e anos este índice permaneceu ausente. Os dados monitorados não apresentou a presença de *E. Coli* para estes períodos na rede de abastecimento de água. E para o parâmetro cloro residual, cor e bactérias heterotróficas em todos os anos analisados o quadro permaneceu dentro dos limites exigíveis pela Portaria.

A Figura 5 corresponde a esta análise do monitoramento dos dados de qualidade da água na rede de distribuição de Terezópolis para a turbidez.

**Figura 5: Análise de turbidez no período de 2015 a 2018.**



Foram detectados níveis de turbidez acima do valor recomendado pela Portaria no mês de maio em 2015, com turbidez registrada à 5,4 uT.

## CONCLUSÕES

Pela descrição do sistema de distribuição por meio de levantamentos de dados primários e secundários pertinentes e a utilização do programa EPANET, foi possível a identificação de uma série de eventos perigosos permitindo a caracterização de risco e estabelecimento das medidas de controle, etapas primordiais do Plano de Segurança da Água – PSA.

O programa EPANET se mostrou de grande importância já que o mesmo auxilia na etapa de identificação de eventos perigosos e no auxílio da execução das medidas de controle, pois após a geração de dados de pressão na rede de distribuição o EPANET auxilia no estudo de implementação de válvulas redutoras de pressão, onde fazer capeamentos para reduzir pressão na rede, extensões e ligações de tubulações, auxiliando para redução do índice de perdas devido a vazamentos e consequentemente diminuindo os serviços na rede de distribuição, fatores que podem afetar a qualidade da água.

Para garantir a segurança da qualidade da água serão elaborados os protocolos de gestão em situação de rotina, emergência e comunicação. Esses protocolos irão possibilitar a verificação constante do PSA e inclui a elaboração dos planos de monitoramento, planos de gerenciamento de rotina, emergencial e comunicação.

Então, conclui-se que software EPANET e o instrumento de gestão de riscos (PSA) é de suma importância para a garantia de uma água segura além do mais o EPANET vem auxiliando as Companhias de abastecimento na gestão da rede de distribuição, tanto na manutenção da rede, mas também em uma possível extensão da rede.

Dessa forma, conclui-se que a ferramenta EPANET e o instrumento de gestão de riscos (PSA) vem auxiliando as Companhias de abastecimento na gestão eficaz da rede de distribuição, no programa é possível a realização de separação das áreas de influência em módulos com uma única entrada de água em cada um deles de modo a evitar que uma possível intermitência afete áreas maiores, diminuindo assim, os perigos de tubulações vazias e despressurizadas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 12218: Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1994.
2. BASTOS, R. K. X., HELLER, L., PRINCE, A. A., BRANDÃO, C. S., COSTA, S. S., BEVILACQUA, P. D., ALVES, R. M. S. Boas práticas no abastecimento de água. Procedimentos para a minimização de riscos à saúde. Brasília-DF: Ministério da Saúde, 252p. 2007b.
3. BEZERRA, N. Aplicação da técnica Delphi para validação dos métodos a serem utilizados no sistema em plataforma web para implantação de plano de segurança da água. Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais, 6(1), 29-40.
4. BEZERRA. Aplicação de redes Bayesianas na identificação de perigos em sistemas de abastecimento de água para consumo humano: Estudo de caso no município de Viçosa – Minas Gerais. 2010. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2010.
5. ELMASRI, R.; NAVATHE, S. B. Fundamentals of database systems. [S.l.]: Pearson Addison Wesley, 2014
6. LE CHEVALLIER, M. W.; NORTON, W. D. Giardia and Cryptosporidium in raw and finished water. Jour. AWWA, v. 87, n. 9, p. 54-68, 1995.
7. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Plano de segurança da água: garantindo a qualidade e promovendo a saúde. Disponível em: < <http://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2015/maio/19/plano-seguranca-agua-2013-web.pdf>> Acesso em: jan/2018.
8. MORENO, José. Avaliação e Gestão de Riscos no Controle da Qualidade da Água em Redes de Distribuição: Estudo de Caso. 2009. 579p. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2009.
9. OLIVEIRA, L.L, TEIXEIRA, N.R.B. Avaliação do risco em rede de distribuição de água com o auxílio do modelo de simulação computacional de hidráulica – EPANET no município de Formosa- GO. Instituto Federal Goiano. Formosa, 2016.

10. ROSSMAN, Lewis A. EPANET 2. **Users Manual.** U.S. Environmental Protection Agency – EPA. 200p. 2010. Cincinnati, Ohio. Disponível em: <<http://www.epa.gov/nrmrl/wswrd/epanet.html>> Acesso em: 10 de abril de 2008.
11. SOARES, Edneya Gomes da Silva. Mapeamento de perigos em rede de distribuição de água para consumo humano. 2009. 92f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2009.
12. TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água.** 4. Ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.
13. WHO - World Health Organization. WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). *Guidelines for Drinking Water Quality* [electronic resource]: incorporating first addendum. Vol. 1, Recommendations. 3<sup>rd</sup> ed. 2006. Disponível em: <[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq0506.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq0506.pdf)>. Acesso em: 10 de março de 2018.
14. WHO - World Health Organization. WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). *Guidelines for Drinking Water Quality* [electronic resource]: 4rd ed. 2011.