

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA – UNIFOR-MG
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL
BRUNA APARECIDA COSTA RIBEIRO

CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS E EFICIÊNCIA DE DECLORADORES
INDICADOS PARA USO RESIDENCIAL

FORMIGA – MG
2018

BRUNA APARECIDA COSTA RIBEIRO

CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS E EFICIÊNCIA DE DECLORADORES INDICADOS
PARA USO RESIDENCIAL

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Engenharia Civil do UNIFOR-MG,
como requisito parcial para a obtenção do título
de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof.^a Rosiene Gonzaga de Jesus
Pimenta.

FORMIGA - MG

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca UNIFOR-MG

R484 Ribeiro, Bruna Aparecida Costa.
Características hidráulicas e eficiência de decoloradores indicados para
uso residencial / Bruna Aparecida Costa Ribeiro. – 2018.
46 f.

Orientadora: Rosiene Gonzaga de Jesus Pimenta.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) –
Centro Universitário de Formiga - UNIFOR, Formiga, 2018.

1. Água potável. 2. Qualidade da água. 3. Bem-estar e saúde. I. Título.

CDD 628.16

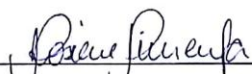
Catalogação elaborada na fonte pela bibliotecária
Regina Célia Reis Ribeiro – CRB 6-1362

Bruna Aparecida Costa Ribeiro

CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS E EFICIÊNCIA DE DECLORADORES
INDICADOS PARA USO RESIDENCIAL

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Curso de Engenharia Civil
do UNIFOR-MG, como requisito parcial
para obtenção do título de bacharel em
Engenharia Civil.

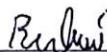
BANCA EXAMINADORA



Prof.^a Rosiene Gonzaga de Jesus Pimenta
Orientador



Prof. Dr. Michael Silveira Thebaldi
UFLA-MG



Bruno César Comitante Leão
Engenheiro Civil

Formiga, 07 de outubro de 2018.

AGRADECIMENTOS

Deixo expressos meus sinceros agradecimentos as seguintes pessoas, sem as quais o presente trabalho não seria possível:

A Deus por me conceder a vida.

Especialmente aos professores Dr. Michael Thebaldi e a prof.^a Rosiene Pimenta pela oportunidade de desenvolvimento desse trabalho, pela orientação, por todo o apoio, pela compreensão, pela confiança depositada, amizade e dedicação demonstrada durante esse período de desenvolvimento deste trabalho.

A prof.^a Dr.^a Katia Daniela, pela amizade, orientação, aprendizados, conselhos dados e apoio.

Ao Flavio Leonildo pelo incentivo ao desenvolvimento deste trabalho através de empréstimos de equipamentos e elementos fundamentais para o desenvolvimento desta monografia.

Aos meus familiares e em especial aos meus pais Ronan e Márcia e meus irmãos Breno e Victor pelo amor, carinho e motivação incondicional, ao longo de toda minha vida.

Ao meu marido Henrique que por diversas vezes me ajudou a não desistir.

Aos meus amigos que estiveram presentes que me estenderam a mão quando precisei.

Aos meus colegas de sala por todas as risadas e por todo companheirismo vivido, principalmente a Tiago Martins, Brener, Leandro Thallis, Alisson, Roberta, Bruna Araújo.

As melhores amigas do mundo Thais Isabela e Mariana Almeida vocês todos foram de suma importância na minha formação acadêmica.

Aos meus amigos e colegas de trabalho da Secretaria de Obras e Trânsito e da Secretaria de Regulação Urbana da cidade de Formiga, os quais colaboraram direta ou indiretamente na elaboração dessa dissertação, expresso os meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

A água é indispensável para a vida, devendo ser utilizada, para fins nobres de consumo humano, estando de acordo com os padrões de potabilidade. Para tal, a mesma deve passar pelos processos de tratamento em uma Estação de Tratamento de Água (E T A). Nas estações, a cloração é um dos processos, em que efetua-se a desinfecção da água, sendo o cloro elemento desinfetante mais utilizado nas ETAs do mundo. O cloro em altas concentrações pode trazer malefício à saúde dos seres humanos, particularmente quando relacionado ao calor. Como a exposição do cloro é contínua e diária o presente estudo tem como objetivo avaliar a eficiência dos decloradores de chuveiros elétricos indicados para o uso residencial e avaliar ainda algumas características hidráulicas como a vazão e a pressão da água no sub-ramal. Os decloradores para chuveiro trazem em seu interior filtros que tem a função de reter o cloro dissolvido na água. Foram utilizados neste trabalho dois decloradores com filtros de carvão ativado, tendo diferentes características, quando os mesmos foram avaliados se portaram com a mesma eficiência de remoção de cloro da água, foi removido entorno de 95% de cloro existente, porém um dos filtros avaliado neste trabalho não proporcionou perda de vazão no sub-ramal tendo melhor desempenho. Outra característica hidráulica avaliada foi a pressão da água no sub-ramal com e sem a instalação dos decloradores e essa se manteve praticamente a mesma durante todo o experimento.

Palavras-chave: Água potável. Qualidade da água. Bem-estar. Saúde.

ABSTRAT

Water is indispensable for life and should be used for noble purposes of human consumption, being in accordance with the standards of potability. To do this, it must go through the treatment processes in a Water Treatment Plant (E T A). At the stations, chlorination is one of the processes in which the disinfection of water is carried out, being the chlorine disinfectant element most used in the ETAs of the world. Chlorine in high concentrations can cause harm to human health, particularly when related to heat. As chlorine exposure is continuous and daily, the present study aims to evaluate the efficiency of the electric showers declaring for residential use and to evaluate some hydraulic characteristics such as water flow and water pressure in the sub-branch. The shower dechlorinators bring in their interior filters that have the function of retaining the dissolved chlorine in the water. Two dechlorinators with activated carbon filters were used, with different characteristics, when they were evaluated if they had the same chlorine removal efficiency, it was removed around 95% of existing chlorine, but one of the filters evaluated in this work did not provide loss of flow in the sub-branch having better performance. Another hydraulic characteristic evaluated was the water pressure in the sub-ramal with and without the installation of the dechlorinators and this remained practically the same throughout the experiment.

Keywords: Drinking water. Water quality. Wellness and health.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Sistema hidráulico existente no laboratório..... | 32 |
| Figura 2 - Sistema hidráulico com a inserção do decolorador e manômetro. | 33 |
| Figura 3 - Filtros decoloradores utilizados para a decoloração da água..... | 34 |
| Figura 4 - Manômetro de Bordon instalado depois do filtro decolorador. | 36 |
| Figura 5 - Retratação e comparação da leitura do manômetro. | 40 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|----|
| Quadro 1- Características dos principais desinfetantes utilizados no tratamento de água para consumo humano..... | 17 |
| Quadro 2 - Padrões físicos, químicos e biológicos que são usados para qualificar a água. | 22 |
| Quadro 3 - Doenças relacionadas com a água..... | 27 |
| Quadro 4 - Principais THM's e suas formulações químicas. | 29 |
| Quadro 5 - Efeito dos principais THM's na saúde | 30 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| Gráfico 1 - Dissociação do ácido hipocloroso em função do pH. | 20 |
|--|----|

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Resumo da análise de variância de remoção de cloro dos filtros avaliados para as diferentes concentrações iniciais de cloro em ppm..... | 36 |
| Tabela 2 - Comparação da média da eficiência na remoção de cloro dos decoloradores 1 e 2..... | 36 |
| Tabela 3 - Percentual de remoção de cloro dos filtros avaliados para as diferentes concentrações iniciais de cloro em ppm..... | 37 |
| Tabela 4 Resumo da análise de variância para a vazão de sub ramal com e sem a presença dos decoloradores..... | 38 |
| Tabela 5 -. Análise da vazão do sub-ramal com e sem a presença dos decoloradores em L/s..... | 39 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAG - Carvão ativado granulado

DPD - N,N-dietil-p-fenilendiamina

OD - Oxigênio dissolvido

ONU - Organização das Nações Unidas

pH - Potencial Hidrogeniônico

SAAE - Serviço Autônomo de Água e Esgoto

SUS - Sistema única de saúde

THM - Trihalometanos

uT - unidade de Turbidez

SUMÁRIO

| | | |
|------------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 13 |
| 2 | OBJETIVOS | 14 |
| 2.1 | Objetivo geral..... | 14 |
| 2.2 | Objetivo específico..... | 14 |
| 3 | JUSTIFICATIVA | 15 |
| 4 | REFERENCIAL TEÓRICO | 16 |
| 4.1 | Tratamento de água | 16 |
| 4.2 | Cloração..... | 19 |
| 4.3 | Potabilidade da água | 20 |
| 4.4 | Parâmetros da qualidade de água..... | 21 |
| 4.5 | Água potável e saúde pública | 26 |
| 4.6 | Usos e suas características | 27 |
| 4.7 | Decloradores | 30 |
| 4.8 | Filtros utilizados | 30 |
| 5 | MATERIAL E MÉTODOS | 32 |
| 6 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 37 |
| 7 | CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 42 |
| | REFERÊNCIAS | 43 |

1 INTRODUÇÃO

A água para consumo humano deve ser consumida estando de acordo aos padrões de potabilidade, que, para o Brasil, são apresentados pela portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água.

