

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA – UNIFOR-MG**  
**CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**  
**LORENA MARIANE DE ASSIS**

**POTABILIDADE DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO DE FORMIGA - MG**

**FORMIGA – MG**

**2018**

LORENA MARIANE DE ASSIS

POTABILIDADE DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO DE FORMIGA - MG

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.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dra. Kátia Daniela Ribeiro

FORMIGA - MG

2018

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

A848 Assis, Lorena Mariane de.  
Potabilidade da água de abastecimento público de Formiga - MG /  
Lorena Mariane de Assis. – 2018.  
60 f.

Orientadora: Kátia Daniela Ribeiro.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) –  
Centro Universitário de Formiga - UNIFOR, Formiga, 2018.

1. Análise laboratorial. 2. Qualidade da água. 3. Recursos hídricos  
I. Título.

CDD 628.16

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

Lorena Mariane de Assis

POTABILIDADE DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO DE FORMIGA - MG

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



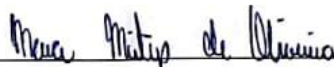
---

Prof. Dra. Kátia Daniela Ribeiro  
Orientadora



---

Prof. Dr. Michael Silveira Thebaldi  
UFLA



---

Mara Mirtys de Oliveira  
Engenheira Civil

Formiga, 08 de novembro de 2018

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela oportunidade de ingressada no curso superior e me acompanhar em todos os momentos, fortalecendo ao ponto de superar as dificuldades, permitindo alcançar está etapa tão importante. Foram 5 anos de muita batalha e dedicação, que só se concluíram com o apoio e persistência Dele.

Agradeço toda a minha família, primeiramente a minha mãe Rosana e ao meu pai Rosimar que são pessoas vitoriosas, batalhadoras e guerreiras, que sempre foram o meu exemplo e minha base, agradeço por terem tido paciência nos momentos difíceis, de esgotamento e estresse, por sempre estarem junto a mim apoiando em cada situação.

Ao meu irmão Lucas e ao meu padrasto Décio, agradeço por fazerem parte dessa conquista, pelo apoio e também pela paciência que teve em meus momentos difíceis de estresse e esgotamento e que contribuíram de alguma maneira nas necessidades que surgiram ao longo desses 5 anos.

Agradeço aos meus avós maternos Raimundo e Maria de Fátima, que considero meus segundos pais e que também foram meus exemplos, me dando forças para continuar firme e forte nessa batalha e poder dar o orgulho de ter uma neta Engenheira na família que carrega consigo todos os ensinamentos; e aos meus avós paternos Jurandir e José Tristão (in memoriam), agradeço pelo apoio e compreensão nos momentos de ausência. Aos meus tios e tias, primos e primas que colaboraram direta ou indiretamente nesta jornada, agradeço pelos conselhos e estímulos.

Agradeço pelas minhas amigas Izabel e Rayane por esse tempo juntas, pelo companheirismo e paciência nos momentos de aperto em semanas de prova e trabalho mas sempre apoiando uma a outra e pela amizade que construímos fora da faculdade; pela Lays que além de ser companheira de trabalho tornou-se amiga e que também participou desses momentos difíceis e pelo companheirismo. Aos demais amigos, agradeço por todas as vezes que estiveram ao meu lado e contribuíram direta ou indiretamente na formação acadêmica.

Ao meu namorado Willian, que me acompanhou durante esses 5 anos, sendo companheiro, amigo, agradeço por sempre me fazer seguir com a cabeça erguida, pelo apoio e compreensão nos momentos de ausência.

Aos professores que transferiram seus conhecimentos e experiências a nós alunos, em especial ao meu orientador inicial Dr. Michael Thebaldi que me incentivou a realizar este trabalho e minha orientadora Dra. Kátia Ribeiro que se propôs a prosseguir com o trabalho e

teve o comprometimento em finalizá-lo, agradeço a vocês pela paciência e conhecimento transmitido, que foi fundamental para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus colegas de trabalho, agradeço pelos conhecimentos transferidos e adquiridos e pelos incentivos de cada um.

Agradeço ao funcionário Flávio do SAAE por ter contribuído para a realização deste trabalho disponibilizando o material necessário e auxiliando na explicação dos métodos e resultados utilizados.

## RESUMO

A água é um elemento importante entre os recursos naturais, disponível em diferentes quantidades e em diversos lugares, entretanto, o desenvolvimento das atividades antrópicas sem planejamento provoca degradação da qualidade da água comprometendo os diversos usos a que ela pode ser submetida. A água destinada ao abastecimento público é capaz de transportar grande quantidade de contaminantes físicos, químicos e biológicos cujo consumo está associado a vários problemas de saúde, contribuindo para a disseminação de doenças de veiculação hídrica transmitidas por meio de microrganismos patogênicos. Desta forma, é necessário verificar se a água potável destinada à população possui qualidade admissível perante os padrões legais. Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo realizar um estudo temporal no município de Formiga – MG para verificar a potabilidade da água utilizada para abastecer a população urbana. Para tanto, foi realizado o levantamento de dados de análises de parâmetros físico-químicos (cor, pH, turbidez, cloro residual livre e fluoreto) e biológicos (coliformes totais, bactérias heterotróficas e *Escherichia coli*) da água de abastecimento público, no período de julho/2017 a julho/2018, analisando a variabilidade temporal dos resultados e correlacionando-os entre si. A averiguação da potabilidade da água realizada com base na Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde apontou que a água fornecida pelo sistema de abastecimento público de Formiga-MG está apta para o consumo humano.

Palavras-chave: Análise laboratorial. Qualidade da água. Recursos hídricos.

## **ABSTRACT**

Water is an important natural resource that is used for several purposes. Development of anthropic activities, without planning, causes water quality degradation, compromising its use viability. Water of public supply can contain physical, chemical and biological contaminants whose consumption causes health problems. Then, it is necessary to verify if potable water destined to population has acceptable quality, according to standards. This study objectified to carry out a temporal evaluation of water potability used by urban population at municipality of Formiga, Minas Gerais, Brazil. Data of physical-chemical parameters (color, pH, turbidity, free residual chlorine and fluoride) and biological parameters (total coliforms, heterotrophic bacteria and *Escherichia coli*) were analyzed from samples of water of public supply during July / 2017 to July / 2018, analyzing temporal variability of results and correlating them. It was concluded that water provided by public supply system of municipality studied is fit for human consumption.

Keywords: Laboratory analysis. Water quality. Water resources.



## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Número de parâmetros contemplados nas quatro portarias brasileiras.....	28
Gráfico 2 – Valores médios mensais do parâmetro coliformes totais. ....	40
Gráfico 3 - Valores médios mensais do parâmetro bactérias heterotróficas. ....	42
Gráfico 4 – Valores médios mensais do parâmetro cloro residual livre.....	43
Gráfico 5 - Valores médios mensais do parâmetro turbidez. ....	44
Gráfico 6 – Valores médios mensais do parâmetro cor.....	45
Gráfico 7 - Valores médios mensais do parâmetro pH.....	46
Gráfico 8 - Valores médios mensais do parâmetro fluoreto.....	47

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplo de possíveis inter-relações entre a geração de agentes alteradores e o uso e ocupação do solo .....	26
--	----

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Quantidade de análises realizadas mensalmente pelo SAAE/Formiga - MG. ....	38
Tabela 2 - Matriz de correlação para verificação da interação dos parâmetros analisados .....	48

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Metodologias adotadas pelo SAAE.....	39
---	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA – Agência Nacional das Águas  
APHA – *American Public Health Association*  
CaCO<sub>3</sub> – Carbonato de Cálcio  
CENEPI – Centro Nacional de Epidemiologia  
CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo  
ETA – Estação de Tratamento de Água  
FUNASA – Fundação Nacional de Saúde  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
°C – Graus celsius  
hab/ km<sup>2</sup> – Habitantes por quilômetro quadrado  
km – Quilômetro  
km<sup>2</sup> – Quilômetro quadrado  
LAAA – Laboratório de Análise de Alimentos e Águas  
Mg/l – Miligramas por litro  
NMP/100 mL – número mais provável por 100 mililitros  
pH – Potencial Hidrogeniônico  
SAAE – Sistema Autônomo de Água e Esgoto  
SAMA E – Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto  
SVS – Secretaria de Vigilância em Saúde  
uH – Unidade de Hazen  
UFC/mL – Unidades formadoras de colônias por mililitro  
µm – Micrómetro  
uT – Unidade de turbidez

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>17</b>
<b>2.1</b>	<b>Objetivo geral .....</b>	<b>17</b>
<b>2.2</b>	<b>Objetivos específicos .....</b>	<b>17</b>
<b>3</b>	<b>JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>18</b>
<b>4</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>19</b>
<b>4.1</b>	<b>Água para abastecimento público e o saneamento básico.....</b>	<b>19</b>
<b>4.1.1</b>	<b>Aspectos acerca do abastecimento de água potável no Brasil.....</b>	<b>20</b>
<b>4.2</b>	<b>Água e a saúde pública .....</b>	<b>22</b>
<b>4.3</b>	<b>Tratamento de água .....</b>	<b>23</b>
<b>4.4</b>	<b>Qualidade da água .....</b>	<b>25</b>
<b>4.5</b>	<b>Aspectos e legislação sobre potabilidade da água .....</b>	<b>26</b>
<b>4.5.1</b>	<b>Parâmetros de qualidade relevantes à água de abastecimento.....</b>	<b>29</b>
<b>5</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>38</b>
<b>6</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>40</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>50</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>51</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso abundante e fundamental para o desenvolvimento de qualquer atividade humana, porém, seu aspecto doce, ou seja, que pode ser consumido pela maior parte dos seres vivos, equivale a apenas uma pequena parcela do total existente no planeta. Já a quantidade da água potável é ainda mais limitada, pois sofre várias alterações quanto à sua qualidade.

Nos últimos anos, os recursos hídricos vêm sendo alterados por fenômenos naturais ou por ação antropológica em função do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica, por meio da adição de substâncias oriundas de efluentes domésticos e industriais que altera direta ou indiretamente as características físicas e químicas do corpo d'água resultando em danos na disponibilidade e qualidade da água.

Um dos principais instrumentos de sustentação de uma política de planejamento e gestão de recursos hídricos é o monitoramento da qualidade das águas, que permite acompanhar o processo de uso dos corpos hídricos, possibilitando compreender o comportamento da qualidade das águas ao longo do espaço e do tempo, apresentando os efeitos sobre as características qualitativas da água, visando contribuir para as ações de controle ambiental, minimizando os impactos negativos ao ecossistema e à saúde humana.

Devido às suas diversas funções, as águas de abastecimento público, agropecuário, industrial, para preservação da vida aquática, constituem umas das principais preocupações com relação aos seus usos preponderantes e a sua preservação constitui-se como um bem-estar de todos, em qualidade e quantidade adequadas para consumo.

A qualidade essencial à água para consumo humano é a potabilidade, isto é, deve ser limpa, tratada e livre de qualquer tipo de contaminação, sendo ela de origem química, física ou biológica, não oferecendo riscos à saúde humana. Para atender a esse padrão, a água para abastecimento deve possuir quantidades limites para vários parâmetros físicos, químicos e biológicos que são definidos pela Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde.

Tendo em vista a importância estratégica da água como recurso essencial à sobrevivência humana, utilizada como fonte de energia elétrica, uso agrícola, recreação, entre outros, sua conservação torna-se imprescindível para garantir o pleno desenvolvimento das atividades econômicas e a qualidade de vida da população.

Diante disso, esta pesquisa buscou verificar a qualidade da água de abastecimento público da área urbana do município de Formiga – MG, por meio da avaliação de parâmetros

físicos, químicos e biológicos de potabilidade da água, comparando os resultados obtidos ao preconizado pela Portaria 2.914/2011.



## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Fazer uma análise temporal da potabilidade da água de abastecimento público do município de Formiga – MG.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Realizar o levantamento de dados relativos aos padrões de potabilidade da água de abastecimento público do município de Formiga - MG;
- Analisar os parâmetros físicos, químicos e biológicos encontrados nas amostras e verificar a conformidade dos resultados com a legislação vigente sobre a potabilidade da água; e
- Correlacionar os parâmetros obtidos.

### 3 JUSTIFICATIVA

Os grandes centros urbanos possuem elevados índices populacionais e grandes demandas pelos recursos hídricos, que normalmente são atingidos pela poluição e, por consequência, afetam a qualidade da água, dificultando o abastecimento público nas cidades.

A qualidade da água é caracterizada por parâmetros físicos, químicos e biológicos que indicam a presença (ou não) de impurezas, cujos teores máximos permitidos são estabelecidos em função dos diferentes usos da água. Para consumo humano, esses teores máximos permitidos constituem os padrões de potabilidade e são fixados pela Portaria 2.910/2011 (BRASIL, 2011b). A falta de conformidade de tais parâmetros com a legislação pode prejudicar a população direta ou indiretamente em questões de salubridade, como por exemplo, através de doenças de veiculação hídrica.

Portanto, é de suma importância analisar os padrões de qualidade da água antes de ser utilizada para determinado fim, garantindo que a mesma não contenha impurezas que venham a prejudicar a população que é abastecida por ela.

## 4 REFERENCIAL TEÓRICO

### 4.1 Água para abastecimento público e o saneamento básico

A urbanização e suas consequências sobre o meio ambiente e os recursos hídricos demandam uma abordagem integralizada, atraindo para um mesmo centro de ações aquelas relacionadas aos aspectos de planejamento urbano, à qualidade e quantidade da água, relações entre os variados usos do solo e, particularmente os aspectos legais e institucionais para a sustentabilidade dos atos de controle e prevenção (PORTO, 1995).

O planejamento e execução de proposta urbanística e de melhoria habitacional são artifícios para fornecer à população acesso e moradia adequada. A escassez da infraestrutura urbana e do saneamento básico são resultados de um crescimento inadequado dos municípios, ausência de investimento e ineficiência dos serviços prestados (BRASIL, 2005).

As atividades realizadas pelo homem alteram de forma significativa o ambiente natural, tornando alta a ameaça de exposição a doenças, afetando diretamente a qualidade de vida da população. A degradação dos sistemas físico-biológico e social são circunstâncias necessárias para ocorrência dessas doenças e diminuição do nível de qualidade de vida (PHILIPPI JÚNIOR; MALHEIROS, 2005). Neste sentido, o saneamento básico tem como intuito melhorar a qualidade de vida da população, assegurando melhores condições de saúde e evitando a propagação e proliferação de doenças (INSTITUTO TRATABRASIL, 2012).

O saneamento básico é um direito do cidadão e engloba o conjunto de medidas que visa preservar ou modificar as condições do meio ambiente, sendo constituído, segundo a Lei Federal nº 11.445/2007 (BRASIL, 2007a) pelos serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e drenagem urbana.

O sistema de abastecimento de água é um conjunto de obras, equipamentos e serviços utilizados para suprir necessidades da população, com o fornecimento de água potável para fins de consumo doméstico, industrial, serviços públicos e entre outros. Trata-se de um sistema com a finalidade de coletar água do meio ambiente, adaptar a qualidade ao padrão potável, armazenar e distribuir a água à população. O sistema pode ser planejado para satisfazer pequenas povoações ou regiões metropolitanas variando nas propriedades e no aspecto de suas instalações (ANDRADE, 2015).

A importância do sistema de abastecimento de água, incluso no conteúdo do saneamento básico, visa atingir objetivos no aspecto econômico como aumento da vida

propícia dos indivíduos economicamente, fácil instalação de indústrias em que a água é utilizada como matéria-prima, entre outros. Nos aspectos sanitários e sociais possibilita atingir objetivos no avanço das condições de vida e melhoria na saúde de um município, redução do índice de mortalidade e da ocorrência de doenças relativas à água, entre outros (FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE - FUNASA, 2006).

De acordo com Heller e Casseb (1995) o abastecimento de água é constituído por várias unidades, tais como:

- Manancial: nascente ou curso d'água de água doce, de onde a água é retirada;
- Captação: instalações e equipamentos usados para captar água do manancial;
- Adução: utilizado para transporte da água tratada ou do manancial;
- Tratamento: o processo é realizado na ETA (estação de tratamento de água) com o intuito de melhoria dos atributos qualitativos da água, dos pontos de vista químico, físico e organoléptico (característica do fluido que são constatadas pelos aspectos como gosto e cheiro) tornando a água própria para o consumo;
- Reservatório: armazenamento da água atendendo medidas de variação de consumo e manutenção da pressão mínima na rede de distribuição;
- Rede de distribuição: transporte da água para as edificações e pontos de consumo, através de tubulações instaladas nas vias públicas; e
- Estações elevatórias ou de recalque: instalações de bombeamento designada para encaminhar a água a pontos afastados e mais altos, ou para expandir a vazão de linhas adutoras.

#### **4.1.1 Aspectos acerca do abastecimento de água potável no Brasil**

A demanda hídrica é uma das preocupações mundiais relacionadas com o crescimento populacional, posto que a quantidade de água doce acessível no mundo é uma pequena parcela de toda água existente no planeta Terra, sendo que 97,5 % da água são salgadas, da parcela de água doce, 68,9% localizam-se nas geleiras polares ou em superfícies montanhosas, 29,9% em águas subterrâneas, 0,9% constituem a umidade do solo e 0,3% compõe a fração de água doce superficial presente nos lagos e rios (BRASIL, 2005).

O aumento da população urbana no Brasil ocasionou um avanço significativo nas demandas hídricas, levando à poluição, contaminação e degradação dos mananciais (TUNDISI, 2005).

O cenário das águas no Brasil abrange problemas de qualidade e quantidade. Os sistemas de águas continentais de superfícies e dos aquíferos subterrâneos têm sofrido ameaça pela sua busca excessiva e pelos seus diversos usos, acumulando-se impactos de várias origens. Despejo de resíduos domésticos e resíduos agrícolas, desmatamento, construção de barragens e canalizações de rios, derramamento de substâncias tóxicas e erosão, reduzem a biodiversidade aquática e implicam no abastecimento público, conseqüentemente elevando os custos de tratamento e tornando complexa a administração das águas (CLARKE; KING, 2005).

Ainda de acordo com os autores supracitados, a região de densidade inferior populacional, a Norte, possui maior abundância de águas. As regiões Sudeste e Sul, dispõem de um alto índice de urbanização, cuja densidade e os vários usos da água estão causando a insuficiência em alguns pontos, comprometendo a disponibilidade e altos custos no tratamento. A região Centro-Oeste desfruta de uma extensão de ecossistemas aquáticos com ampla biodiversidade, entretanto encontra-se ameaçada por alguns princípios: agricultura, urbanização, hidrovias, pecuária, práticas turísticas, entre outros.

A região semiárida do Nordeste é reconhecida por apresentar um regime de precipitação irregular, em que apesar dos trabalhos realizados pelos governos, a ausência de água sempre foi uma adversidade não solucionada. Os elementos geológicos e climáticos possuem papel predominante na melhoria das reservas hídricas e, portanto, nas alterações da qualidade de suas águas (VIEIRA, 1999).

A conservação dos recursos hídricos e do meio em que eles são introduzidos é de grande importância, sobretudo no que se diz respeito à água doce, no qual deve ser consumida de forma consciente e sem desperdícios, buscando um desenvolvimento sustentável, garantindo esse recurso para um futuro próspero. Para esse fim, torna-se necessário refletir sobre a utilização da água, reduzindo seu desperdício e consumo, levando em consideração que a água é uma riqueza essencial para a humanidade e para o planeta (BATISTA, 2014).

## 4.2 Água e a saúde pública

A complexidade dos diversos usos da água pelo homem tem provocado alterações na qualidade dos ecossistemas aquáticos, ocasionando a redução na disponibilidade de água de qualidade e a degradação ambiental, gerando inúmeras questões inerentes ao seu aproveitamento (PEREIRA, 2004).

A poluição das águas provém do acréscimo de substâncias ou de formas de energia que, modifiquem as características químicas e físicas do corpo d'água, prejudicando a utilização das águas salubres (VON SPERLING, 1996).

Segundo Freitas e Almeida (1998, p. 02) “as fontes de contaminação antropogênica em águas subterrâneas são em geral diretamente associadas a despejos domésticos, industriais e ao chorume oriundo de aterros de lixo que contaminam os lençóis freáticos com microrganismos patogênicos”. Esses microrganismos estão presentes em corpos d'água como os rios, devido à utilização da água como destinação final de resíduos das moradias ou de regiões contaminadas por dejetos humanos. Trata-se de um círculo vicioso, em que os patógenos são inseridos nos mananciais como decorrência dos lançamentos de esgotos não tratados e de dejetos humanos, podendo possuir doenças entéricas, e retornam às moradias por meio de sistemas de captação de água dos mananciais para o abastecimento público. Assim, a sociedade mantém-se exposta a doenças de veiculação hídrica (BRANCO et al., 2015).

As doenças de veiculação hídrica estão relacionadas com a qualidade e quantidade de água sendo divididas em: doenças de transmissão hídrica caracterizada pela presença de agentes biológicos como parasitas, vírus, bactérias e insetos vetores; e doenças de origem hídrica, provocada por substâncias químicas ou agentes tóxicos que são introduzidas na água (REBELO; BAVARESCO, 2011).

Assim, a água utilizada para abastecimento público deve encontrar-se isenta de substâncias tóxicas e organismos patogênicos apresentando características toxicológicas e sanitárias apropriadas para promover o bem-estar das pessoas e preveni-las de quaisquer danos à saúde (ZANCUL, 2006).

Para isso, cabe à inspeção sanitária averiguar o manancial, os equipamentos e instalações de um sistema de abastecimento, os procedimentos de operações e manutenção, com o objetivo de analisar a suficiência desses elementos para produzir e fornecer água para a população pública sob condições salubres (BRASIL, 2007b).

### 4.3 Tratamento de água

De acordo com Santos, Oliveira e Rocha (2009, p. 01) “o tratamento de água consiste basicamente na remoção de partículas suspensas e coloidais, matéria orgânica, micro-organismos e outras substâncias possivelmente deletérias à saúde humana presentes nas águas”. Esse processo requer várias etapas, no qual pode se tornar de alto custo e complexo devido às impurezas provenientes dos corpos d’água de captação, como despejo de detritos com elevado teor de matéria orgânica (FRANCISCO; POHLMANN; FERREIRA, 2011).

Os sistemas de tratamento de água convencionais são aqueles que possuem etapas que servem de paradigma para os demais tipos de sistemas (MARTINS, 2014). As etapas que constituem tal sistema são: gradeamento, coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção, fluoretação e correção do pH.

O gradeamento é composto por grades formadas de barras de aço, paralelas, com mesma espessura e uniformemente espaçadas. Tem como objetivo a retenção de sólidos grosseiros, tal como corpos flutuantes, com a finalidade de proteger os dispositivos de transportes da água contra obstrução (SOUTO, 1990).

O processo de coagulação consiste na adição de sais de ferro ou alumínio, tais como polímeros, sulfato de ferro ou alumínio e cloreto de ferro. Estes elementos químicos são coagulantes que possuem cargas positivas, responsáveis por neutralizar as cargas negativas das partículas dissolvidas ou em suspensão na água (MARTINS, 2014).

A floculação é a etapa subsequente à coagulação e é associada à mistura lenta objetivando a formação de flocos. É o processo de tratamento que promove a agregação das partículas desestabilizadas ou coaguladas para produzir agregados maiores ou flocos, a fim de possibilitar a sua separação através de um processo físico (MAGALHÃES, 2014).

O processo de decantação, conhecido também por sedimentação, consiste na separação e remoção de partículas sólidas utilizando as forças gravitacionais. Deste modo, as partículas com densidades inferiores à da água são encaminhadas para a superfície (formação de espuma) e o restante é direcionado para o fundo com o auxílio da força gravitacional, formando o lodo (CARVALHO, 2008).

O lodo gerado pelo processo de decantação pode ser removido manualmente por jatos de água ou mecanizado, por meio de raspadores de fundo. A limpeza é feita após a constatação de que os reservatórios estão com um volume excessivo de resíduos, ocasionando sobrecarga nos filtros (BOTERO, 2008).

Na etapa de filtração, as partículas mais leves e finas que não foram retidas no processo de decantação são removidas da água. Tem por finalidade reter as partículas coloidais e suspensas presentes na água que escoam por um meio filtrante, constituído por carvão antracito, uma ou diversas camadas de areia com diferentes granulometrias, ou camadas intercaladas de carvão e areia. É considerado um procedimento final de remoção de impurezas na estação de tratamento de água, responsáveis pela produção de água condizendo com os padrões de potabilidade (SERVIÇO DE ÁGUA E ESGOTO DE NOVO HAMBURGO - COMUSA, 2018).

A desinfecção é fundamental para impedir a contaminação da água de abastecimento (FERNANDES, 2014). Segundo Meyer (1994, p. 99) “os processos de desinfecção têm como objetivo a destruição ou inativação de organismos patogênicos, capazes de produzir doenças, ou de outros organismos indesejáveis”. Entre os desinfetantes (agentes da desinfecção), o cloro é o mais utilizado para purificação da água, sendo encontrado no estado líquido, sólido e gasoso, possuindo baixo custo. É capaz de erradicar a maioria dos microrganismos patogênicos e proteger o sistema de distribuição. O cloro é de fácil aplicação, contudo o manejo inadequado pode provocar problemas de gosto e odor (RICHTER; AZEVEDO NETTO 1991).

Além desse método, a eliminação dos microrganismos patogênicos também pode ser realizada pelo armazenamento da água por determinado período antes e após o tratamento, sendo aplicados agentes químicos oxidantes que possuem ação de desinfecção como iodo, cromo, ozônio e prata, e por ação da radiação ultravioleta de origem artificial ou solar (PHILIPPI JÚNIOR; MARTINS, 2005).

A etapa de fluoretação consiste na adição equilibrada do composto flúor na água utilizada para abastecimento público, com a finalidade de elevar sua concentração efetiva na prevenção de cárie dentária. Essa adição deve ser feita em teores adequados e de modo contínuo evitando princípios de fluorose, causada pelo excesso de flúor (STANCARI; DIAS JÚNIOR, FREDDI, 2014).

O processo de correção do pH é a última etapa do tratamento de água sendo responsável por ajustar o pH e preservar a rede de tubulações da corrosão, por meio da adição de alcalinizantes tais como, carbonato de sódio, hidróxido de sódio e cal, ou ácidos e sais como ácido clorídrico e sulfúrico, para prevenção da ocorrência de incrustações (BRANDÃO, 2011; FERNANDES, 2014).



#### 4.4 Qualidade da água

A urbanização e o desenvolvimento econômico trazem consigo vários problemas ambientais. A falta de medidas preventivas e planejamento que evitem modificações bruscas nas propriedades ambientais refletem nas qualidades dos recursos ambientais, sua disponibilidade e acesso pelo ser humano (BRASIL, 2007a).

Segundo von Sperling (1996, p. 11)

O conceito de qualidade da água é muito mais amplo do que a simples caracterização da água pela fórmula molecular  $H_2O$ . Isto porque a água, devido às suas propriedades de solvente e à sua capacidade de transportar partículas, incorpora a si diversas impurezas, as quais definem a qualidade da água.