Para que a água seja considerada potável, quando atendo aos parâmetros da portaria. O tratamento nem sempre requer vários procedimentos. Depende das condições do manancial que será utilizado, podendo ser uma simples desinfecção ou um tratamento mais completo, sendo isto primordial para que a água possa chegar até as residências nos parâmetros estabelecidos pela legislação.

A cloração é um dos processos de tratamento de água, sendo responsável pela desinfecção da mesma, além disso, proporcionando a erradicação das bactérias, vermes, dentre outros. Esse processo possui função eficaz na formação de compostos que persistam nas tubulações da rede de abastecimento ou nos reservatórios residenciais. O cloro é elemento principal para que esse tratamento aconteça. Contudo o cloro em excesso pode ser danoso e trazer sérios riscos à saúde dos seres humanos, principalmente se associado ao calor, por exemplo, nos chuveiros residenciais, piscinas aquecidas dentre outros.

Como a exposição ao cloro acontece diariamente, providências podem ser tomadas para evitar os malefícios à saúde, assim, a instalação de decloradores nos chuveiros residenciais é um exemplo de cuidado a ser tomado pela população num todo. Esses aparelhos possuem um filtro em seu interior que tem a função de reter o cloro dissolvido na água.

Desta maneira, este trabalho foi desenvolvido para estudar a eficiência e a importância do uso de decloradores nos chuveiros elétricos além de alertar e incentivar o cuidado com saúde pensando qualidade de vida e longevidade.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar o desempenho de decloradores na retirada do cloro da água em chuveiros elétricos.

2.2 Objetivo específico

- Verificar a eficiência de remoção de cloro de dois tipos de decloradores adquiridos aleatoriamente no mercado;
- Verificar a vazão do chuveiro elétrico com e sem a presença dos decloradores instalados na rede de água fria;
- Mensurar a pressão da água antes e depois da inserção dos decloradores no sub-ramal;
- Comparar e avaliar o desempenho dos decloradores utilizados.

3 JUSTIFICATIVA

Tendo em vista que a água é um bem comum e que é usada para diversas atividades no cotidiano dos seres vivos, é importante salientar que a água que sai da rede de distribuição e chega até as residências já está tratada, e inclusive clorada.

A cloração é um fator muito importante para a potabilidade da água, porém é um motivo também de preocupação para os seres humanos, pois pode causar sérios danos à saúde, como doenças cardiovasculares, câncer de rins, bexiga, entre outros.

A remoção de cloro justifica-se diante dos riscos que ele oferece quando é consumido de maneira excessiva, outro fator aterrorizante é a associação do cloro vinculado com o calor, pois ele é transformado em vapor e esse é absorvido mais rapidamente pelo corpo através da pele e pelas narinas, esse processo pode causar condições muito mais graves do que se ingerido pela boca.

O presente trabalho foi desenvolvido utilizando decloradores de chuveiro a fim de minimizar os possíveis danos que o excesso de cloro pode causar a saúde humana, levando em consideração que o cloro é o componente mais utilizado nos tratamentos de água do mundo.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo será descrito elementos importantes para a compreensão e desenvolvimento deste trabalho. Inicialmente serão apresentadas informações sobre tratamento de água, seus parâmetros, dentre outros.

4.1 Tratamento de água

A água é um elemento complexo e essencial a vida humana. Na natureza calcula-se que 95% da água existente é salgada, 5% é água doce e desses uma grande maioria se encontra nas geleiras. Assim, acredita-se que apenas 0,3% podem ser propriamente utilizadas (RICHTER; AZEVEDO NETTO, 2007).¹

A melhoria da qualidade da água é muito importante para a saúde pública. Estudos indicam que o surgimento de doenças mostra ligação com a mesma, originadas por agentes físicos, químicos e biológicos como partículas sólidas, resíduos agrícolas, microrganismos, dentre outros. Sendo assim, o corpo social começou a atentar-se com a qualidade de água consumida para assim diminuir possíveis contratempos (RICHTER; AZEVEDO NETTO, 2007).

Os serviços da rede de abastecimento de água devem oferecer sempre água segura e de boa qualidade para a população, para verificar qual o melhor tratamento da água, se faz necessário compreender suas características iniciais e seu aspecto, assim, se pode analisar o melhor processo de desinfecção a ser aplicado, tendo em vista vários pontos como a qualidade, seu máximo desempenho no sistema, o menor custo, os requisitos de segurança sanitária para inibir propagação de doenças, entre outros (HELLER; PÁDUA, 2006).²

Existem várias etapas de tratamento de água para que ela possa ser utilizada para consumo humano e a portaria 2.914/2011 assegura os padrões de qualidade da água potável (PADILHA, 2011).³

O tratamento da água convencional possui, basicamente, as seguintes etapas:

¹ RICHTER, Carlos; AZEVEDO NETTO, José M. de. **Tratamento de água tecnologia atualizada**. São Paulo: Edgar Biiicher, 2007.

² HELLER, Léo; DE PÁDUA, Valter Lúcio. **Abastecimento de água para consumo humano**. Editora UFMG, 2006.

³ PADILHA, Alexandre Rocha Santos. Portaria Nº 2.914, De 12 de Dezembro De 2011. **Diário Oficial**, 2011.

- Coagulação: é a etapa fundamental para a retirada satisfatória das partículas, coloidais, dissolvidas, responsável pela turbidez, cor, odor e sabor presentes na água (MACEDO, 2007);⁴
- Flocculação: é o processo de clarificação unitária, o qual seu objetivo é minimizar os números de partículas coloidais e suspensas presentes na massa líquida, procurando formar flocos maiores que serão retirados com mais facilidade (LIBÂNIO, 2010);⁵
- Decantação: é a unidade que tem a função de receber pela ação da gravidade os flocos formados pela Flocculação (SABOGAL-PAZ; DI BERNARDO, 2010);⁶
- Filtração: é a etapa responsável por deter as partículas que não foram captadas no processo de decantação, sendo assim um sistema capacitado para corrigir possíveis falhas nos sistemas decorridos. Os filtros podem ser lentos ou rápidos (SABOGAL-PAZ; DI BERNARDO, 2010; VIANNA, 1992);⁷
- Desinfecção: é a fase da destruição de organismos patogênicos, que ocorre por agentes desinfetantes sendo os mais utilizados os oxidantes químicos como o cloro, radiação ultravioleta dióxido de cloro e ozônio. Apesar do cloro apresentar algumas deficiências como desinfetante no tratamento da água, ele é o mais utilizado devido aos seus pontos positivos principalmente pelo seu poder residual (BRASIL, 2006).⁸

As características dos principais desinfetantes utilizados no tratamento de água para consumo humano, podem ser vistas no QUADRO 1.

⁴ MACEDO, J. A. B. **Águas & águas**. 3. ed. Belo Horizonte: CRQ-MG, 2007.

⁵ LIBÂNIO, Marcelo. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. [S.I.]: [s. n.], 2010.

⁶ SABOGAL-PAZ, Lyda Patrícia; DI BERNARDO, Luiz. **Seleção de tecnologias de tratamento de água**. São Carlos: LDiBe, 2010.

⁷ VIANNA, M. R. **Hidráulica aplicada às estações de tratamento de água**. Belo Horizonte: Instituto de Engenharia Aplicada, 1992.

⁸ BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de vigilância em saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

Quadro 1 - Características dos principais desinfetantes utilizados no tratamento de água para consumo humano

| DESINFETANTE | VANTAGENS | DESVANTAGENS |
|-----------------------|--|---|
| COLORO | <p>Elevada eficiência na inativação de bactérias e vírus.</p> <p>Efeito residual relativamente estável.</p> <p>Baixo custo.</p> <p>Manuseio relativamente simples.</p> <p>Grande Disponibilidade no mercado.</p> | <p>Limitada a eficiência na inativação de cistos de protozoários e ovos helmintos.</p> <p>Na presença de matéria orgânica pode formar subprodutos tóxicos, principalmente trihalometanos (THM).</p> <p>Em doses elevadas, pode produzir forte odor e sabor.</p> <p>Alguns subprodutos como clorofenóis, provocam também odor e sabor.</p> |
| DIÓXIDO DE CLORO | <p>Desinfetante potente, inclusive na inativação de cistos de protozoários CT inferiores aos do cloro.</p> <p>Não forma trihalometanos (THM).</p> <p>Eficiência estável em amplas faixas de pH.</p> | <p>Na presença de matéria orgânica pode formar outros subprodutos tóxicos (clorito).</p> <p>Residuais desinfetantes menos estáveis.</p> <p>Em doses elevadas, pode produzir forte odor e sabor.</p> <p>Operação mais delicada e complexa.</p> |
| OZÔNIO | <p>Desinfetante potente, inclusive na inativação de cistos de protozoários.</p> <p>Menor risco de formação de subprodutos tóxicos.</p> <p>Não provoca odor e sabor.</p> <p>CT inferiores às do cloro.</p> | <p>Pode formar outros subprodutos tóxicos (bromatos e bromofórmio).</p> <p>Não apresenta poder residual.</p> <p>Custos elevados.</p> <p>Técnicas de aplicação mais sofisticada.</p> |
| RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA | <p>Elevada eficiência na destruição dos mais diversos microrganismos em tempo de contato reduzido.</p> <p>Não forma subprodutos.</p> <p>Não provoca odor e sabor.</p> | <p>Não apresenta poder residual.</p> <p>Redução significativa da eficiência com o aumento da cor ou da turbidez da água.</p> <p>Custos elevados.</p> <p>Controle menos preciso nas doses aplicadas.</p> |

Fonte: Brasil (2006).

- Fluoretação: corresponde a incorporação de flúor com o propósito de proteger os esmaltes dos dentes (HELLER; PÁDUA, 2006); e

- Neutralização ou Correção do pH: é a última etapa do tratamento de água ela consiste em adicionar de álcalis para adequar o pH da água aos padrões indicados na portaria 2914/2011 (PADILHA, 2011).

4.2 Cloração

Segundo Richter e Azevedo Netto (2007), a cloração tem como principal finalidade a desinfecção da água, assegurar parcialmente a destruição das bactérias, vermes, protozoários, controlar o sabor, odor, cor da água, dentre outros. O processo de cloração tem a capacidade de formar compostos que persistam na água, seja nas tubulações da rede de abastecimento ou nos reservatórios residenciais. No processo da cloração o elemento fundamental é o cloro, agente químico desinfetante mais utilizado nas estações de tratamento de água do planeta.⁹

As principais formas de apresentação do cloro no mercado, para o fim supracitado, são o cloro gasoso, cal clorada, hipoclorito de sódio e hipoclorito de cálcio. A escolha do processo de desinfecção deve ser feita de modo que seja acessível financeiramente, eficaz, seguro e perdurável (BRASIL, 2014).¹⁰

Basicamente, a cloração pode ser feita por três práticas (RICHTER; AZEVEDO NETTO, 2007):

- Cloração Simples: é um processo onde é feita a utilização de uma dosagem que ao término de um tempo o cloro residual livre esteja entre 0,1 e 0,2 mg/L visto que esse tratamento é indicado para águas mais limpas, quando as águas são muito poluídas o uso da cloração simples chega a ser impotente;

- *Break-point*: essa prática se dá através das características da água especialmente no que se diz respeito em amônia. Dessa forma o cloro total disponível consiste no somatório entre o cloro livre e o combinado, depois da oxidação completa das cloraminas, o cloro adicionado transforma em cloro livre;

Amônia-cloração: é uma técnica onde se utiliza água, amônia e cloro para que sejam desenvolvidas cloraminas que possibilitam formar resíduos de cloro combinado mais constantes do que os de cloro livre, esse método é eficaz na prevenção de ocorrência de contaminações ou de impossibilitar que aconteça o crescimento de ferro-bactérias e limo dentro de tubulações.

⁹ RICHTER, Carlos A.; AZEVEDO NETTO, José Martiniano de. **Tratamento de água**: tecnologia atualizada. [S.l.]: [s.n.], 2007.

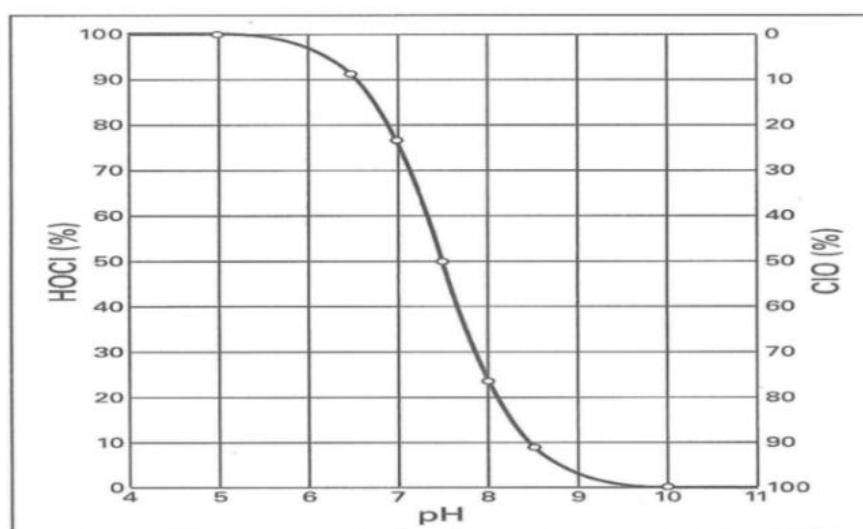
¹⁰ BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Brasília: Funasa, 2014.

Segundo a FUNASA (2014), na reação do produto cloro com água, forma-se o ácido hipocloroso que é o agente que faz a desinfecção. Dependendo do pH da água, o ácido hipocloroso gerado desliga-se formando íon hipoclorito. Em pH ácido se forma com mais facilidade o ácido hipocloroso e em pH alcalino maior que 7,5 tem maior formação de íon hipoclorito, contudo nessa junção de ácido hipocloroso com íon hipoclorito se dá o cloro residual livre.¹¹

O ácido hipocloroso formado na reação do cloro com a água é mais eficaz do que o íon hipoclorito, sob a mesma dosagem, tempo e contato, contudo se faz necessário que a desinfecção com o cloro livre seja feita em valores de pH preferencialmente menores que 7.

As percentagens de dissociação do ácido hipocloroso formado em função do pH em 20°C são mostradas no GRÁF. 1.

Gráfico 1 - Dissociação do ácido hipocloroso em função do pH



Fonte: Brasil (2014).

4.3 Potabilidade da água

Para obter uma água vista como potável após o tratamento deve-se analisar as características do manancial a ser usufruído. No Brasil os mananciais são apontados pela Resolução nº 020/86, do Conselho Nacional de Meio Ambiente, ele prevê as classificações das águas doces, salinas e salobras como principal foco nos seus níveis de qualidade, analisado por princípios e indicadores próprios, de modo assegurar seus usos fundamentais.

¹¹ BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de cloração de água em pequenas comunidades utilizando o clorador simplificado desenvolvido pela Funasa**. Brasília: Funasa, 2014.

Ainda de acordo com a Resolução nº 020/86 sobre as águas doces designadas para consumo dos seres humanos são classificadas em: Classe Especial, Classe 1, Classe 2 e Classe 3.

A água potável é uma questão relevante para a saúde pública, para ser potável ela deve ser desprendida de partículas patogênicas, e de substâncias com princípios químicos nocivos à saúde humana (SILVA; ARAÚJO, 2003).¹²

O Ministério da Saúde através da Portaria nº 2914/2011 criada em 12 de dezembro de 2011, estabeleceu conjuntos de ações que visam controlar e vigiar a qualidade da água para o consumo humano (PADILHA, 2011). O traçado da portaria foi discutido em oficinas regionais, cedido para consultas públicas, além disso, esta foi analisada e reconhecida nos fóruns colegiados do Sistema Único de Saúde (RIBEIRO, 2012).¹³

4.4 Parâmetros da qualidade de água

A água por ter propriedades de solvente e devido a sua facilidade de transportar partículas, tem o poder de juntar a si diversas impurezas, o que determinará sua qualidade. De modo geral, a qualidade dessa água se dará em funções das circunstâncias das condições naturais e da intervenção humana (SPERLING, 2005).¹⁴

Para averiguar a qualidade da água de manancial ou da água de abastecimento, é necessário que se tenha consciência dos parâmetros de qualidade da mesma do que está sendo analisado são eles, fatores físicos, químicos e biológicos que são responsáveis por qualificar a água. O QUADRO 2 apresenta esses principais parâmetros de qualidade.

¹² SILVA, R. C. A.; ARAÚJO, T. M. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana - BA. **Revista ciências e saúde coletiva**, São Paulo, v. 8, n.4, p.1019-1028, 2003.