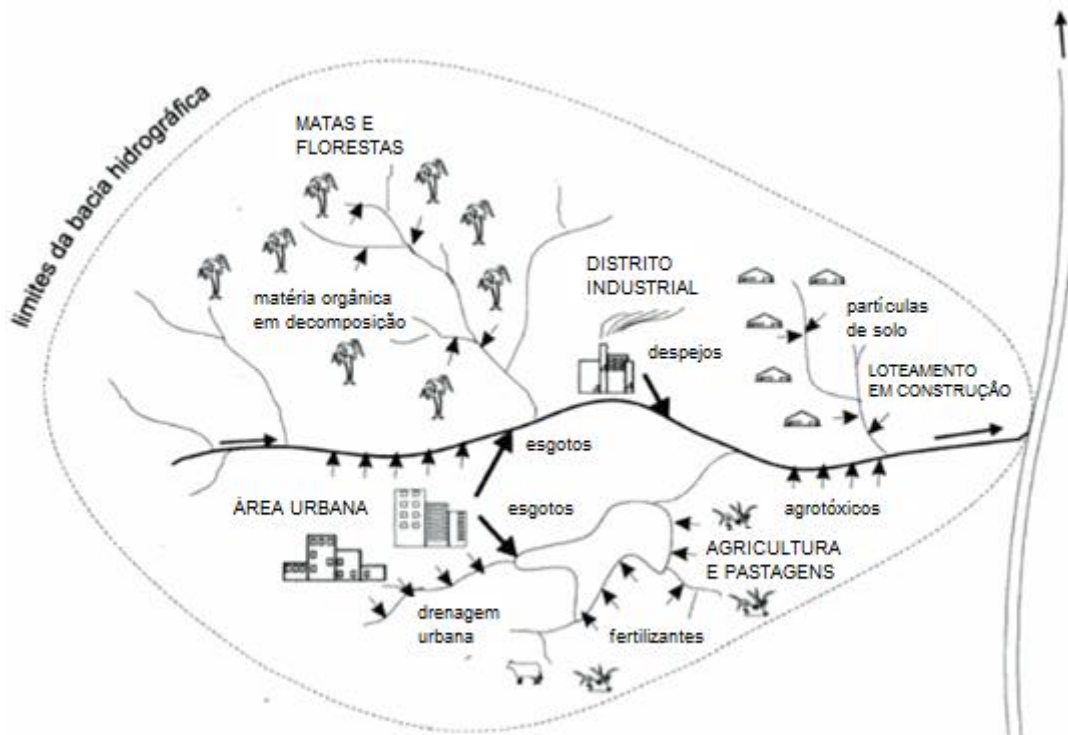
Os padrões de qualidade da água variam para cada tipo de uso preponderante, ou seja, depende do uso a que se destina como, por exemplo, para consumo humano, transporte, balneabilidade, manutenção e irrigação da vida aquática (SOUZA et al., 2014).

A qualidade da água de um corpo hídrico é o resultado dos fenômenos antrópicos e naturais presentes numa bacia hidrográfica, isto é, sua qualidade está relacionada com o uso e ocupação do solo e com as condições naturais (LUZ NETTO et al., 2011).

Em condições naturais, os corpos de água vão transformando-se e agregando-se ao longo de sua trajetória pelas microbacias hidrográficas, que são territórios bem definidos e limitados pelos divisores de água. Essas transformações são consequências das interações da água com o solo, a vegetação, a geologia e a fauna dos lugares, provocando alterações na sua qualidade e quantidade ao longo do percurso. As transformações que as atividades antrópicas promovem nas suas variadas formas de apropriação dos recursos naturais, agregam mais complexidade nos recursos hídricos. Essas transformações socioambientais resultam na degradação do meio ambiente por meio de várias fontes agrupadas em efluentes industriais e domésticos, cargas difusas agrícolas e urbanas. Todas essas alterações naturais e antrópicas condicionam as características da qualidade da água (PHILIPPI JÚNIOR; SILVEIRA, 2005).

O controle da qualidade da água está associado a um planejamento global, abrangendo toda a bacia hidrográfica, e não individualmente, por um agente alterador. A FIG. 1 apresenta um exemplo de possíveis inter-relações entre a geração de agentes alteradores e o uso e ocupação do solo da qualidade de lagos e rios (VON SPERLING, 1996).

Figura 1 - Exemplo de possíveis inter-relações entre a geração de agentes alteradores e o uso e ocupação do solo



Fonte: von Sperling, 2005, p. 16.

As características de um corpo d'água podem ser avaliadas por meio do instrumento de monitoramento da qualidade da água, a fim de identificar quaisquer alterações nas propriedades da mesma (OLIVEIRA, 2013). Assim, tem-se que as suas características químicas, físicas e biológicas, são indicadores fundamentais para identificar possíveis alterações no corpo d'água (BRAGA et al., 2005) ou na bacia hidrográfica que o mesmo está inserido.

Desta maneira, tem-se que as informações sobre a qualidade da água é de suma importância para que se conheça a situação dos corpos hídricos relacionados aos impactos antrópicos na bacia hidrográfica e é fundamental para que se planeje sua ocupação e seja realizado o controle de impactos (BRAGA; PORTO; TUCCI, 2015).

#### 4.5 Aspectos e legislação sobre potabilidade da água

A qualidade da água potável, própria para consumo humano, deve apresentar determinadas características tais como, sabor, odor e aspectos físicos agradáveis, além da

ausência de patógenos e das substâncias tóxicas ou nocivas que excedem o limite de tolerância (CUNICO, 2011).

Os padrões de potabilidade representam os valores limites de determinados parâmetros de natureza química, física, microbiológica ou radioativa, que podem causar algum tipo de risco à saúde da população que desfruta de determinada água para seu consumo (ARAÚJO, 2010).

Os procedimentos de controle da qualidade da água devem assegurar que a água fornecida aos cidadãos apresente qualidade compatível com os padrões determinados pela legislação (SILVA, 2013).

A normatização da qualidade da água foi estabelecida inicialmente com o advento do Decreto nº 79.367/1997 atribuindo competência ao Ministério da Saúde, para elaborar o padrão de potabilidade da água para consumo humano e normas a serem admitidas no território nacional. No Brasil, foi estabelecido o primeiro padrão de potabilidade a partir do Decreto supracitado, através da Portaria nº 56/1977, definindo os limites máximos para as variadas características físicas, químicas e biológicas específicas das águas de consumo humano (SOUZA, 2010).

A Portaria nº 56 de 14 de março de 1977 foi revogada pela Portaria nº 36 (BRASIL, 1990), aumentando o número de parâmetros e tornando alguns limites mais restritivos. Anos depois, com a revisão da Portaria nº 36 integrando os diversos segmentos relacionados ao tema, foi publicada a Portaria nº 1469, com implementação efetivada em janeiro de 2003. Em junho do mesmo ano, foi instituída a Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS) do Ministério da Saúde que assumiu as atribuições do Centro de Epidemiologia (CENEPI), localizado na estrutura da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) (LIBÂNIO, 2010).

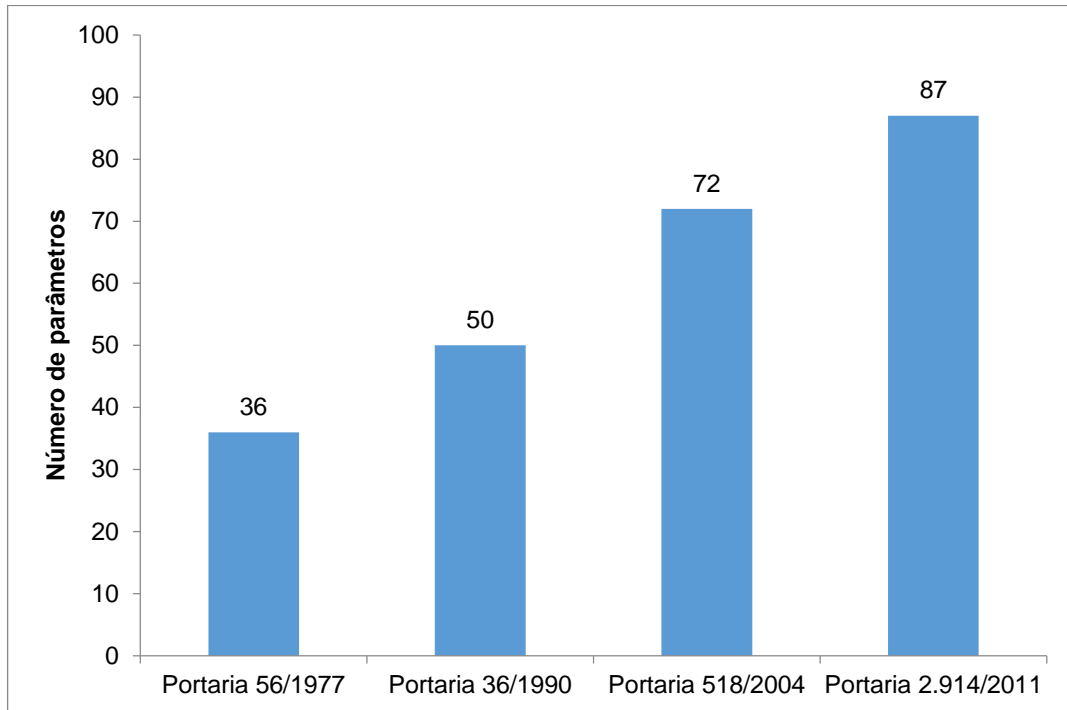
Devido às mudanças na estrutura do Ministério da Saúde, a Portaria nº 1469 foi revogada, passando a entrar em vigor a Portaria nº 518/2004, mantendo todos os parâmetros, entre outros aspectos, e com algumas adaptações ao novo ordenamento do Ministério da Saúde. Além do padrão de potabilidade, ela estabelece as responsabilidades e procedimentos relativos à vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano (OGATA, 2011).

Atualmente, a Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011 é que está em vigor, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (BRASIL, 2011b). Essa última versão é resultado de um amplo processo de discussão, realizado no período de 2009 a 2011, perante a coordenação do

Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador, da Secretaria de Vigilância em Saúde do Ministério da Saúde (RIBEIRO, 2012).

É apresentada a evolução significativa do número de parâmetros contemplados no padrão de potabilidade nas quatro portarias brasileiras no GRAF. 1

Gráfico 1 - Número de parâmetros contemplados nas quatro portarias brasileiras



Fonte: Adaptado de Libânio, 2010.

De acordo com a Equipe de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano do Ministério da Saúde, a ampla discussão foi divulgada em sites e endereços eletrônicos para recebimento de sugestões, possibilitando a participação dos segmentos institucionais e a sociedade. Além disso, foi debatida em oficinas regionais e aprovada pelo Sistema Único de Saúde, disponibilizada para consulta pública, tornando todo o processo transparente e democrático (RIBEIRO, 2012).

Os padrões de potabilidade da água são motivados por eventos de contaminação que terminam por direcionar os esforços da comunidade científica. Apesar deste indício, a evolução das portarias nacionais permite supor que os padrões de potabilidade futuros no Brasil, haverão de focar em dois princípios básicos: aspectos relacionados à vigilância da qualidade de água para consumo humano e maior número e valores máximos permissíveis mais restritivos para alguns parâmetros de controle (LIBÂNIO, 2010).

#### 4.5.1 Parâmetros de qualidade relevantes à água de abastecimento

Os padrões de qualidade referem-se a uma quantidade de parâmetros capazes de refletir direta ou indiretamente, a presença potencial ou efetiva de algumas substâncias ou microrganismos que possam envolver a qualidade da água do ponto de vista de sua salubridade e de sua estética. Do ponto de vista da salubridade, exige-se que a água não possua substâncias químicas ou patogênicas em concentrações tóxicas que sejam nocivas à saúde. Do ponto de vista estético, as exigências se referem a aspectos organolépticos e físicos que tornem a água repugnante ao consumidor, induzindo-o a utilizar de melhor aparência, contudo, sem controle de salubridade (BRAGA et al., 2015).

A qualidade da água pode ser representada a partir de vários parâmetros, que representam suas principais características físicas, químicas e biológicas. Tais características provenientes das águas naturais decorrem de uma série de processos que acontecem na bacia hidrográfica e no corpo hídrico, como resultado das capacidades de dissolução de uma vasta gama de transporte e substância pelo escoamento subterrâneo e superficial (LIBÂNIO, 2010).

As características físicas das águas de abastecimento estão relacionadas aos aspectos estéticos de apreciação imediata, que não prejudica diretamente a saúde do consumidor (SILVA, 2009). As principais características físicas da água são: cor, condutividade, sabor e odor, sólidos, temperatura e turbidez.

A cor de uma amostra de água está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessa-la devido à presença de sólidos dissolvidos. A coloração das águas naturais é resultado dos compostos inorgânicos devido à presença de íons metálicos como óxidos de ferro e manganês e despejos industriais; e pela decomposição parcial da matéria orgânica presente nos vegetais (como folhas e galhos), que promove a formação de compostos orgânicos complexos, como os ácidos húmicos e fúlvicos (WEINBERG, 2013).

A cor pode ser aparente, pois possui a presença de substâncias dissolvidas e substâncias em suspensão responsáveis pela turbidez; e pode ser verdadeira ou real, pela presença de substâncias dissolvidas e coloides (SILVA, 2009). A diferenciação entre a cor aparente e a verdadeira está no tamanho das partículas, isto é, as partículas com diâmetro superior a 1,2  $\mu\text{m}$ , causam turbidez e com diâmetro inferior, já na classe das substâncias dissolvidas e dos coloides, causam cor verdadeira (MACÊDO, 2000). De acordo com o Ministério da Saúde (BRASIL, 2011b) valor máximo permissível para Cor na rede de distribuição é 15 uH (unidade Hazen).

A condutividade elétrica é a capacidade de um corpo d'água em conduzir a corrente elétrica. Ela está relacionada com a quantidade de sólidos dissolvidos totais, com a quantidade de íons e com a temperatura da água, representando uma medida indireta da concentração de poluentes. Quanto maior a condutividade elétrica, maior o estado de poluição (OLIVEIRA, 2011).

A água pura não produz sensação de sabor ou odor nos sentidos humanos. Os produtos que ocasionam sabor ou odor na água são originados da atividade de microrganismos ou ainda de fontes industriais de poluição, e a decomposição de matéria orgânica. São difíceis a quantificação e detecção de sabor e odor, pois depende da sensibilidade do indivíduo, que varia de um para outro (MACÊDO, 2007). Quando existem problemas com sabor e odor na água, o processo de aeração pode ser eficaz em alguns casos. Em outros, para absorver os compostos causadores de odor, é utilizado o carvão ativado (RICHTER; AZEVEDO NETTO, 1991).

Já os sólidos são todas as impurezas da água, com exceção de gases dissolvidos, podendo ser chamados de resíduos, onde após a evaporação de uma amostra secada em uma estufa, esses elementos permanecem. As partículas com dimensões menores, capazes de atravessar por um determinado filtro correspondem aos sólidos dissolvidos totais, enquanto as partículas de maiores dimensões, retidas pelo filtro são considerados sólidos suspensos totais. Os sólidos totais são representados pelo somatório dos sólidos dissolvidos totais com os sólidos suspensos totais (VIEIRA, 2015).