¹³ RIBEIRO, M. C. M. Nova portaria de potabilidade da água: busca de consenso para viabilizar a melhoria da qualidade da água potável distribuída no Brasil. **Revista DAE**, São Paulo, n. 189, maio/ago. 2012.

¹⁴ VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.

Quadro 2 - Padrões físicos, químicos e biológicos que são usados para qualificar a água

| FÍSICOS | QUÍMICOS | BIOLÓGICOS |
|----------------|---------------------|--------------------------|
| Cor | PH | Coliformes |
| Turbidez | Alcalinidade | Escherichia Coli |
| Dureza | Acidez | Cianobactérias |
| | Dureza | Protozoários |
| | Ferro e Manganês | Bactérias Heterotróficas |
| | Cloretos | |
| | Nitrogênio | |
| | Fósforo | |
| | Oxigênio Dissolvido | |
| | Cloro Residual | |

Fonte: JACOB (2016).¹⁵

Os parâmetros físicos produzem informações preliminares essenciais para a caracterização da qualidade física da água como cor, turbidez e dureza. A cor é um parâmetro estético que corresponde às substâncias dissolvidas na água, sendo em algumas situações, resultados de decomposição orgânica das folhas (SAMAE, 2017).

A portaria nº 2914/2011 Ministério da Saúde estabelece como valor máximo para cor na rede de abastecimento 15 uH (unidade Hazen) (PADILHA, 2011).

Ainda de acordo com SAMAE (2017), a turbidez representa a medida da interferência à passagem de luz ocasionada por partículas suspensas na água.

A portaria nº 2914/2011 Ministério da Saúde estabelece como valor máximo para turbidez na saída do tratamento 1,0 uT (unidade de Turbidez) e na rede de abastecimento de 5,0 uT (PADILHA, 2011).

Segundo Macedo (2007) os componentes que causam sabor ou odor na água são gerados pela decomposição de matérias orgânicas ou ações biológicas de microrganismos ou ainda por poluições industriais, esse padrão depende da sensibilidade de cada indivíduo tornando assim difícil de ter um padrão de qualidade, pois a sensibilidade difere de pessoa pra pessoa.

¹⁵ JACOB, A. C. P. **Potabilidade:** parâmetros de qualidade e tratamento da água. aquafluxos. 2016. Disponível em: <<http://www.aquafluxos.com.br/potabilidade-parametros-de-qualidade-e-tratamento-da-agua/>>. Acesso em: 01 mar. 2018.

Já os parâmetros químicos são mais utilizados para indicar a qualidade da água no aspecto orgânico, nos nutrientes, na presença de compostos orgânicos sintéticos, nos gases dissolvidos, entre outros (PIVELI, 2001).¹⁶

Segundo Sabogal-Paz e Di Bernardo (2010), o pH é primordial para que a coagulação, floculação, filtração e desinfecção ocorra eficientemente, sendo primordial o acompanhamento e monitoramento na evolução de todo tratamento.

Além disso, o pH sendo controlado na saída do tratamento tem o objetivo de evitar corrosões ou incrustações nas redes de distribuição (LIBÂNO, 2010).

A alcalinidade da água tem o papel de neutralizar ácidos incorporado na água e manter o pH em nível ótimo, para que ocorra o processo de coagulação e floculação nas melhores condições (SABOGAL-PAZ; DI BERNARDO, 2010; HELLER; PÁDUA, 2006).

A acidez retrata a capacidade de neutralizar base, sua principal função é controlar as corrosões nas tubulações da rede de abastecimento (HELLER; PÁDUA, 2006).

De acordo com Ritcher (2009), a dureza apresenta íons metálicos e em menor escala íons ferrosos e íons estrôncio. A dureza tem propriedade de inibir a formação de espuma como sabão, além de produzir incrustações nos sistemas de água quente.¹⁷

Ainda de acordo com o mesmo autor, o ferro e o manganês são elementos facilmente presentes em solos, rochas e nas águas naturais. O ferro associado com o manganês proporciona a água sabor amargo adstringente e coloração amarelada e turva isso se dá pelo resultado da precipitação o mesmo quando ocorre a oxidação. Devido a parâmetros estéticos a concentração de ferro juntamente com o manganês deve ser menor que 01 mg/L já que pode provocar manchas em louças e roupas, criando um problema econômico.

O cloreto é indício de impurezas por esgotos domésticos nas águas naturais e pode gerar sabor salino e uma disfunção no organismo laxativa. De acordo com a Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde o limite máximo não deve exceder a 250 mg/L (MACEDO, 2007).

O nitrogênio em corpos d'água está presente nas formas de nitrogênio orgânico, nitrogênio amoniacal, nitrito e nitratos. Uma das principais fontes para o nitrogênio nos corpos d'água é o lançamento de esgotos sanitários e rejeitos industriais (BRAGA et al., 2003).¹⁸

¹⁶ PIVELI, P. D. R. P. **Aula 10 - oxigênio dissolvido e matéria orgânico em águas**. [S.l.], p. 38. 2010. Disponível em: <http://www.esalq.usp.br/departamentos/leb/disciplinas/zardo/leb360/Fasciculo%2010%20-%20Oxigenio%20Dissolvido%20e%20Materia_Organica.pdf>. Acesso em: 12 maio 2018.

¹⁷ RICHTER, Carlos A. **Água: métodos e tecnologia de tratamento**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2009.

¹⁸ BRAGA, B. et al. **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 2005.

O nitrogênio é um elemento substancial no desenvolvimento de algas, mas quando a concentração desse elemento está em excesso pode produzir o crescimento desordenado dessas algas, causando o processo de eutrofização (SPERLING, 2005).

Segundo Macedo (2007) o fósforo é um nutriente fundamental para a expansão das bactérias responsáveis para gerar a matéria orgânica, mas excesso de fósforo pode levar ao aumento desordenado das algas causando sérios problemas.

O oxigênio dissolvido (OD) é um parâmetro muito importante para indicar a qualidade da água. Quando o oxigênio está em baixa concentração tem-se condição anaeróbias resultando em odores. A redução do OD acontece basicamente pela respiração dos organismos existentes no meio aquático, além das perdas atmosféricas, concentração da matéria orgânica e por oxidação de íons (LIBÂNO, 2010).

Alves (2010) acredita que para a água ser consumida pelos seres humanos é necessário a presença de cloro residual livre ou cloro residual combinado. O cloro residual livre é um parâmetro de desinfecção das águas, geralmente esse parâmetro faz com que as águas tenham uma melhoria na sua qualidade não gerando riscos à saúde. O cloro existente na água reage com outras substâncias como o ferro, magnésio e outras substâncias que geram cheiro e sabor.¹⁹

Para ser determinada a concentração de cloro residual tem-se o método do Comparador Colorimétrico, onde é adicionando reagente N,N-dietil-p-fenilendiamina (DPD). Sendo nesse método a cor obtida é comparada a uma escala de cores em um aparelho, essa leitura é feita em miligramas por litro. Já no método do calorímetro, o reagente DPD é adicionado á amostra que é depositada num aparelho previamente calibrado, o qual registra o resultado em miligramas por litro de cloro. O atributo do desinfetante mencionado é manter uma concentração residual na água onde possui uma impedição sanitária em certas ocasiões inesperada podendo levar recontaminação antes do uso (SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTE, 2007).²⁰

A Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde determina a quantidade de cloro residual livre ou cloro residual combinado na rede de distribuição, ela julga necessário de no mínimo 0,2 ml/g de cloro residual livre ou 2 mg/l de cloro residual combinado, em qualquer ponto do sistema de abastecimento (PADILHA, 2011).

¹⁹ ALVES, Célia. **Tratamento de águas de abastecimento**. 3. Ed. Porto: Publindústria, 2010.

²⁰ SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTE (Org.). **Qualidade da água e padrões de potabilidade**: guia do profissional em treinamento - nível 2. Belo Horizonte: ReCESA, 2007.

O parâmetro biológico vem expor o tratamento de água quanto aos milhares de seres vivos nela existente, desde a escala macroscópica como peixes, alga, etc., quanto à microscópica como vírus, bactérias, vermes, algas e protozoários (RICHTER, 2009).

O crescimento desordenado de algas podem oferecer inúmeros problemas para o tratamento da água tais como comprometimento da penetração dos raios solares prejudicando a formação de oxigênio e causando também a sedimentalização dos flocos que irão ser levados até os filtros resultando numa menor atividade na filtração, maior utilização de cloro no processo da desinfecção, além de aumentar a probabilidade de formação de trihalometanos, dentre outros. Já a liberação de cianotoxinas que provém das cianobactérias, acontece devido a mudanças em seu habitat ou pode acontecer naturalmente. Os principais grupos tóxicos das cianobacterias são: microchystina, nodularina, aplysiatoxina, dentre outros. (SABOGAL-PAZ; DI BERNARDO, 2010).