Naturalmente ocorrem variações de temperatura nas águas por meio da transferência de calor por condução, radiação e convecção devido à interação com a atmosfera e o solo, ou por meio do lançamento de despejo de torres de resfriamento e despejos industriais (VON SPERLING, 2005). O aumento da temperatura causa a aceleração do metabolismo dos organismos e a diminuição da solubilidade dos gases, provocando redução da quantidade de oxigênio dissolvido na água (AZEVEDO, 1999).

A turbidez consiste na presença de partículas suspensas na água, dependendo do grau de turbulência, variando no tamanho desde suspensões grosseiras aos coloides. A presença destas partículas provoca a absorção e dispersão da luz, provocando à água uma aparência nebulosa, potencialmente perigosa e esteticamente indesejável. A turbidez pode ser causada por uma diversidade de materiais: descarga de esgoto industrial ou doméstico, partículas de lodo ou argila, bolhas de ar finamente divididas ou a presença de um número grande de microrganismos (RICHTER; AZEVEDO NETTO, 1991). A Portaria nº 2.914/2011 do

Ministério da Saúde estabelece como valor máximo permitido para turbidez na saída do tratamento 1,0 uT e na rede de distribuição de 5,0 uT (BRASIL, 2011b).

Segundo Branco (1991), os parâmetros químicos são os índices mais importantes para se caracterizar uma qualidade de água, pois estes parâmetros permitem determinar o grau de contaminação, concedendo:

- determinar a origem dos principais poluentes;
- avaliar o equilíbrio bioquímico que é necessário para conservação da vida aquática, permitindo analisar as necessidades de nutrientes;
- classificar a água por seu conteúdo mineral, através da presença dos íons; e
- caracterizar picos de concentração de poluentes tóxicos e as possíveis fontes.

Os principais parâmetros químicos são: acidez, alcalinidade, cloretos, cloro residual, dureza, ferro e manganês, fósforo, nitrogênio, oxigênio dissolvido, pH e fluoretos.

A acidez representa o teor de ácidos minerais, dióxido de carbono e sais de ácidos fortes, os quais por decomposição resultam em íons de hidrogênio em solução. Em geral, a acidez é classificada em mineral, carbônica e orgânica. A acidez mineral é resultante da presença de materiais orgânicos sintéticos, resíduos industriais e pela hidrólise de sais minerais de metais. O dióxido de carbono é um elemento natural que leva à formação da acidez carbônica. A importância da acidez nas águas naturais está vinculada a problemas de corrosão, com pouca importância no aspecto sanitário (MIRANDA, 2007).

A alcalinidade consiste na quantidade de íons na água que reagem para neutralizar os íons de hidrogênio. Portanto, constitui-se, em uma medição da capacidade da água em neutralizar os ácidos, servindo assim como base para ajuste do pH da água (PEREIRA, 2013). A alcalinidade das águas naturais é devida à presença de hidróxidos, carbonatos e bicarbonatos. A quantificação tem grande importância, pois se relaciona com um dos processos de tratamento convencional da água, a coagulação com floculantes, com a prevenção de corrosões de tubulações de ferro fundido e incrustações (MACÊDO, 2007).

O conjunto de sais geralmente dissolvidos na água, composto por cloretos, bicarbonatos, e em menor concentração pelos demais sais, podem ocasionar à água sabor salino, características incrustantes e uma propriedade laxante (BRAGA et al., 2005). O teor de cloretos é um auxiliar eficiente no estudo hidráulico de reatores como traçador e indicador de poluição por esgotos domésticos nos corpos d' águas naturais (RICHTER; AZEVEDO

NETTO, 1991). De acordo com a Portaria nº 2.914/2011, o valor máximo de teor de cloretos para água potável é de 250 mg/l (miligramas por litro) (BRASIL, 2011b).

O cloro é o agente químico mais utilizado nas estações de tratamento de água para o processo de desinfecção. Em contato com a água o cloro gasoso se hidrolisa rapidamente para formar os cloretos, íons de hidrogênio e o ácido hipocloroso. Este ácido dissocia-se gerando íons de hipoclorito e de hidrogênio. O ácido hipocloroso e o íon hipoclorito são os principais responsáveis pela oxidação da matéria orgânica indesejada e a soma de suas concentrações é conhecida como cloro residual livre, sendo de vital importância na inibição do desenvolvimento bacteriano, que varia com o pH e temperatura da água (BRASIL, 2006). Segundo o Ministério da Saúde (2011), a Portaria 2.914/2011 especifica que após a desinfecção, a água deverá conter, obrigatoriamente, no mínimo 0,5 mg/l de cloro; e em qualquer ponto da rede de distribuição o valor mínimo deve ser 0,2 mg/l e máximo de 2,0 mg/l, sendo a tolerância máxima de 5,0 mg/l.

A dureza é uma característica da água associada à presença de íons metálicos de magnésio e cálcio e em menor grau, aos íons ferrosos e do estrôncio. As águas subterrâneas normalmente são mais duras do que as águas superficiais, sobretudo devido ao processo de lixiviação da água no solo. As águas duras geram o acúmulo de magnésio e cálcio formando um precipitado sólido que se deposita nos sistemas de distribuição. Os altos índices do teor de dureza provocam inconvenientes, pois não criam espuma de sabão quando utilizadas para lavagem de utensílios domésticos e roupas, criando problemas de higiene; causam impactos na vida aquática, bem como na saúde humana quando utilizada para fins potáveis (SILVA, 2015). Segundo a Miranda (2007), as águas podem ser classificadas em termos do grau de dureza em:

- Menor que 50 mg/l  $\text{CaCO}_3$  (carbonato de cálcio) – água mole
- Entre 50 e 150 mg/l  $\text{CaCO}_3$  – água com dureza moderada
- Entre 150 e 300 mg/l  $\text{CaCO}_3$  – água dura
- Maior que 300 mg/l  $\text{CaCO}_3$  – água muito dura

Ainda segundo o mesmo autor, a dureza pode ser classificada em permanente, que é devida a cloretos de cálcio e/ou magnésio ou sulfato em solução, influenciada por substâncias alcalinas; temporária, relacionada ao bicarbonato que é a fonte da maioria dos problemas



incluindo os sais de cálcio e magnésio, ocorre a formação de carbonatos através da ação do calor ou por reação com substâncias alcalinas que se precipitam e formam incrustações.

A presença de fósforo em corpos d' água pode ter origem de descargas de estações de tratamento de águas residuais, detergentes, dissolução de compostos de solo, fertilizantes e excrementos de animais (OLIVEIRA, 2011).

O fósforo se apresenta na água de várias maneiras, tais como: os fosfatos orgânicos, forma em que o fósforo compõe moléculas orgânicas, como por exemplo o detergente; os ortofosfatos, que se combinam com os cátions formando sais inorgânicos nas águas, representados pelos radicais e os polifosfatos ou fosfatos condensados, que são os polímeros dos ortofosfatos (GONÇALVES, 2009).

As preocupações com o fósforo na água devem-se ao fato dele ser considerado o elemento que mais auxilia para o desencadeamento da eutrofização dos sistemas aquáticos. Em contrapartida, é um elemento essencial para o crescimento das bactérias responsáveis pela estabilização da matéria orgânica (OLIVEIRA, 2011). A eutrofização é o estado de um corpo hídrico que se caracteriza pela presença excessiva de nitratos, nutrientes e fósforo. Os efeitos são criação de cor, sabores e cheiro devido o desenvolvimento excessivo de plantas e águas, que quando consumirem o oxigênio dissolvido na água pode ocasionar a morte de outros microrganismos aquáticos por redução da lâmina d' água devido à quantidade de resíduo depositado no fundo do corpo hídrico e asfixia (SILVA, 2015).

O manganês apresenta convenientes semelhantes aos do ferro, porém é menos comum, e ao contrário do ferro, a sua coloração característica é marrom e a do ferro avermelhada (BRAGA et al., 2005). Teores excessivos de íons de ferro e manganês em águas destinadas a abastecimento pode causar diversos problemas, tais como interferência em processos industriais (fabricação de papel, tecidos), sabor e odor desagradável, depósitos e incrustações, manchas em roupas e aparelhos sanitários, problemas em canalizações, além de possibilitarem o aparecimento de bactérias ferruginosas nocivas na rede de abastecimento (MORUZZI; REALI, 2012). Ainda segundo o mesmo autor, a presença de ferro e manganês não causa problemas a saúde nas concentrações encontradas, mas podem comprometer a confiabilidade da água de abastecimento público quanto ao sistema de tratamento.

O nitrogênio é encontrado no corpo d' água em diversas formas: nitrogênio orgânico, nitrato, nitrogênio molecular, nitrito, nitrogênio amoniacal (amônia). Quanto ao surgimento pela ação antrópica, pode ser proveniente de despejos de fertilizantes químicos e animais, bem como despejos industriais e domésticos (VON SPERLING, 2005). Nos meios aquáticos, o

nitrogênio surge por meio das chuvas, massas rochosas e fixação biológica. Sendo assim, é de suma importância, para mensurar a quantidade de nitrogênio, os registros do acúmulo nas formas dissolvidas, pois quando o índice está alto, pode acarretar danos tanto para os seres aquáticos quanto para o homem (SILVA, 2005).

A concentração de oxigênio dissolvido é o parâmetro mais importante para analisar a qualidade de um ambiente aquático. Ele é consumido pelos seres vivos, especialmente os organismos decompositores da matéria orgânica (COLLISCHONN; DORNELLES, 2015).

As principais fontes de oxigênio na água englobam o processo de troca com a atmosfera (aeração) que se dá pela diferença de pressão parcial entre o ar e a água que impulsiona a introdução de oxigênio na água; a própria água e; a produção pelos organismos produtores primários via fotossíntese, através da conversão de energia e gás carbônico em glicose e oxigênio puro. Além dessas capacidades, o oxigênio pode ser dissolvido no corpo d'água por meio da aeração promovida por quedas d'água, cachoeiras ou outros mecanismos de turbulência (PEREIRA, 2004).

O oxigênio dissolvido é imprescindível aos organismos aeróbios; o corpo d' água em condições naturais contém oxigênio dissolvido, no qual o teor de saturação necessita da temperatura e da altitude. Corpos d'água com baixos teores de oxigênio dissolvido indicam que receptaram matéria orgânica e a decomposição desta é feita por bactérias aeróbias, normalmente acompanhadas pela redução e consumo do oxigênio dissolvido na água. Dependendo da amplitude de autodepuração do manancial, o teor de oxigênio dissolvido pode atingir valores muito baixos, ou zero, eliminando-se os organismos aquáticos aeróbios. A medição da concentração do oxigênio detecta as consequências de resíduos oxidáveis sobre os corpos d'água receptores e a eficiência do tratamento de esgotos durante a oxidação bioquímica (ANTUNES et al., 2012).

Neste sentido, o oxigênio dissolvido é um dos principais elementos utilizados no controle de poluição nas águas e na caracterização de seus efeitos, principalmente no caso de lançamentos irregulares ou despejos industriais, despejos de origens domésticas, que possuem elevados índices de matéria orgânica (WEINBERG, 2013).

O termo pH, potencial hidrogeniônico é utilizado para representar a intensidade das condições alcalinas, ácidas de uma solução ou a neutralização da água por meio da presença de íons de hidrogênio. O pH mede a concentração do íon hidrogênio ou sua atividade, importante em cada etapa do tratamento, sendo mencionado nas etapas de coagulação, desinfecção, floculação e no controle de corrosão. O valor do pH influi na distribuição das

formas ionizadas e livres de vários compostos químicos, contribuindo para um menor ou maior grau de solubilidade das substâncias e define o potencial de toxicidade de diversos elementos (RICHTER; AZEVEDO NETTO, 1991; GASPAROTTO, 2011;).

Segundo von Sperling (1996) o pH pode ser classificado, em:  $\text{pH} < 7$ : condições ácidas;  $\text{pH} = 7$  : neutralidade;  $\text{pH} > 7$ : condições básicas.

A acidez no meio aquático (pH baixo) é ocasionada pela presença de ácidos minerais, dióxido de carbono e sais hidrolisados. Quando um ácido reage com o corpo d água, o íon hidrogênio é liberado, acidificando o meio. Já os valores altos de pH (alcalino) podem estar associados à proliferação de vegetais em geral, pois com o aumento da fotossíntese há consumo de gás carbônico e portanto, diminuição do ácido carbônico da água e conseqüente aumento do pH (PEREIRA, 2004).

As alterações de pH podem ocorrer de forma antropogênica através de despejos industriais e domésticos, ou de origem natural como fotossíntese, dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera (GASPAROTTO, 2011). De acordo com Brasil (2011b), recomenda-se que, no sistema de distribuição, o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5.

Já os fluoretos são compostos químicos formados pela combinação com outros elementos, encontrados em diversos lugares: ar, solo, vida animal, plantas e água (BRASIL, 2012). São liberados no ambiente por atividades antropogênicas como a queima de carvão, produção de fertilizantes a partir de processos industriais e rochas fosfáticas e por fontes naturais como ressuspensão da poeira de diversas origens de solos que possuem fluoretos (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB, 2018).

As concentrações de fluoreto nas águas naturais são controladas pelos principais fatores de capacidade de troca iônica dos materiais do aquífero, presença ou ausência de íons e coloides complexantes, temperatura, solubilidades dos materiais que contém flúor, pH, tamanho e tipo de formações geológicas e tempo em que as águas estão em contato com uma formação particular (AMPABIRE et al., 1997).

A presença de flúor na água tem como intuito contribuir na prevenção da cárie dental, melhorando a saúde bucal da população. No entanto, quando ingerido em excesso traz conseqüências como fluorose dental (manchas nos dentes) e fluorose óssea (problemas nos ossos e articulações) (BRASIL, 2007b).

As características biológicas das águas referem-se aos vários microrganismos que habitam no ambiente aquático. Sua distinção está na possibilidade de transmitir doenças da

matéria orgânica dentro dos ciclos biogeoquímicos de diversos elementos. Na primeira premissa, diversas doenças são passíveis de serem transmitidas por contato ou ingestão da água contaminada; a segunda consiste na degradação da matéria orgânica realizada por bactérias em que se obtêm minerais inorgânicos passíveis de serem incorporados por outros microrganismos (LIBÂNIO, 2010). As principais características biológicas da água são: coliformes, *Escherichia coli*, cianobactérias, protozoários e bactérias heterotróficas.

Os coliformes são grupos de bactérias que servem como organismos indicadores de contaminação da água por dejetos. São utilizados como uma forma de detectar a existência de microrganismos patogênicos, que são aqueles que causam doenças (HELLER; CASSEB, 1995). Os coliformes são subdivididos em coliformes fecais e termotolerantes.

Os coliformes fecais são bactérias patogênicas presentes em grandes quantidades nos intestinos dos animais e humanos de sangue quente, sem causar danos. São adquiridos quando são ingeridos juntamente com a água ou alimentos contaminados, ou quando penetram pela pele. Reproduzem-se a uma temperatura de 44 °C e são constantemente liberados em grande quantidade, junto aos dejetos (GONÇALVES, 2009; OLIVEIRA, 2011).

Quando é realizada a análise da água e se encontra contaminada por coliformes fecais, significa que naquele local houve descarga de esgoto em período recente, o que aumenta a probabilidade de haver ali larvas e ovos de parasitas intestinais, posto que estes elementos possam ser eliminados com os dejetos (GONÇALVES, 2009).

Os coliformes termotolerantes são um subgrupo dos coliformes, onde as bactérias são capazes de fermentar a lactose e manitol, com produção de ácido e gás, em temperatura elevada a  $44,5 \pm 0,2$  °C por um prazo de 24 horas, tendo como principal representante a *Escherichia coli*, de origem exclusivamente fecal (SERVIÇO AUTÔNOMO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO - SAMAE, 2018).

A bactéria *Escherichia coli* produz indol a partir do triptofano, oxidase negativa, não hidrolisa a ureia e apresenta atividade das enzimas  $\beta$  galactosidase e  $\beta$  glucuronidase. É considerada o indicador mais adequado de contaminação fecal em águas doces e de eventual presença de microrganismos patogênicos (CETESB, 2016).

As cianobactérias são microrganismos com características celulares procariontes (bactérias), porém com um sistema de fotossíntese semelhante ao das algas (eucariontes), por isso o nome cianobactérias ou algas cianofíceas. A fotossíntese é a principal fonte de energia para o metabolismo, entretanto, sua organização celular comprova que esses microrganismos são procariontes, sendo semelhantes estruturalmente e bioquimicamente às bactérias

(RIBEIRO, 2007). Algumas espécies de cianobactérias são capazes de promover a fixação biológica de nitrogênio atmosférico, aumentando o teor de nutriente das águas (GENUÁRIO, 2010).

As espécies de cianobactérias podem apresentar um crescimento exagerado conhecido como florações em corpos d'água, consequência do acelerado processo de eutrofização. As florações têm apresentado sérios problemas aos sistemas de abastecimento público, devido à existência de compostos que causam sabor e odor, presença de toxinas que chegam às captações e pela carga de matéria orgânica que acompanha as florações (RIBEIRO, 2007).

Os protozoários são organismos eucarióticos, unicelulares e apresentam nutrição heterotrófica (MACÊDO, 2007). Os procedimentos de clarificação, filtração, sedimentação e coloração, não são totalmente eficientes na eliminação de cistos de protozoários no sistema de tratamento de água (BARBOSA et al., 2013).

Neste sentido, o Ministério da Saúde (BRASIL, 2011b) recomenda a pesquisa de cistos de *Giardia sp.* e *Cryptosporidium spp.* para águas de abastecimento através da Portaria nº 2.914/2011. *Cryptosporidium spp.* e *Giardia spp.* são protozoários parasitas e se destacam dentre os contaminantes associados à veiculação hídrica, sendo resistentes a processos convencionais de tratamento. A transmissão de ambos os parasitas se dá pela rota fecal-oral, por meio do contato indireto por ingestão de água ou alimentos contaminados e contato direto com as fezes de pessoas infectadas, imunodeprimidos (FREGONES et al., 2012; CETESB, 2016).

As bactérias heterotróficas são definidas como microrganismos que requerem como fonte de nutrientes o carbono orgânico. Elas fornecem informações sobre a qualidade bacteriológica da água de uma forma ampla, e fornece informações adicionais sobre eventuais falhas de colonização, desinfecção, eventuais alterações na qualidade da água durante sua reserva, ou possível não-integridade no sistema de distribuição (SAMAE, 2018). Segundo o Ministério da Saúde (BRASIL, 2011b), a contagem de bactérias heterotróficas deve ser realizada em 20% (vinte por cento) das amostras mensais para análise de coliformes totais nos sistemas de distribuição (reservatório e rede).

## 5 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no município de Formiga, que se localiza na região Centro-Oeste do Estado de Minas Gerais, distante há 200 km da capital mineira de Belo Horizonte. O município encontra-se a uma latitude 20° 30' 15,96" Sul e longitude 45° 25' 35" Oeste de Greenwich, ocupando uma área territorial de aproximadamente 1.502 km<sup>2</sup> com uma população estimada para 2018 de 67.540 habitantes. De acordo com o Censo de 2010, a densidade demográfica do município de Formiga era de 43,36 hab/km<sup>2</sup> (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2018).

O trabalho foi realizado em parceria com o SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto) de Formiga – MG, entidade autárquica municipal, responsável pelo abastecimento público de água potável e coleta de esgoto sanitário em todos os aspectos, sendo: captação; coleta e destinação final dos esgotos sanitários; tratamento e distribuição de água de boa qualidade. Foi criado pela Lei Municipal nº 837 de 27 de dezembro de 1971, pelo prefeito municipal Sr. Arnaldo Barbosa.

O SAAE realiza periodicamente, em diferentes pontos da rede de distribuição, a amostragem e a análise dos parâmetros químicos, físicos e biológicos da água tratada para verificar sua qualidade quanto ao atendimento dos padrões de potabilidade. Dentre os parâmetros analisados pela autarquia, tem-se: os coliformes totais, *Escherichia coli*, bactérias heterotróficas, cloro residual livre, turbidez, cor, pH e fluoreto. A TAB.1 mostra a quantidade de análises realizadas mensalmente de cada parâmetro.

Tabela 1 - Quantidade de análises realizadas mensalmente pelo SAAE/Formiga - MG.

Parâmetros	Unidade de medida	Número de análises exigidas pela Portaria 2.910/2011	Número de análises realizadas
Coliformes totais	NMP/100 mL	60	64
Escherichia Coli	NMP/100 mL	60	64
Bactérias Heterotróficas	UFC/mL	12	12
Cloro livre	mg/L	60	64
Turbidez	uT	60	64
Cor	uH	12	16
Ph	-	-	16
Fluoreto	mg/L	-	16

Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

Nota: NMP/100 mL = número mais provável por 100 mililitros; UFC/mL = unidades formadoras de colônias por mililitro; mg/L = miligramas por litro; uT = unidades de turbidez, uH: unidade de Hazen .

As coletas das amostras são feitas em diversos pontos distintos no município durante todo o mês e encaminhadas para o Laboratório de Análise Microbiológica e Análise Físico-Química Vicente de Oliveira, localizado no SAAE, onde são realizadas as análises de cada amostra conforme o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA, 2005) (QUADRO 1). No final de cada mês, é calculada a média dos resultados obtidos para cada parâmetro analisado, onde é preenchido um relatório de análise de água tratada para verificar a conformidade de tais parâmetros com o exigido pela Portaria 2.914/2011. Esses relatórios ficam arquivados na autarquia para fins de consultas pela população, funcionários e para atendimento e auditorias.

Quadro 1 - Metodologias adotadas pelo SAAE

<b>Parâmetros biológicos</b>		
<b>Parâmetro</b>	<b>Método</b>	<b>Descrição</b>
Coliformes totais	SM 9223	Presença e ausência /Substrato definido MUG/ONPG
Escherichia coli	SM 9223	Presença e ausência /Substrato definido MUG/ONPG
Bactérias heterotróficas	SM 9215 B	Plate Count Agar- Contagem padrão em placas
<b>Parâmetros químicos/ físicos</b>		
<b>Parâmetro</b>	<b>Método</b>	<b>Resultado</b>
Cloro residual livre	SM 4500 Cl G	Colorimétrico DPD
Turbidez	EPA 180,1	Nefelométrico
Cor	SM 2120 B	Fotometria com disco comparativo de cor Pt/Co
pH	SM 4500 H <sup>+</sup> B	Potenciométrico
Fluoreto	SM 4500 F D	colorimétrico – SPADNS

Fonte: SAAE, 2018.

Para avaliar a variação temporal da potabilidade da água de abastecimento público no município de Formiga - MG, realizou-se então, o levantamento dos dados relativos aos resultados das análises laboratoriais de determinação dos parâmetros físicos, químicos e biológicos descritos na TAB.1 no período de julho/2017 a julho/2018, por meio dos relatórios que foram disponibilizados pelo SAAE.

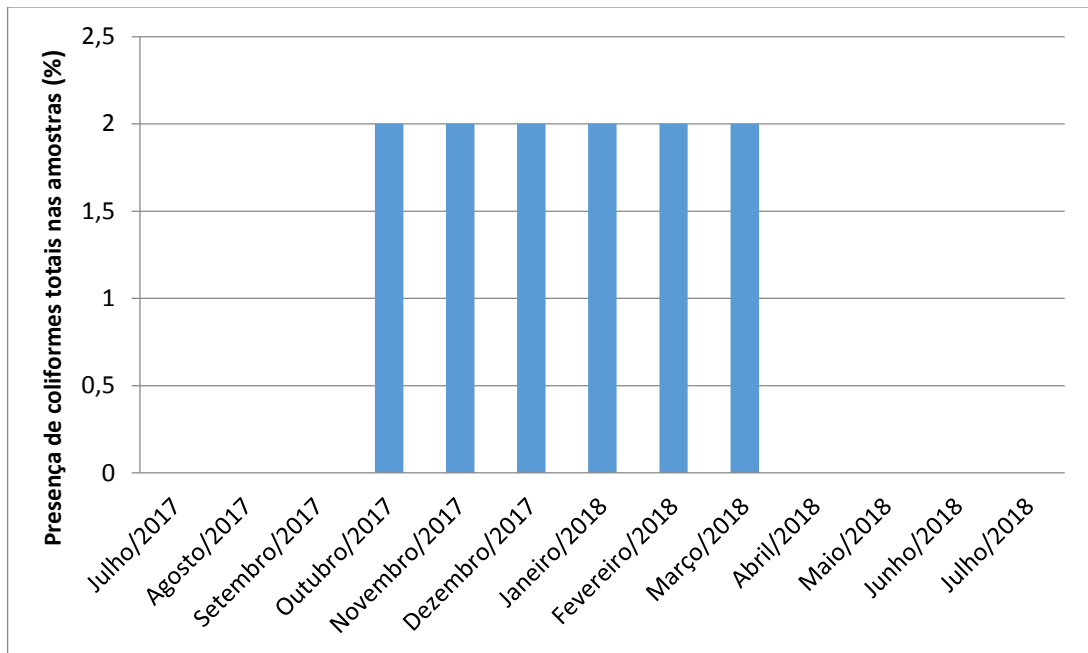
Os dados obtidos foram tabulados, ilustrados em gráficos e confrontados entre si e com legislação vigente.

Os dados também foram submetidos a análises estatísticas para determinação dos coeficientes de correlação de Pearson para a verificação da interação dos parâmetros analisados. Os coeficientes de correlação obtidos foram ainda submetidos ao teste t de Student, a 5% de probabilidade, para verificação de sua significância.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados relativos ao parâmetro químico coliformes totais são apresentados no GRAF.2.

Gráfico 2 – Valores médios mensais do parâmetro coliformes totais.



Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

A Portaria 2.914 de 12 de dezembro de 2011 estabelece como padrão de potabilidade, para o sistema de distribuição que abastece a partir de 20.000 habitantes ausência de coliformes totais, em amostras de 100 mL, em 95% das amostras examinadas no mês (BRASIL, 2011b). Ou seja, aceita-se que seja verificado, no decorrer do mês, a presença de coliformes fecais, por 100 mL, em até 5% das amostras analisadas.

No GRAF. 2 foi possível identificar a presença de coliformes totais em 2% de amostras analisadas nos meses de outubro/2017 a março/2018, equivalente a uma amostra, em cada mês, que se apresentou fora do padrão. Todavia, nesses meses, verificou-se ausência de coliformes totais em 98% das amostras analisadas, estando em conformidade com a legislação.

Os resultados são incompatíveis aos de Casali (2008) que através de análises da qualidade da água para consumo humano ofertada em escolas e comunidades rurais na região central do Rio Grande do Sul, detectou a presença de coliformes totais em 21 pontos dos 34



monitorados, mostrando uma menor eficiência do tratamento da água para abastecimento em comparação com o realizado em Formiga – MG.

No período de outubro/2017 a março/2018 reflete a estação chuvosa, ocasionando o aumento de coliformes totais presentes na água, devido ao aumento na eliminação de esgotos domésticos, onde o escoamento superficial tende a carrear materiais orgânicos para o interior dos mananciais, fazendo com que a água bruta chegue para o sistema de tratamento com uma quantidade maior de coliformes, interferindo no tratamento. De acordo com Vasconcelos e Serafini (2002, apud BARROS et al., 2010, p. 3) “há uma correlação positiva significativa entre os índices de coliformes totais e fecais e a precipitação pluviométrica”. Quando o número de coliformes presentes na água é alto e o índice pluviométrico baixo, os valores de bactérias podem estar relacionados com a interferência de atividades antrópicas, fossas e esgotos a céu aberto (SILVA; UENO, 2008 apud BARROS et al., 2010).