As doenças associadas à água muitas vezes tem origem fecal transmitida através das bactérias patogênicas. O controle desta se dá através do monitoramento de microrganismos indicadores, o mais utilizado é *Escherichia coli*, já que ela é de origem fecal, esporadicamente capaz de se desenvolver em ambientes naturais livres de poluição e liberada em abundância nas fezes de animais. O principal objetivo do monitoramento de coliformes totais é verificar a eficiência de desinfecção no tratamento e na inatingibilidade do sistema de distribuição de água (SABOGAL-PAZ; DI BERNARDO, 2010; LIBÂNO, 2010).

Os vírus entéricos são organismos patogênicos que manifestam no trato intestinal de animais, alguns desses microrganismos são encontrados com maior frequência nas águas, sendo eles: Rotavírus, Hepatite A Adenovírus dentre outros (SABOGAL-PAZ; DI BERNARDO, 2010; LIBÂNO, 2010).

Segundo Heller (2006), os protozoários são organismos vivos que são capazes de sobreviver em ambiente aquoso limpo e pode resistir ao tratamento da desinfecção, desta maneira é mais comum à transmissão de doenças por veiculação hídrica. Os dois principais protozoários propagador de doenças são a *Giardia* e *Crypstosporidium*, que se desenvolvem na forma de cistos e oocistos respectivamente. Uma das formas de se remover os protozoários é a filtração rápida, contudo os estudos indicam que muitas das vezes o que foi retirado não se adequa aos padrões de potabilidade da água vigente.

4.5 Água potável e saúde pública

Segundo Barros et al. (1995), a água é um elemento primordial a vida. Os seres humanos precisam de qualidade apropriada e em fração suficiente para satisfazer suas necessidades, para proporcionar o progresso econômico e por fim para resguardar a saúde.²¹

Segundo a ONU - Organização das Nações Unidas (2003), existem aproximadamente 1 milhão de pessoas no mundo que não têm acesso a água potável, e a cada ano que se passa, mais de 3 milhões de pessoas morrem vítimas de doenças associadas com a contaminação ou a falta de água.²²

A água pode conduzir um alto número de enfermidades e essa propagação se dá por vários meios, os mais comuns estão diretamente ligados com a qualidade da água que é ingerida por cada indivíduo. A partir da ingestão de água contaminada, ou seja, que apresente componentes nocivos à saúde tem-se o aparecimento de doenças. Outro meio de propagação de doenças é à insuficiência de água causando hábitos higiênicos insatisfatórios o que aflora vários problemas relacionados com a salubridade dos utensílios de cozinha, do corpo, do círculo domiciliar, entre outros (BRASIL, 2006).²³

No QUADRO 3 será mostrado algumas doenças sua transmissão e a melhor maneira de prevenção das enfermidades disseminada pela água.

²¹ BARROS, R. T. V. et al. **Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios:** saneamento. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1995.

²² ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Água Doce.** 2003. Disponível em: <<http://www.wateryear2003.org>>. Acesso em: 13 mar. 2018.

²³ BRASIL. **Boas práticas no abastecimento de água:** procedimento para a minimização de riscos. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

Quadro 3 - Doenças relacionadas com a água

| GRUPO DE DOENÇAS | FORMAS DE TRANSMISSÃO | PRINCIPAIS DOENÇAS | FORMAS DE PREVENÇÃO |
|--|--|--|--|
| Transmissão pela via feco-oral | O organismo patogênico (agente causador de doença) é ingerido | Diarreias e disenterias; cólera; giardíase; amebíase; ascaridíase; (lombriga). | -Proteger e tratar água de abastecimento e evitar uso de fontes contaminadas. |
| Controladas pela limpeza com a água (associados ao abastecimento insuficiente de água) | A falta de água e a higiene pessoal insuficiente criam condições favoráveis para sua disseminação. | Infecções na pele e nos olhos, como tracoma e o tifo relacionado com piolhos, e a escabiose. | -Fornecer água em quantidade adequada e promover a higiene pessoal e doméstica. |
| Associadas a água (uma parte do ciclo da vida do agente infeccioso ocorre em um animal aquático) | O patogênico penetra pela pele ou ingerido. | Esquistossomose | -Evitar o contato com pessoas infectadas; -Proteger mananciais. |
| Transmitidas por vetores que se relacionam com a água | As doenças são propagadas por insetos que nascem na água ou picam perto dela. | Malária; febre amarela; engue; filariose (elefantíase). | -Combater os insetos transmissores; -Eliminar condições que possam favorecer criadores. |

Fonte: Barros et al. (1995).

A portaria 518 do Ministério da Saúde estabelece os limites admissíveis para os parâmetros relativos ao padrão da potabilidade da água, ela fixa normas, métodos e recomendações relacionadas ao controle da qualidade da água para o fornecimento para seres humanos minimizando a propagação de doenças por veiculação hídrica (MACEDO, 2004).²⁴

4.6 Usos e suas características

O sabor do cloro livre pode ser percebido em concentrações superiores 0,3 ppm (partes por milhão), desse modo, uma parte da população vem optando em retirar o cloro da água para beber (BLACK & VEATCH CORPORATION, 2009).²⁵ Para melhorar a água e torna-la

²⁴ MACEDO, JAB de. O processo de desinfecção pelo uso de derivados clorados em função do pH e a Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde. In: **Anais do XLIV Congresso Brasileiro de Química**. 2004.

²⁵ BLACK & VEATCH CORPORATION. White's handbook of chlorination and alternative disinfectants. 5. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2009.

mais agradável ao paladar, o cloro residual pode ser removido não prejudicando a sua potabilidade (CHEREMISINOFF, 2002).

O cloro é um composto que se deve ter cuidado por parte de quem o utiliza frequentemente, ele é um componente químico tóxico ao organismo dos seres humanos. Principalmente se for absorvido em alta quantidade. Outro temor com o uso de cloro na água potável que consumimos associa-se com a água quente, particularmente com aquelas que saem dos chuveiros elétricos (PLANETA ÁGUA, 2017).²⁶

Ainda de acordo com o mesmo autor acima o cloro, conectado com a água quente, é modificado para forma de vapor e é absorvido mais rapidamente pelo corpo através da pele e das narinas, podendo levar ao aparecimento de condições clínicas muito mais significativas do que se fossem ingeridos pela boca. Além disso, existe o problema dos níveis de cloro o qual a maioria das estações de tratamento não atinge as quantidades desejadas em águas para o fornecimento aos seres humanos, sendo capaz de ofertar maior risco para a população local (PLANETA ÁGUA, 2017).

As principais consequências do consumo excessivo de cloro são:

- Maior adesão de colesterol LDL (*Low Density Lipoproteins*) na parede das artérias - ocasionando maior risco de doenças cardiovasculares;
- Alto risco de desenvolvimento de cânceres na região dos rins, bexiga e outras vias urinárias;
- Maior risco na evolução de bronquite e asma – motivados pela alta quantidade inalação de vapor de cloro em banhos e águas quentes;
- Perda de fios de cabelos e queda na qualidade de unhas;
- Irritação respiratória grave;
- Evolução de eczema, doença de pele caracterizada por coceiras, ressecamento e elevação de temperatura da pele;
- Ameaça de desenvolver problemas na produção de hormônios tireoidianos;
- Maior sensação de náuseas e indigestão (PLANETA ÁGUA, 2017).

Existe ainda a formação dos trihalometanos (THM) que são compostos gerados como resíduos das reações de oxidação da matéria orgânica pelo agente oxidante da cloração.

²⁶ PLANETA ÁGUA. Por que devemos ter cuidado com o consumo de cloro na água? 2017. Disponível em: <<https://www.planetaagua.ind.br/blog/saude/por-que-devemos-ter-cuidado-com-o-consumo-de-cloro-na-agua>>. Acesso em: 29 ago. 2018.

(SALGADO, 2008).²⁷ Sua fórmula geral é CHX_3 , em que X pode ser elemento halogenado como cloro, bromo e iodo ou associação entre os três (ZARPELON; RODRIGUES, 2002).²⁸

No QUADRO 4 estão relacionados os principais THM's e suas formulações químicas.

Quadro 4 - Principais THM's e suas formulações químicas

| Denominação | Fórmula Química |
|------------------------------------|-----------------|
| Triclorometano / Clorofórmio (TCM) | $CHCl_3$ |
| Bromodichlorometano (BDCM) | $CHBrCl_2$ |
| Dibromoclorometano (DBCM) | $CHBr_2Cl$ |
| Tribromometano / Bromofórmio (TBM) | $CHBr_3$ |
| Dicloroiodometano | $CHCl_2I$ |
| Bromocloroiodometano | $CHClBrI$ |
| Clorodiiiodometano | $CHClI_2$ |
| Dibromoiodometano | $CHBr_2I$ |
| Bromodiodometano | $CHBrI_2$ |
| Triiodometano / Iodofórmio | CHI_3 |

Fonte: Salgado (2008).