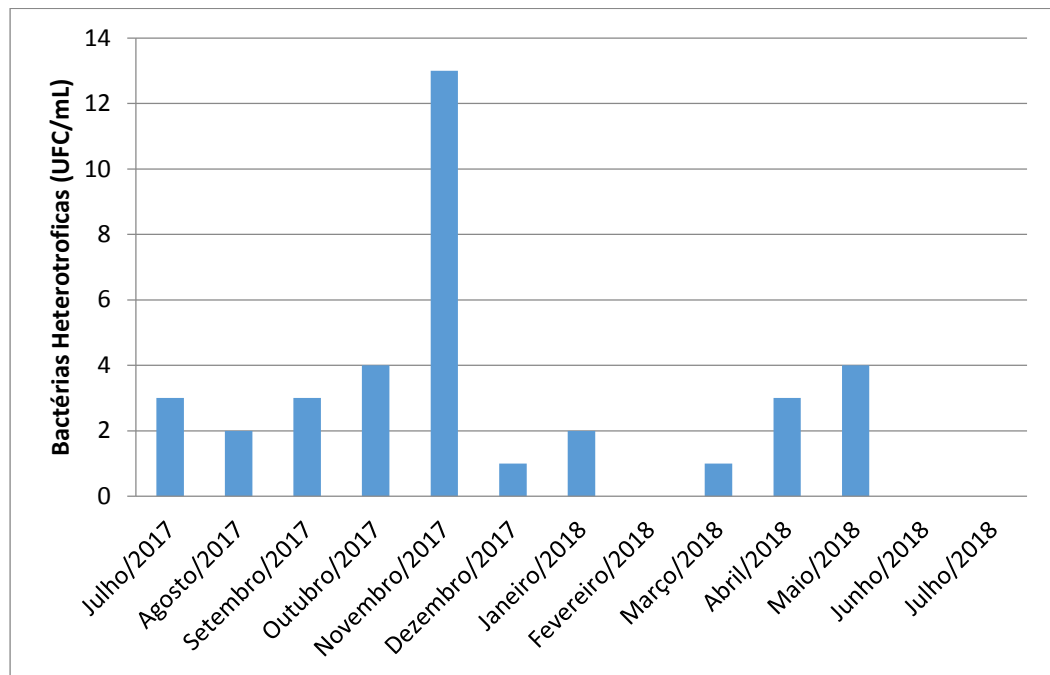
O parâmetro *Escherichia coli* esteve ausente durante todo o intervalo de tempo estudado, estando em conformidade com a Portaria 2.914/2011, na qual exige que a água destinada para consumo humano não possua presença de contaminação pela bactéria (BRASIL, 2011b).

Segundo a pesquisa de Patias et al. (2016) que realizou análises físico-químicas e microbiológicas de águas subterrâneas de dez poços artesianos de Jaguari – RS utilizados para o abastecimento da população de zona rural, seis amostras apresentaram contaminação pela bactéria *Escherichia coli*, o que significa contaminação oriunda de fezes, além de estar em desacordo com o padrão de potabilidade, o que difere dos resultados encontrados no presente estudo para água utilizada em abastecimento público.

Já as bactérias heterotróficas têm como valor máximo permitido 500 UFC/mL (500 unidades formadoras de colônias por mililitros de amostra), conforme estabelece a Portaria 2.914/2011 (BRASIL, 2011b). Os resultados relativos a esse parâmetro biológico são apresentados no GRAF. 3.

Pode-se observar, nos meses de fevereiro/2018, junho/2018 e julho/2018 que as amostras não apresentaram a presença de bactérias heterotróficas. Nos demais meses, houve presença baixa, variando de 1 UFC/mL a 4 UFC/mL, exceto o mês de novembro/2017 que teve uma presença maior de bactérias comparando-se com os demais, sendo 13 UFC/mL; apesar mais elevado que os demais, o valor observado para o mês de novembro/2017 apresentou-se adequado, satisfazendo o limite que a legislação permite.

Gráfico 3 - Valores médios mensais do parâmetro bactérias heterotróficas.



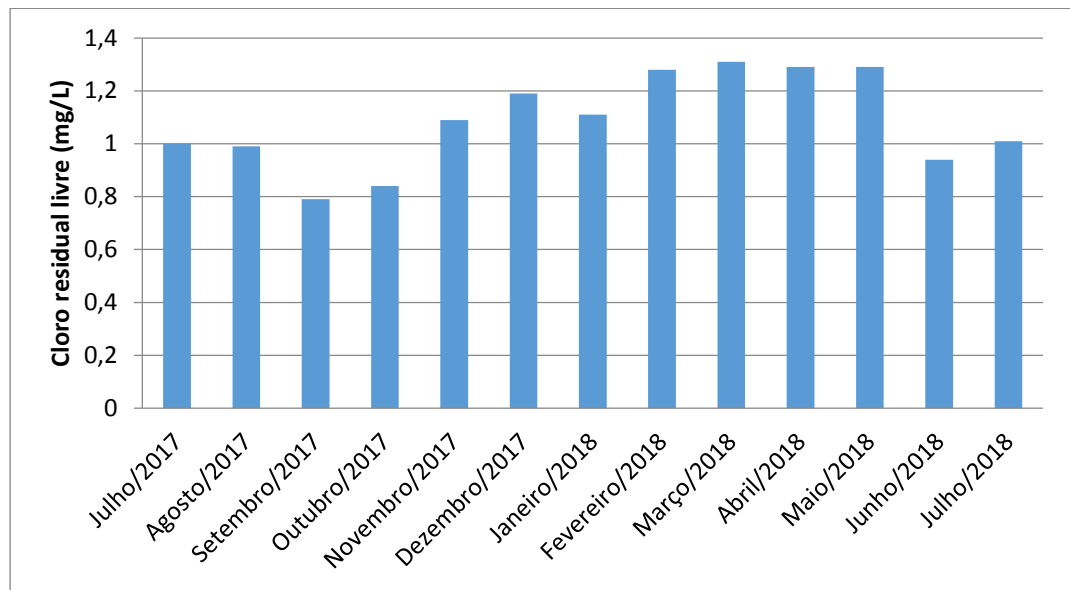
Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

Costa (2017) avaliou em seu estudo a qualidade microbiológica de amostras de água recebidas no Laboratório de Análise de Alimentos e Águas (LAAA) da Faculdade de Farmácia Federal de Juiz de Fora no ano de 2015. As amostras apresentaram contagem de bactérias heterotróficas maiores que 500 UFC/mL, ou seja, fora do limite recomendado. Embora a maioria não seja patogênica, as bactérias podem deteriorar a qualidade da água e representar riscos à saúde humana. Além disso, a contagem dessas bactérias é fundamental, pois o aumento da população bacteriana pode comprometer a detecção de microrganismos do grupo coliforme (BRASIL, 2013).

É necessária a manutenção de cloro residual livre em redes de abastecimento público, que normalmente é utilizado para o processo de desinfecção, onde ocorre a eliminação dos microrganismos da água, podendo ser patogênicos. São apresentados no GRAF. 4 os resultados relativos ao parâmetro cloro residual livre.

Os valores de cloro residual livre apresentaram uma variabilidade de 0,79 mg/L a 1,31 mg/L, atendendo à legislação vigente que recomenda a manutenção de no mínimo 0,2 mg/L e no máximo 2,0 mg/L (BRASIL, 2011b).

Gráfico 4 – Valores médios mensais do parâmetro cloro residual livre.



Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

De acordo com Meyer (1994), o cloro e seus elementos são fortes agentes oxidantes. Sua velocidade de reação aumenta com a elevação da temperatura e a reatividade diminui com o aumento do pH.

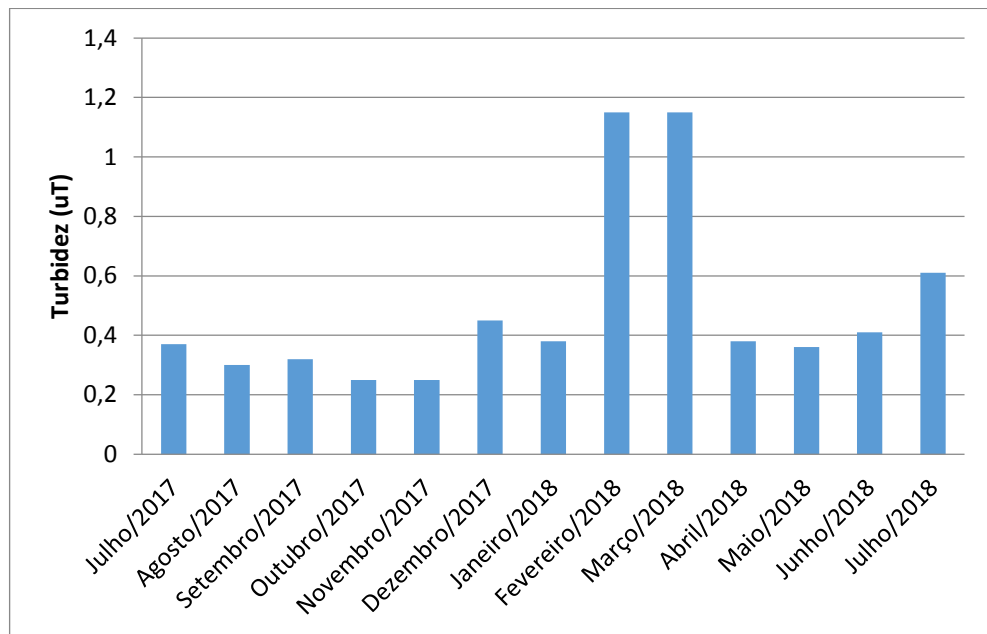
No estudo realizado por Sousa et al (2016), nas análises físico-química e microbiológica da água do rio Grajaú, na cidade de Grajaú – MA, o ponto de coleta Limoeiro encontrou-se fora dos níveis permitidos quanto ao cloro residual, tornando a água imprópria para consumo humano.

Na Portaria 2.914/2011 (BRASIL, 2011b) é estabelecido o valor máximo de turbidez para água de abastecimento de 5,0 uT. O GRAF. 5 mostra uma variabilidade nos resultados de 0,25 uT a 1,15 uT, enfatizando os meses de fevereiro/2018 e março/2018 nos quais o índice foi mais elevado com relação aos demais, porém dentro do que a legislação preconiza.

A mais importante fonte de turbidez é a erosão dos solos, principalmente em regiões de solos argilosos, quando no período das chuvas as águas pluviais levam grande quantidade de material sólido para os corpos hídricos (AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS - ANA, 2018).

Os resultados relativos ao parâmetro turbidez são apresentados no GRAF. 5.

Gráfico 5 - Valores médios mensais do parâmetro turbidez.



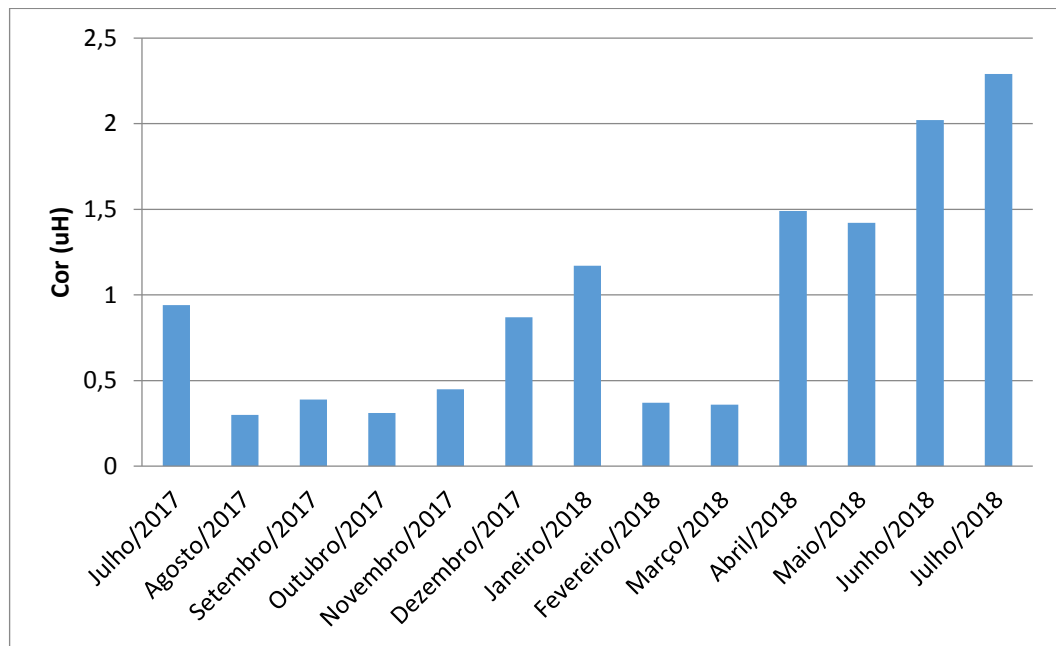
Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

Peixoto (2016) em seu estudo, ao avaliar a qualidade das águas e aspectos sociais relacionados ao uso dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio São Francisco e seus afluentes rios Jacaré e Betume constatou que apenas no rio São Francisco foi encontrado o valor máximo para o parâmetro turbidez de 200 uT, os demais estavam de acordo com os limites estabelecidos pela legislação.

Os resultados do parâmetro cor apontaram que os valores mínimos e máximos estavam dentro do determinado na legislação, que estabelece o valor máximo de 15 uH (Unidade Hazen) para sistema de abastecimento. Os valores relativos ao parâmetro cor são apresentados no GRAF. 6.

Verifica-se a variabilidade para esse parâmetro entre os meses de julho/2017 a março/2018 com 0,3 uH a 1,42 uH. Nos meses de abril/2018 a julho/2018, o índice de presença de cor nas análises foram maiores, alcançando 2,02 uH e 2,29 uH, porém, continuaram em conformidade com a Portaria 2.914/2011 (BRASIL, 2011b).

Gráfico 6 – Valores médios mensais do parâmetro cor



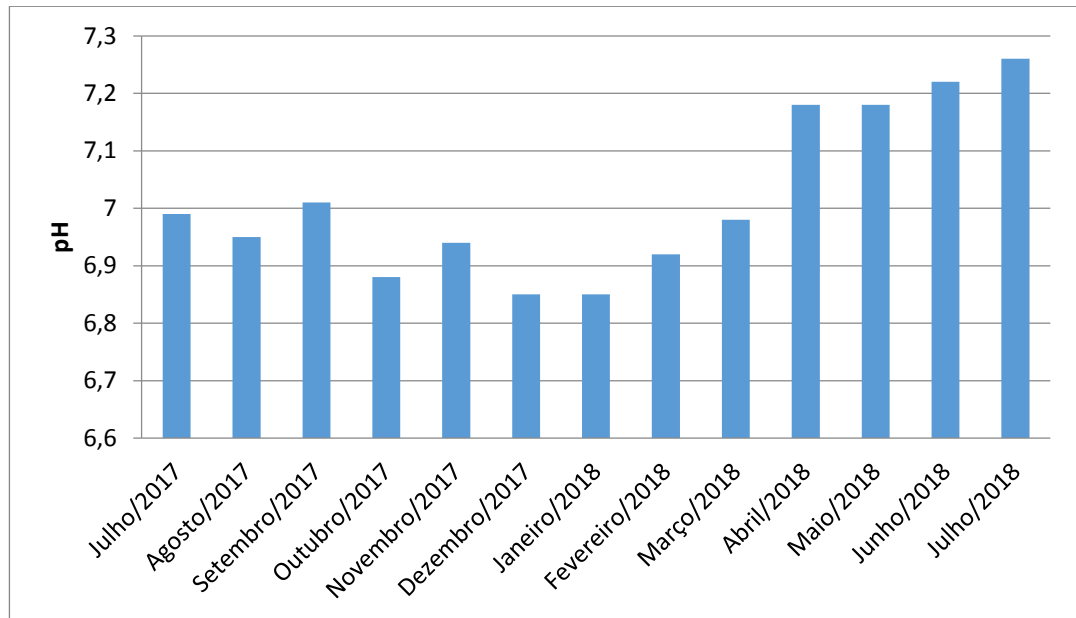
Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

No entanto, na pesquisa realizada por Bertoli (2016), que averiguou a qualidade físico-química e microbiológica da água utilizada para consumo humano e dessedentação animal em propriedades rurais produtoras de leite na região do Vale do Taquari no Rio Grande do Sul, evidenciou-se que o valor médio de cor estava de acordo com o valor máximo permitido, porém ao analisar cada amostra isoladamente, foram verificados valores que excediam o limite permitido pela Portaria 2.914/2011 (BRASIL, 2011b).

Os parâmetros turbidez e cor são importantes para a qualidade da água estando inter-relacionados. A cor está relacionada com a redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la, devido à presença de sólidos suspensos que proporcionam a coloração da água. Já a turbidez é a diminuição da penetração da luz que atravessa a água, afirmando a existência de sólidos, inorgânicos ou orgânicos, tornando importante o controle de ambas para mantê-las no padrão de potabilidade. Quanto maiores são os valores para o parâmetro turbidez, maiores serão os para o parâmetro cor. “Isso mostra que a presença de partículas em estado coloidal, em suspensão, causadora da turbidez, influenciam no aumento da cor, estando esse fenômeno associado à poluição por esgotos domésticos e outros tipos de despejos” (FERNANDES, 2011, p. 51).

De maneira geral, os valores do parâmetro pH ficaram próximos da neutralidade (GRAF. 7) e seus valores são condizentes com a legislação, uma vez que, o valor pode oscilar entre 6,0 a 9,5.

Gráfico 7 - Valores médios mensais do parâmetro pH



Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

A análise que mais se aproximou da neutralidade ( $\text{pH} = 7,0$ ) foi a de setembro/2017 com 7,01; as análises de julho/2017 a março/2018 prevaleceu com pH em condições ácidas sendo  $\text{pH} < 7,0$  e os meses de abril/2018 a julho/2018 predominou o pH em condições básicas, sendo  $\text{pH} > 7,0$ .

O pH é influenciado pela quantidade de matéria orgânica a ser decomposta, sendo que quanto menor a quantidade de matéria orgânica disponível, maior o valor do pH, pois para ocorrer a decomposição desse material é necessário a produção de ácidos (ESTEVES, 1998).

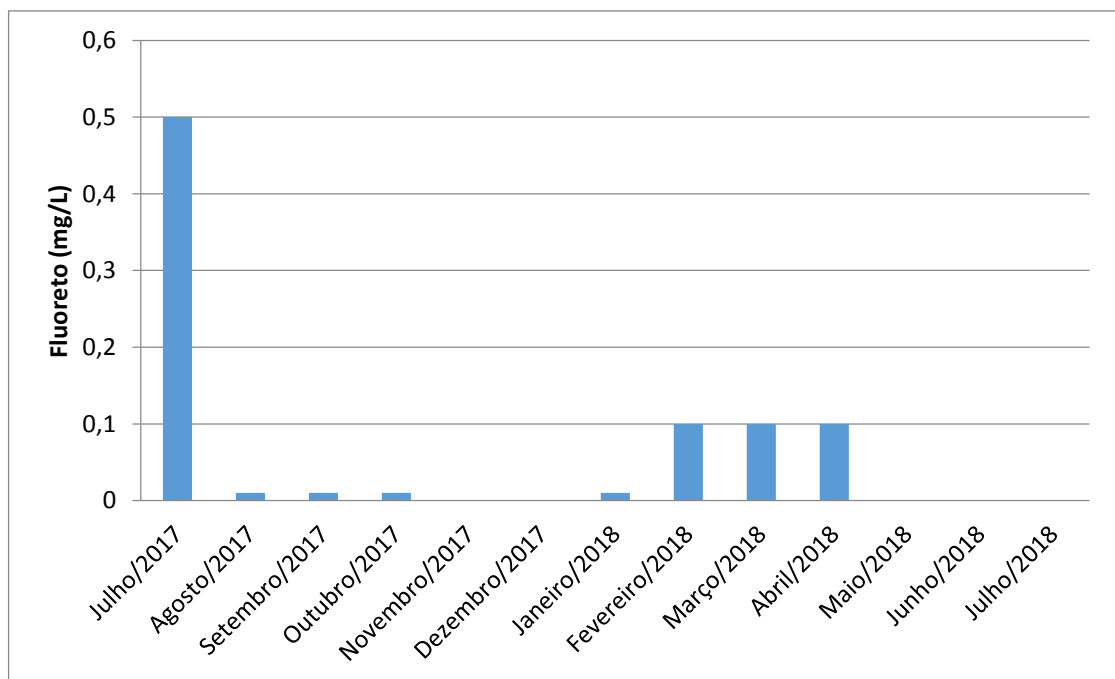
Em águas que apresentam valor de pH elevado, há o aumento da formação de incrustações nas canalizações e o comprometimento do seu sabor, enquanto que águas que apresentam valor de pH baixo, além de terem seu sabor comprometido, há o aumento de seu potencial corrosivo (VON SPERLING, 2005).

No presente trabalho, foi possível observar que um dos motivos para que o valor do pH ficasse próximo à neutralidade ( $\text{pH} = 7,0$ ) pode ter sido o fato das análises possuírem

pouca matéria orgânica a ser decomposta, corroborando com os resultados observados no trabalho de Tomazela (2008).

A Portaria 2.914/2011 (BRASIL, 2011b) não estabelece um valor mínimo de flúor que a água de abastecimento deve possuir. Entretanto, segundo Milanez (2014), possui o limite máximo permitido de 1,5 mg/L. O GRAF. 8 apresenta os valores de fluoretos presentes nas amostras analisadas.

Gráfico 8 - Valores médios mensais do parâmetro fluoreto



Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

Pode-se observar que no mês de julho/2017 ocorreu a maior presença de flúor na água em comparação aos demais meses, com 0,5 mg/L. Essa maior concentração de fluoretos é devido à implementação da fluoretação em fase de teste pelo SAAE/ Formiga – MG. Nos meses de novembro/2017, dezembro/2017 e maio/2018 a julho/2018, houve ausência de flúor na água de abastecimento; no período de agosto/2017 a janeiro/2018 foram constatadas baixas concentrações, sendo inferior a 0,1 mg/L, estando próximo à ausência de flúor. Já no intervalo de fevereiro/2018 a abril/2018, a presença foi constante de 0,1 mg/L, atendendo o padrão exigido pela legislação. Atualmente, o sistema de fluoretação já está implantado e o residual varia entre 0,6 mg/L e 0,8 mg/L, conforme informações do técnico do SAAE/ Formiga – MG.

Numa pesquisa realizada por Scuracchio (2010), o objetivo foi analisar a qualidade da água utilizada para consumo em escolas do município de São Carlos – SP, a partir de amostras de três pontos distintos. Para detectar a presença de flúor, foi utilizado o método de SPANDS através do aparelho espectrofotômetro que averiguou os resultados, constatando que nenhuma amostra para rede e reservatório estava com teor de flúor fora do padrão estabelecido.

A TAB. 2 apresenta a matriz de correlação para a verificação da interação dos parâmetros analisados.

Tabela 2 - Matriz de correlação para verificação da interação dos parâmetros analisados

	Coliformes totais	Escherichia coli	Bactérias heterotróficas	Cloro livre	Turbidez	Cor	pH	Fluoreto
Coliformes totais	1,00							
Escherichia coli	-	1,00						
Bactérias heterotróficas	0,21 <sup>ns</sup>	-	1,00					
Cloro livre	0,27 <sup>ns</sup>	-	-0,07 <sup>ns</sup>	1,00				
Turbidez	0,36 <sup>ns</sup>	-	-0,46 <sup>ns</sup>	0,55 <sup>*</sup>	1,00			
Cor	-0,51 <sup>ns</sup>	-	-0,32 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	-0,14 <sup>ns</sup>	1,00		
pH	-0,75 <sup>*</sup>	-	-0,20 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	-0,04 <sup>ns</sup>	0,79 <sup>*</sup>	1,00	
Fluoreto	-0,20 <sup>ns</sup>	-	-0,06 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	-0,10 <sup>ns</sup>	-0,10 <sup>ns</sup>	1,00

Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

Nota: \* significativo a 5% de significância. ns: não significativo.

O coeficiente de correlação é utilizado para verificar relações entre variáveis dependentes com variáveis independentes. A importância linear das variáveis na correlação é definida pelos intervalos dos coeficientes (-1; 1). O coeficiente negativo indica que as variáveis variam em sentido oposto, enquanto as variáveis positivas variam juntas no mesmo sentido (MENEZES et al., 2014).

Os pesquisadores Dancey e Reidy (2006, apud FIQUEIREDO FILHO; SILVA JÚNIOR, 2009) interpretam a magnitude dos coeficientes de correlação, sendo de 0,10 até



0,30 considerado fraco; 0,40 até 0,60 moderado; 0,70 até 1,00 forte. Quanto mais próximo de zero, menor é o grau de dependência estatística linear entre as variáveis, no entanto, quanto mais próximo de 1, independente do sinal, maior é a força dessa relação.

Verificou-se correlação significativa, moderada e positiva entre os parâmetros turbidez e cloro livre, ou seja, quanto maior a turbidez, maior a presença de cloro livre, o que se justifica pelo fato de a dosagem de cloro livre ocorrer em função da turbidez da água. Costa, Silvas e Castro (2015) relatam que a Organização Mundial da Saúde recomenda a dosagem de cloro livre de 2,0 mg/L quando a turbidez da água estiver abaixo de 10 uT, e o dobro disso, 4,0 mg/L, quando a turbidez for superior a 10 uT, indicando uma relação diretamente proporcional entre os parâmetros.

Entre os parâmetros coliformes totais e pH prevaleceu uma correlação significativa forte e negativa, sendo que quanto maior o número de coliformes totais, menor o pH e vice versa. Alves et al. (2008 apud ROBERTO et al., 2017) afirmam que as variações de pH tem íntima relação com a matéria orgânica e com os seres vivos presentes na água, o que justifica a correlação encontrada nesse trabalho.

Já os parâmetros pH e cor apresentaram correlação significativa, forte e positiva: quanto maior o pH da água, maior será a coloração. Markos (2018) relata que mudanças no pH podem alterar a cor e/ou provocar a coagulação de partículas em suspensão, alterando as leituras de turbidez. COMUSA (2018) cita que o parâmetro cor é fortemente influenciado pelo valor do pH da amostra, e aumenta à medida que o pH também aumenta, recomendando que, ao se determinar o valor da cor, deve-se registrar o valor do pH correspondente.

Fernandes (2011) cita que os parâmetros cor e turbidez correlacionam-se entre si, de modo que quanto maior a turbidez, maior a cor. Todavia, contradizendo o autor, não se verificou correlação significativa entre esses dois parâmetros, o que leva a inferir que os valores de cor apresentados são relativos à cor verdadeira, que é determinada depois de removida a turbidez da amostra.

Segundo COMUSA (2018), a turbidez interfere na determinação da cor e deve ser removida por centrifugação da amostra a ser analisada, para que se possa determinar o que se denomina de cor verdadeira. Não se recomenda a filtração da amostra, porque o processo de filtração remove parte da cor. Assim, quando a turbidez não é removida para análise da cor, registra-se o valor da cor denominado de cor aparente, e que é diretamente proporcional à turbidez.

## **7 CONCLUSÃO**

Considerando os objetivos do presente trabalho, com relação à verificação da potabilidade da água de abastecimento público em Formiga - MG conclui-se que a potabilidade foi satisfatória durante todo o período de análise, em cujos parâmetros físicos, químicos e biológicos analisados atenderam aos padrões estabelecidos pela legislação vigente.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**, 21st. American Public Health Association, Washington, DC. 2005.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Indicadores de qualidade - índice de qualidade das águas (IQA)**. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>>. Acesso em: 11 out. 2018.

ANDRADE, E. C. L. **Estudo de caso do abastecimento d'água do município de Santarém no Paraná**. 2015. 71 p. Dissertação (Mestrado em Processos Construtivos e Saneamento Urbano) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2015. Disponível em: <<http://ppcs.propesp.ufpa.br/ARQUIVOS/dissertacoes/2015/elen.pdf> >. Acesso em: 18 mar. 2018.

ARAÚJO, M. C. S. P. de. **Indicadores de vigilância da qualidade da água de abastecimento da cidade de Areia (PB)**. 2010. 110 p. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – PB, 2010. Disponível em: <[http://www.coenge.ufcg.edu.br/publicacoes/Public\\_381.pdf](http://www.coenge.ufcg.edu.br/publicacoes/Public_381.pdf)>. Acesso em: 05 mai. 2018.