As notáveis características, dos THM's são as substâncias no estado líquido em temperatura ambiente, de forte odor, não muito solúveis em água e quimicamente estáveis (ZARPELON; RODRIGUES, 2002).

O seu desenvolvimento se dá em águas de distribuição e são influenciados por vários fatores, como: a duração de exposição do cloro livre com a matéria orgânica presente na água; a temperatura do meio; o pH da água; a presença de bromatos; a concentração e o tipo de cloro dosado na água; concentração de matéria orgânica precursora de THM (ZARPELON; RODRIGUES, 2002; DUARTE; PINTO, 2008).²⁹

O cuidado quanto à formação de THM's na água potável se dá pelo fato de que é iminente danoso à saúde humana se for exposto ao um longo período, sendo alguns dos efeitos de sua ingestão continuada demonstrado no QUAD. 5.

²⁷ SALGADO, Sérgio Ricardo Toledo. **Estudo dos parâmetros do decaimento do cloro residual em sistemas de distribuição de água tratada considerando vazamento**. 2008. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

²⁸ ZARPELON, Agenor; RODRIGUES, Eloize M. Os trihalometanos na água de consumo humano. 2002. **Sanare Revista Técnica da Sanepar**, v.17, n.17, p.20-30, jan./jun. 2002.

²⁹ DUARTE, António. A. L. Sampaio; PINTO, João. A. Silva. Aplicação de modelos matemáticos no controle da formação de trihalometanos em águas de abastecimento, 2008. In: Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 13., 2008, Belém. **Anais...** Belém: Abes, 2008.

Quadro 5 - Efeito dos principais THM's na saúde

| Trihalometano | Efeito na saúde |
|----------------------|----------------------------------|
| Triclorometano | Tumores e câncer |
| Bromodiclorometano | Infertilidade masculina, abortos |
| Dibromoclorometano | Tumores e câncer |
| Tribromometano | Tumores |

Fonte: Duarte e Pinto (2008).

Apesar dos efeitos do cloro ser a maioria das utilidades da de cloração está na indústria, em procedimentos específicos como sistemas de resfriamento de água onde se devem evitar a presença deste elemento em certos procedimentos, pois o cloro é oxidante e pode impossibilitar a criação de filmes nas superfícies dos metais atuando como um decapante, arruinando o filme passivado (NALCO CHEMICAL COMPANY, 2009).

Segundo Trussell et al. (2012), a limitação da presença de cloro livre na água não é exclusiva de equipamentos que contém componentes metálicos, pois resinas de troca iônicas, principalmente as de base de poliestireno sulfonado, podem ser expostas a oxidação transformando-as ineficazes em pouco tempo de uso.

4.7 Decloradores

Segundo Spellman (2013), o cloro é o elemento mais comum usado no princípio da desinfecção da água.³⁰ Entretanto, o cloro pode ser nocivo a alguns processos manufatureiros ou mesmo indesejável no consumo humano (AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION - AWWA, 2006).³¹ Por essa razão, se costuma usar métodos para a extração do cloro livre da água. Os filtros de carvão ativado, conhecidos no mercado também como decloradores, que tem sido usado com grande receptividade, não têm a função de remover as partículas em suspensão ou bactérias e, de certo modo, beneficiam o desenvolvimento bacteriano, pois eles absorvem matéria orgânica ofertando nutrientes (KUCERA, 2010).³²

4.8 Filtros utilizados

³⁰ SPELLMAN, Frank R. **Handbook of water and wastewater treatment plant operations**. 3. ed. Boca Raton: CRC press, 2013.

³¹ AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. **Water chlorination/chloramination practices and principles**. 2. ed. Denver : Amer Water Works Assn, 2006.

³² KUCERA, Jane. Reverse osmosis: design. **Processes, and applications for engineers**, Salem: Wiley, 2010.

Uns dos filtros mais utilizados para a remoção de cloro da água são os de carvão ativado granulado (CAG). O método de ativação do carvão é feito por ação química e física. Nos casos de ativação física, o material carbonáceo é submetido a um estágio chamado Carbonização, no qual a umidade de matérias voláteis é retirada por elevação da temperatura sob condições atmosféricas controladas. Na próxima etapa é introduzido no material os agentes ativantes, geralmente ar, vapor ou gás carbono, em temperatura de 800 a 1000 °C. Depois da ativação, o carvão ativado é submetido a etapas decorrentes, como resfriamento, peneiramento, lavagem, moagem, polimento, separação granulométrica e embalagem (ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, 1989).³³

Na ativação química, o material a ser ativado é posto em contato com um agente ativante químico como ácido fosfórico ou cloreto de zinco. A combinação é exposta ao aquecimento sob condições controladas para acontecer a ativação. O agente deve ser retirado sucessivamente pela lavagem do material (ASTM, 1989).

Forças de atração física ou adsorção de contaminantes para as superfícies dos poros constituem o fator mais importante no processo de filtração por carvão ativado (CA). A quantidade e a distribuição dos poros desempenham um papel essencial para determinar o quanto o contaminante é filtrado. A melhor remoção ocorre quando os poros são suficientemente grandes para admitir a molécula contaminante. Os contaminantes têm tamanhos distintos e são atraídos dependendo do tamanho dos poros do CA. Em geral, os filtros de CA são mais eficazes na remoção de contaminantes que têm relativamente moléculas grandes. O tipo de material bruto de carvão e o seu método de ativação, influenciam no tipo de contaminante que é adsorvido (ASTM, 1989).

O carvão ativado adsorve substâncias orgânicas que causam odor e sabor, toxicidade, mutagenicidade de uma imensidade de produtos resgatando solventes, além de ser utilizado em reações químicas (MAGEE, 1995).

Segundo Kucera (2010) ele retira o cloro livre (e outros oxidantes) da água por meio de uma reação de oxirredução, em que o carvão é oxidado e o Cloro é sintetizado para Cloreto.

De modo geral, a água que passa por um canal de carvão ativado é vista como declorada (BLACK & VEATCH CORPORATION, 2009).

³³ ASTM – AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Annual books of ASTM standards**. [S.l.]: [s.n.], 1989.

5 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento deste trabalho foi realizado no laboratório de Hidráulica e Hidrologia localizado no Centro Universitário de Formiga, com o intuito de avaliar a eficiência de dois filtros decloradores distintos e que foram adquiridos de forma aleatória no mercado. Além disso, foi avaliada se a vazão e a pressão da água apresentou alguma perda decorrente a instalação destes no sub-ramal de um chuveiro elétrico.

Antes da inserção dos filtros decloradores foi aferida a vazão e a pressão existente na rede, para analisar e comparar a rede hidráulica de modo a avaliar se com a instalação dos filtros o sistema hidráulico sofre com perda de vazão ou pressão da água.

A rede hidráulica era constituída de um reservatório de 1000 L de Policloreto de Vinila, com tubulações ligadas a esse reservatório com diâmetro de meia polegada, dois registros de pressão, um chuveiro elétrico. Além disso, foram incluídos nesse sistema os decloradores e um manômetro de Bourdon, como mostram as FIG. 1 e FIG. 2.

Figura 1 - Sistema hidráulico existente no laboratório



Fonte: A autora (2018).

Figura 2 - Sistema hidráulico com a inserção do declorador e manômetro



Fonte: A autora (2018).

O filtro declorador 1 possuía as seguintes características:

- Filtro declorador para chuveiro 10” com cartucho de carvão ativado (carbon block) da marca Fast Filtros “especializado no tratamento de água”
- Construído com materiais atóxicos;
- Rosca interna e externa – 1/2”;
- Temperatura máxima de trabalho – 50° C;
- Durabilidade – 6 meses 1 ano;
- Vazão máxima – 228 l/h;
- Pressão máxima de trabalho – 5 kgf/cm²;
- Elemento de carvão ativado;
- Filtragem 11.400 l;

Já o filtro decolorador 2 possuía as seguintes características:

- Filtro decolorador para chuveiro 5” com cartucho de carvão ativado (carbon block) da marca Fast Filtros “especializado no tratamento de água”
- Construído com materiais atóxicos;
- Rosca interna e externa – 1/2” ;
- Temperatura máxima de trabalho – 50° C;
- Durabilidade – 12 meses;
- Vazão máxima – 300 a 400 l/h;
- Pressão máxima de trabalho – 5 kgf/cm²;
- Elemento de carvão ativado;
- Filtragem 15.000 a 17.000 l;

Os filtros decoloradores utilizados podem ser vistos na FIG. 3.

Figura 3 - Filtros decoloradores 1 (menor) e 2 (maior) utilizados para a decoloração da água



Fonte: A autora (2018).

Com o declorador e o manômetro de Bordon instalado no sub-ramal o sistema hidráulico tornou-se completo, sendo a próxima etapa a cloração da água existente no reservatório, já que essa era proveniente de poço subterrâneo sem nenhum tipo de tratamento.

Os níveis de concentração de cloro inicial foram aproximadamente 0,5 mg/L, 1,0 mg/l e 2,0 mg/l (concentrações A, B e C, respectivamente), estas concentrações foram definidas em função de estarem de acordo com os padrões de potabilidade da água sendo assim apropriada para consumo humano.

Para a cloração, foi utilizada uma solução oxidante, usada no sistema de abastecimento de água da cidade de Formiga. Esta é produzida no SAAE de Formiga através de eletrólise do cloreto de sódio, além de cloro ativo. Contém em sua composição peróxido de hidrogênio, hidróxido de sódio.

Depois de verificada a quantidade do teor de cloro ativo na solução foi realizada a cloração da água no reservatório, manualmente. Foi colocada com proveta uma dosagem da solução oxidante na água, posteriormente foi feita a homogeneização. Com uma pipeta volumétrica foram retiradas três amostras de 10 ml do reservatório, para a medição de teor de cloro, os resultados foram anotados e foi feita a média dessas concentrações dando origem a concentração A.

Com a concentração de cloro na água estabelecida, o registro do sistema foi aberto por aproximadamente 30 segundos, sendo estabelecido escoamento pelo declorador, seguindo pelo manômetro até chegar à saída do chuveiro.

Para avaliação da vazão foi utilizado o método volumétrico, sendo usada uma proveta de 2 litros com o registro aberto por 30 segundos, sendo nominada D00 a vazão do sub-ramal quando os decloradores não estavam instalados, D1 e D2 refere-se aos decloradores 1 e 2 onde os números posteriores a D1 ou D2 é a concentração inicial de cloro existente na água.

O procedimento para análise de cloro que permaneceu na água depois de passada pelos filtros decloradores foi o mesmo para as concentrações A, B e C, sendo realizadas cinco repetições em cada uma delas. Os decloradores 1 e 2 foram alternados em cada concentração, para que os dois filtros fossem utilizados na mesma concentração, de modo a testar sua eficiência.

O cloro residual das amostras foi determinado por meio do uso de um fotométrico multiparâmetros de marca LAMOTTE. O equipamento foi cedido pelo SAAE de Formiga e a metodologia utilizada foi a SM4500CL G (AMERICAN PUBLIC HEALTH

ASSOCIATION, AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION, WATER ENVIRONMENT FEDERATION 2012).³⁴

A pressão da água foi medida através de um manômetro de Bordon instalado depois do filtro declorador como mostrado na FIG. 4.

Figura 4 - Manômetro de Bordon instalado depois do filtro declorador



Fonte: A autora (2018).

Esse tipo de manômetro funciona fundamentado na modificação da curvatura causada no tubo de secção elíptica pela pressão realizada no seu interior. Este tubo possui uma das extremidades fechadas e ligada a um dispositivo que concede modificar o seu movimento dando origem a mudança no movimento do ponteiro do manômetro.

Neste trabalho foi utilizado o teste de Scott-Knott para comparação das análises estatísticas para melhor se fazer as interpretações dos dados adquiridos no experimento. Esse teste viabiliza maior reconhecimento dos dados numéricos.

³⁴ AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION, WATER ENVIRONMENT FEDERATION. Standard Methods for examination of water and wastewater. 22. ed. Washington: American Public Health Association; 2012.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A TAB. 1 indica quais das fontes de remoção de cloro dos filtros decloradores que provocaram alguma diferença no resultado.

Tabela 1 - Resumo da análise de variância de remoção de cloro dos filtros avaliados para as diferentes concentrações iniciais de cloro em ppm

| Fonte de variação | GL | Quadrado Médio |
|--------------------------------|----|--------------------|
| Eficiência de remoção de cloro | | |
| Declorador (D) | 1 | 5,03 ^{NS} |
| Concentração inicial (C0) | 2 | 55,67** |
| D x C0 | 2 | 0,34 ^{NS} |
| Erro | 24 | 6,71 |
| Total | | |
| cv (%) | | 2,72 |
| Média geral | | 95,23 |

Fonte: A autora (2018).

Notas: Em que: NS: não-significativo a 1% de probabilidade estatística pelo Teste F.

NS: significativo a 1% de probabilidade estatística pelo Teste F.

O teste foi significativo, indicando que há uma diferença entre as médias e o coeficiente de variação geral foram baixos 2,72%.

Por meio do teste de Scott-Knott foi possível fazer uma comparação da remoção de cloro dos filtros decloradores utilizados para as diferentes concentrações iniciais.

De acordo com o teste de Scott-Knott a TAB. 2 apresenta a média da eficiência na remoção de cloro dos dois filtros decloradores utilizados, fazendo uma comparação entre eles.

Tabela 2 - Comparação da média da eficiência na remoção de cloro dos decloradores 1 e 2

| Declorador | Eficiência de remoção de cloro |
|------------|--------------------------------|
| 1 | 94,82 a |
| 2 | 95,64 a |

Fonte: A autora (2018).

Nota: Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade estatística pelo teste de Scott – Knott.

De acordo com os dados obtidos através do teste Scott-Knott os dois filtros decoloradores apresentaram a mesma eficiência em todas as amostras analisadas desconsiderando as concentrações iniciais pois a remoção de cloro foi em torno de 95% sendo assim instrumentos eficazes, cumprindo com seu papel primordial que é a remoção de cloro da água. Isso se dá porque os dois filtros utilizados durante o experimento são a base de carvão ativado e segundo Kucera (2010) o carvão ativado retira o cloro livre por meio de uma reação de oxirredução, em que o carvão é oxidado e o cloro é sintetizado para cloreto.

Quando os filtros são comparados um com o outro desconsiderando as concentrações de cloro, sendo avaliada somente a eficiência média é possível se afirmar que os decoloradores estatisticamente têm a mesma eficiência.

Todavia seria interessante, como proposta para trabalhos futuros a reavaliação dos decoloradores, porém com as concentrações de cloro residuais superiores aos do padrão de potabilidade a fim de verificar se ele proporciona uma redução que deixe essa água potável para consumo humano.

A TAB. 3 apresenta o percentual de remoção de cloro dos filtros avaliados para as diferentes concentrações iniciais de cloro em ppm.

Tabela 3 - Percentual de remoção de cloro dos filtros avaliados para as diferentes concentrações iniciais de cloro em ppm

| Concentração inicial | Eficiência de remoção de cloro |
|----------------------|--------------------------------|
| 0,43 | 92,80 b |
| 0,76 | 95,40 a |
| 2,00 | 97,50 a |

Fonte: A autora (2018).

Nota: Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade estatística pelo teste de Scott – Knott.

De acordo com os dados obtidos pelo teste de Scott-Knott os filtros decoloradores mostraram-se eficientes na remoção de cloro. Observou-se que quanto maior a concentração de cloro, maior foi a eficiência de remoção. Provavelmente isso aconteceu devido às características do princípio ativo dos filtros decoloradores utilizados como a granulometria do carvão ativado, o tamanho de cada filtro dentre outras.

Os decoloradores utilizados neste trabalho têm como material adsorvente o carvão ativado que, segundo ASTM (1989), é um dos filtros mais utilizados para a remoção de cloro da água.

Além disso, o carvão ativado adsorve substâncias orgânicas que causam odor e sabor, toxicidade, mutagenicidade de uma imensidade de produtos resgatando solventes, por isso a água ao passar pelo filtro decolorador sai com características benéficas advindas da remoção de outros elementos, conforme outros estudos feitos comprovaram isso (MAGEE, 1995).

A TAB. 4 mostra a diferença no resultado da vazão no sub-ramal.

Tabela 4 - Resumo da análise de variância para a vazão de sub ramal com e sem a presença dos decoloradores

| Fonte de variação | GL | Quadrado Médio |
|-------------------|----|----------------|
| | | Vazão |
| Tratamento | 6 | 2,91** |
| Erro | 14 | 0,30 |
| Total | 20 | |
| cv (%) | | 1,40 |
| Média geral | | 39,00 |

Fonte: A autora (2018).

Nota: Em que: **: NS: significativo a 1% de probabilidade estatística pelo Teste F.

O teste foi significativo, há uma diferença entre as médias e o coeficiente de variação geral foi baixo 1,4%, isso mostra que o experimento foi preciso.

A TAB. 5 apresenta os resultados gerados pelo teste de Scott-Knott para comparação das análises das vazões obtidas pelos filtros decoloradores 1 e 2 nas concentrações iniciais de cloro utilizadas.

Tabela 5 - Análise da vazão do sub-ramal com e sem a presença dos decloradores em

| Tratamento | Vazão (L/s) |
|------------|-------------|
| D00 | 39,75 a |
| D11 | 38,50 b |
| D12 | 37,61 b |
| D13 | 37,99 b |
| D21 | 39,56 a |
| D22 | 40,28 a |
| D23 | 39,34 a |

Fonte: A autora (2018).

Nota: Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade estatística pelo teste de Scott – Knott.

Conforme mostrado na TAB. 5 o os dados obtidos durante o experimento foram bem precisos tendo um fator que chama atenção nos resultados, sendo esse a vazão do declorador 2, pois essa característica hidráulica portou-se estatisticamente igual quando não havia nenhum declorador instalado no sub-ramal, significando que no declorador 1 aconteceu uma perda de vazão.

Esta perda está provavelmente relacionada com a questão do trajeto da água dentro do próprio declorador ou espaços livres existentes no mesmo, outra explicação para isso é que no filtro possa ter algum elemento interno que fez com que ele tivesse mais perdas de carga do que o filtro declorador 2.

Á aferição da pressão da água foi outra característica hidráulica relevante e que foi analisada neste trabalho. A FIG. 5, demonstra as leituras do manômetro utilizado para a aferição da pressão da água durante o experimento.

A FIG. 5 apresenta e retrata a leitura do manômetro utilizado para medir a pressão da água no sub-ramal em kgf/cm^2 quando não se utilizava declorador e quando o declorador 1 e 2 foram usados respectivamente

Figura 5 - Retratação e comparação da leitura do manômetro



Fonte: A autora (2018).

A pressão dinâmica da água foi inspecionada durante todo o experimento antes e depois da inserção dos filtros deceleradores.

A leitura do manômetro foi em aproximadamente $0,1 \text{ kgf/cm}^2$, como mostrado na FIG. 5, essa leitura foi praticamente a mesma durante todo o experimento, não significando que a pressão da água não variou, o que pode ter acontecido é que devido a escala do manômetro não foi possível perceber essa alteração na pressão da água durante a prática ,contudo a inserção dos filtros deceleradores não proporcionou perda de carga localizada no sistema sendo mínimos os prejuízos a pressão da água no sistema hidráulico avaliado, preservando a distribuição da água de forma constante em qualidade apropriada propiciando conforto aos usuários, como dispõe a NBR 5626 -1998.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Constatou-se que os filtros decoloradores de chuveiros elétricos utilizados neste trabalho acadêmico apresentaram a mesma eficiência de remoção de cloro em média geral, sendo evidenciado que eles são instrumentos confiáveis, pois a percentagem de remoção de cloro da água foi em torno de 95% atingindo assim o seu principal objetivo.

Outro ponto a se destacar é a vazão, pois na inserção do decolorador 1 houve perda de vazão, isso aconteceu em função da perda de carga, entretanto, para o decolorador 2, estatisticamente a vazão foi semelhante quando o mesmo não existia, por isso o decolorador 2 apresentou um melhor desempenho pois ele não fez com que houvesse perda de vazão no sub ramal.

Verificou-se também que a pressão da água no sub-ramal, praticamente não foi afetada durante a prática pela inserção dos decoloradores.

REFERÊNCIAS

ALVES, Célia. **Tratamento de águas de abastecimento**. 3. Ed. Porto: Publindústria, 2010.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION, WATER ENVIRONMENT FEDERATION. **Standard Methods for examination of water and wastewater**. 22. ed. Washington: American Public Health Association; 2012.

AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. **Water chlorination/chloramination practices and principles**. 2. ed. Denver : Amer Water Works Assn, 2006.

ASTM – AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Annual books of ASTM standards**. [S.l.]: [s.n.], 1989.

BARROS, R. T. V. et al. **Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios: saneamento**. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1995.

BLACK & VEATCH CORPORATION. **White's handbook of chlorination and alternative disinfectants**. 5. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2009.

BRASIL. **Boas práticas no abastecimento de água: procedimento para a minimização de riscos**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

BRAGA, B. et al. **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 2005.

BRASIL. **Boas práticas no abastecimento de água: procedimento para a minimização de riscos**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

_____. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

_____. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de cloração de água em pequenas comunidades utilizando o clorador simplificado desenvolvido pela Funasa**. Brasília: Funasa, 2014.

_____. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de cloração de água em pequenas comunidades utilizando o clorador simplificado desenvolvido pela Funasa**. Brasília: Funasa, 2014.

_____. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Brasília: Funasa, 2014.

DUARTE, António. A. L. Sampaio; PINTO, João. A. Silva. Aplicação de modelos matemáticos no controle da formação de trihalometanos em águas de abastecimento, 2008. In: Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 13., 2008, Belém. **Anais...** Belém: Abes, 2008.

HELLER, Leo; PÁDUA, Valter Lucio de. **Abastecimento de água para consumo humano**. Belo Horizonte: UFMG. 2006.

JACOB, A. C. P. **Potabilidade**: Parâmetros de qualidade e tratamento da água. Aquafluxos. 2016. Disponível em: <<http://www.aquafluxos.com.br/potabilidade-parametros-de-qualidade-e-tratamento-da-agua/>>. Acesso em: 01 mar. 2018.

KUCERA, Jane. Reverse osmosis: design. **Processes, and applications for engineers**, Salem: Wiley, 2010.

LIBÂNIO, Marcelo. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. [S.I.]: [s. n.], 2010.

MACEDO, J. A. B. **Águas & águas**. 3. ed. Belo Horizonte: CRQ-MG, 2007.

MACEDO, JAB de. O processo de desinfecção pelo uso de derivados clorados em função do pH e a Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde. In: **Anais do XLIV Congresso Brasileiro de Química**. 2004.

ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Água Doce**. 2003. Disponível em: <<http://www.wateryear2003.org>> Acesso em: 13 mar. 2018.

PADILHA, Alexandre Rocha Santos. Portaria Nº 2.914, de 12 De Dezembro De 2011. **Diário Oficial**, 2011.

PIVELI, P. D. R. P. Aula 10 - oxigênio dissolvido e matéria orgânico em águas. [S.I.], p. 38. 2010. Disponível em: <http://www.esalq.usp.br/departamentos/leb/disciplinas/Fernando/leb360/Fasciculo%2010%20-%20Oxigenio%20Dissolvido%20e%20Materia_Organica.pdf>. Acesso em: 12 maio 2018.

PLANETA ÁGUA. Por que devemos ter cuidado com o consumo de cloro na água? 2017. Disponível em: <<https://www.planetaagua.ind.br/blog/saude/por-que-devemos-ter-cuidado-com-o-consumo-de-cloro-na-agua>>. Acesso em: 29 ago. 2018.

RIBEIRO, M. C. M. Nova portaria de potabilidade da água: busca de consenso para viabilizar a melhoria da qualidade da água potável distribuída no Brasil. **Revista DAE**, São Paulo, n. 189, maio/ago. 2012.

RICHTER, Carlos A. **Água**: métodos e tecnologia de tratamento. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2009.

RICHTER, Carlos; AZEVEDO NETTO, José M. de. **Tratamento de água tecnologia atualizada**. São Paulo: Edgar Biücher, 2007.

SABOGAL-PAZ, Lyda Patrícia; DI BERNARDO, Luiz. **Seleção de tecnologias de tratamento de água**. São Carlos: LDiBe, 2010.

SALGADO, Sérgio Ricardo Toledo. **Estudo dos parâmetros do decaimento do cloro residual em sistemas de distribuição de água tratada considerando vazamento**. 2008. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTE (Org.). **Qualidade da água e padrões de potabilidade**: guia do profissional em treinamento - nível 2. Belo Horizonte: ReCESA, 2007.

SILVA, R. C. A.; ARAÚJO, T. M. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana - BA. **Revista ciências e saúde coletiva**, São Paulo, v. 8, n.4, p.1019-1028, 2003.

SPELLMAN, Frank R. **Handbook of water and wastewater treatment plant operations**. 3. ed. Boca Raton: CRC press, 2013.

VIANNA, M. R. **Hidráulica aplicada às estações de tratamento de água**. Belo Horizonte: Instituto de Engenharia Aplicada, 1992.

VON SPERLING, Marcos. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.

ZARPELON, Agenor; RODRIGUES, Eloize M. Os trihalometanos na água de consumo humano. 2002. **Sanare Revista Técnica da Sanepar**, v.17, n.17, p.20-30, jan./jun. 2002.