AZEVEDO, E. B. Poluição vs. Tratamento de água: duas faces da mesma moeda. **Química Nova na Escola**, n. 10, nov., 1999. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc10/quimsoc.pdf>>. Acesso em: 07 mai. 2018.

BATISTA, M. do S. **A problemática do abastecimento de água na cidade de Triunfo – PB, no período de 2012-2013**. 2014. 51 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciamento em Geografia) – Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. Cajazeiras. 2014. Disponível em: <<http://www.cfp.ufcg.edu.br/geo/monografias/MARIA%20DO%20SOCORRO%20BATISTA.pdf>>. Acesso em: 16 abr. 2018.

BERTOLI, J. de. **Qualidade físico-química e microbiológica da água utilizada para consumo humano e dessedentação animal em propriedades rurais produtoras de leite na região do Vale do Taquari/RS**. 2016. 152 p. Dissertação (Mestrado em Ambiente e Desenvolvimento na linha de Pesquisa em Ecologia) – Centro Universitário Univates, Lajeado - RS, 2016. Disponível em:<<https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/1068/1/2016JaquelineDeBortoli.pdf> >. Acesso em: 12 out. 2018.

BOTERO, W. G. **Caracterização do lodo gerado em estações de tratamento de água: perspectivas de aplicação agrícola**. 2008. 97 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Instituto de Química UNESP, Araraquara, 2008. Disponível em: <[https://alsafi.ead.unesp.br/bitstream/handle/11449/97748/botero\\_wg\\_me\\_araiq.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://alsafi.ead.unesp.br/bitstream/handle/11449/97748/botero_wg_me_araiq.pdf?sequence=1&isAllowed=y) >. Acesso em: 30 abr. 2018.

BRAGA, B.; PORTO, M.; TUCCI, C. E. M. Monitoramento de quantidade e qualidade das águas. In: BRAGA, B. et al. **Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 4. ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2015. p. 127 - 142.

BRAGA, B. et al. **Introdução à Engenharia Ambiental: O desafio do desenvolvimento sustentável**. 2.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRANCO, S. M. A água e o homem. In: \_\_\_\_\_ **Hidrologia Ambiental**, v. 3. São Paulo: Edusp – Editora da Universidade de São Paulo, 1991. p. 3- 25

BRANCO, S. M. et al. Água e saúde humana. In: BRAGA, B. et al. **Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 4. ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2015. p. 231 – 262.

BRANDÃO, V. A. da C. **A importância do tratamento adequado da água para eliminação de microorganismos**. 2011. 36 p. Monografia (Licenciatura em Biologia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

BRASIL. **Consumo Sustentável: Manual de educação**. Brasília- DF, 2005. 160 p. Disponível em: < <http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/publicacao8.pdf> >. Acesso em: 15 abr. 2018.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Política Nacional da Habitação**. Brasília- DF, 2005. Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNH/ArquivosPDF/4PoliticaNacionalHabitacao.pdf>>. Acesso em: 23 mar. 2018.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Secretaria de Vigilância em Saúde. Boas Práticas no Abastecimento de Água: Procedimentos para minimização de riscos à Saúde**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

BRASIL. **Lei nº. 11.445, de 05 de janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Brasília - DF, 2007. Disponível em:<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm)>. Acesso em: 05 mar. 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Inspeção Sanitária em abastecimento de água**. Brasília, DF. 2007a. Disponível em: <[http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/inspecao\\_sanitaria\\_abastecimento\\_agua.pdf](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/inspecao_sanitaria_abastecimento_agua.pdf)> Acesso em: 27 abr. 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Vulnerabilidade Ambiental: Desastres naturais ou fenômenos induzidos?**. Brasília, DF, 2007b.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 36 de 19 de janeiro de 1990**. Aprova normas e o padrão de potabilidade da água destinada ao ser humano. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 1990. 10 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e

seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 2011b. 21 p.

BRASIL. **Manual Prático de Análise de Água**. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 4 ed., 2013.150 p.

CARVALHO, M. J. H. **Uso de Coagulantes Naturais no Processo de Obtenção de Água Potável**. 2008. 154 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008. Disponível em: < [http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select\\_action=&co\\_obra=17015](http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_obra=17015) >. Acesso em: 30 abr. 2018.

CASALI, C.A. **Qualidade da água para consumo humano ofertada em escolas e comunidades rurais da região central do Rio Grande do Sul**. 2008. 173 p. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria - RS, 2008. Disponível em: < <http://w3.ufsm.br/ppgs/images/Dissertacoes/CARLOS-ALBERTO-CASALI.pdf> >. Acesso em: 11 out. 2018.

CETESB. “Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas de Amostragem”. In: Série Relatórios/CETESB. **Relatório de Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo 2016**. 2ª edição. Apêndice E. São Paulo/SP, Brasil. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2016. Disponível em: < <http://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2017/11/Ap%C3%AAndice-E-Significado-Ambiental-e-Sanit%C3%A1rio-das-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-2016.pdf> >. Acesso em: 08 mai. 2018.

CLARK, R.; KING, J. **O Atlas da Água**. 1. ed. São Paulo: Publifolha, 2005. 128p. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/publicacao8.pdf>>. Acesso em: 18 abr. 2018.

COLLISHONN, W.; DORNELLES, F. **Hidrologia para engenharia e ciências ambientais**. 2. ed. Porto Alegre, RS: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2015.

COMUSA. **Serviço de água e esgoto de Novo Hamburgo**. Disponível em: < <http://www.comusa.rs.gov.br/index.php/saneamento/tratamentoagua> >. Acesso em: 30 abr. 2018.

CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRANÊAS. 10., 1998, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Sonopress-Rimo.1.

CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL. 2., 2011, Paraná. **Anais...** Londrina: IBEAS, 2011.

COSTA, A. M.; SILVAS, B. P. C.; CASTRO, R. O. **Análise da concentração de cloro livre, cloro total, pH e temperatura em alguns pontos de consumo abastecidos pela rede pública de distribuição na cidade de Curitiba/ PR**. 2015.92 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba - PR, 2015. Disponível em: <

[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3941/1/CT\\_EC\\_2014\\_2\\_07.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3941/1/CT_EC_2014_2_07.pdf)>. Acesso em: 17 out. 2018.

COSTA, L. V. M. **Perfil de resistência a antimicrobianos de estirpes de Escherichia Coli isoladas de amostras de água destinada ao consumo**. 2017. 32 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Bacharel em Farmácia) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora - MG, 2017. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/farmacia/files/2015/04/TCC-L%C3%ADvia-Vanessa-Machado-Costa.pdf>>. Acesso em: 11 out. 2018.

CUNICO, P. et al. Potabilidade da água para consumo em Bertioga/SP. **Revista Ceciliana**, v. 3, n. 1, p. 22-25, jun., 2011. Disponível em: <[http://sites.unisanta.br/revistaceciliana/edicao\\_05/1-2011-22-25.pdf](http://sites.unisanta.br/revistaceciliana/edicao_05/1-2011-22-25.pdf)>. Acesso em: 05 mai. 2018.

DANCEY, C.; REIDY, J. **Estatística sem matemática para psicologia: Usando SPSS para Windows**. Porto Alegre: Artmed, 2006 apud FIGUEIREDO FILHO, D. B.; SILVA JÚNIOR, J. A. da. Desvendando os mistérios do coeficiente de correlação de Pearson (r)\*. **Revista Política Hoje.**, v. 18, n. 1, 2009. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/politica hoje/article/viewFile/3852/3156>>. Acesso em: 16 out. 2018.

ESTEVES, F. D. A. Fundamentos de Limnologia. **Interciência**, Rio de Janeiro, n. 2<sup>a</sup>, 1998.

FERNANDES, Ângela Maria Ferreira. **Diagnóstico da qualidade da água subterrânea em propriedade rural no município de Planalto, RS**. 2011. 65 f. Monografia - Curso de Geografia, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul –Unijui, Ijuí-RS, 2011.

FERNANDES, E. P. **Análise comparativa de um novo conceito para unidades de desaguamento de lodo de estação de tratamento de água: estudo de caso de Olímpia – SP**. 2014. 124 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014. Disponível em: <[https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/131753/Relat%C3%B3rioFinalTCCII-A5\\_EduardoPaulyFernandes.pdf?sequence=1](https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/131753/Relat%C3%B3rioFinalTCCII-A5_EduardoPaulyFernandes.pdf?sequence=1)>. Acesso em: 30 abr. 2018.

FREGONES B. M. et al. Cryptosporidium e Giardia: desafios em águas de abastecimento público. **Revista: O Mundo da Saúde**, São Paulo, v. 4, n 36, 2012. Disponível em: <[http://bvsm.sau.gov.br/bvs/artigos/mundo\\_saude/cryptosporidium\\_giardia\\_desafios\\_aguas\\_abastecimento.pdf](http://bvsm.sau.gov.br/bvs/artigos/mundo_saude/cryptosporidium_giardia_desafios_aguas_abastecimento.pdf)>. Acesso em: 08 mai. 2018.

FUNASA. **Manual de Saneamento**. 4. ed. Brasília: Fundação Nacional da Saúde, 2006.

GASPAROTTO, F. A. **Avaliação Ecotoxicológica e Microbiológica da água de nascentes urbanas no município de Piracicaba-SP**. 2011. 90 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/64/64133/tde-06072011-104010/pt-br.php>>. Acesso em: 08 mai. 2018.

GENUÁRIO, D. B., **Cianobactérias em Ecossistemas de Manguezais: Isolamento, Morfologia e Diversidade Genética**. 2010. 97 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Piracicaba – SP, 2010. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/64/64133/tde-03092010-150527/pt-br.php>>. Acesso em: 08 mai. 2018.

GONÇALVES, E. M. **Avaliação da qualidade da água do Rio Uberabinha – Uberlândia – MG**. 2009. 159 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro – RJ, 2009. Disponível em: <<http://epqb.eq.ufrj.br/download/qualidade-da-agua-do-rio-uberabinha.pdf>>. Acesso em: 08 mai. 2018.

HELLER, L.; CASSEB, M. M. S. Abastecimento de água. In: CASTRO, A. de A. et al. **Manutenção de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios**. 1. ed. Belo Horizonte, MG: Escola de Engenharia da UFMG, 1995. Volume II. Cap. 4. p. 63 – 112.

IBGE. **Panorama**. 2018. Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/formiga/panorama>> Acesso em: 16 out. 2018.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 3 ed. Editora Átomo, 2010. 496 p.

LUZ NETTO, F. M. et al. Avaliação da qualidade da água e do uso da terra da Bacia hidrográfica do córrego Terra Branca – Uberlândia – MG. **Revista Geográfica Acadêmica**. v. 5, n.2. XII, 2011.

MACÊDO, J. A. B. de. **Águas & Águas**. 3 ed. Minas Gerais, 2007. 1044 p.

MACÊDO, J. A. B. de. **Águas & Águas**. 1 ed. Minas Gerais, 2000. 505 p.

MAGALHÃES, E. R. B. **Avaliação de floculante natural à base de *Moringa oleifera* no tratamento de água produzida na indústria do petróleo: aplicação da técnica combinada floculação/ flotação**. 2014. 95 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014. Disponível em: <[https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/19428/1/EmiliannyRafaelyBatistaMagalhaes\\_DISSERT.pdf](https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/19428/1/EmiliannyRafaelyBatistaMagalhaes_DISSERT.pdf)>. Acesso em: 29 abr. 2018.

MARKOS. Cor e turbidez . Disponível em: <[http://www.c2o.pro.br/analise\\_agua/index.html](http://www.c2o.pro.br/analise_agua/index.html)>. Acesso em: 20 out. 2018.

MARTINS, T. J. C. **Sistema de abastecimento de água para consumo humano – Desenvolvimento e aplicação de ferramentas informática para a sua gestão integrada**. 2014. 100 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) – Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, 2014. Disponível em: <[https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/9311/1/Sistemas%20de%20Abastecimento%20de%20A%CC%81gua%20para%20Consumo%20Humano\\_versa%CC%83o%20final.pdf](https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/9311/1/Sistemas%20de%20Abastecimento%20de%20A%CC%81gua%20para%20Consumo%20Humano_versa%CC%83o%20final.pdf)>. Acesso em: 01 mai. 2018.

MENEZES, J. P. C. de. Correlação entre o uso da terra e qualidade da água subterrânea. **Eng. Sanit. ambient.** Alegre (ES), v. 19, n. 2, p. 173-186, abr./jun. 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v19n2/1413-4152-esa-19-02-00173.pdf>>. Acesso em: 13 out. 2018.

MEYER, S. T. O uso de cloro na desinfecção de águas, a formação de trihalometanos e os riscos potenciais à saúde pública. **Cad. Saúde Públ.**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 1, p. 99-110, jan./mar. 1994. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/csp/v10n1/v10n1a11.pdf>>. Acesso em: 29 abr. 2018.

MILANEZ, G. B. **Análise do conhecimento dos graduandos em odontologia da Universidade Federal de Santa Catarina em relação ao uso e prescrição de produtos fluoretados.** 2014. 64 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Odontologia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC, 2014. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/122512/TCC%20Guilherme.pdf?sequence=2&isAllowed=y>>. Acesso em: 17 out. 2018.

MIRANDA, L. A. S. **Sistemas e processos de tratamento de água de abastecimento.** Porto Alegre. 148 p. 2007. Disponível em: <[http://www.unipacvaleadoaco.com.br/ArquivosDiversos/sistemas\\_e\\_processos\\_de\\_tratamento\\_de\\_aguas\\_de\\_abastecimento.pdf](http://www.unipacvaleadoaco.com.br/ArquivosDiversos/sistemas_e_processos_de_tratamento_de_aguas_de_abastecimento.pdf)> . Acesso em: 07 mai. 2018.

OGATA, I. S. **Avaliação de risco da qualidade da água potável do sistema de abastecimento da cidade de Campina Grande (PB).** 2011. 69 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade Estadual de Paraíba, Campina Grande – PB, 2011. Disponível em: <<http://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/bitstream/123456789/419/1/PDF%20-%20Igor%20Souza%20Ogata.pdf>>. Acesso em: 05 mai. 2018.

OLIVEIRA, B. S. S. de. **Qualidade da água associada à vulnerabilidade climática e riscos sanitários no baixo Rio Jarí – AP.** 2013. 61 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Ambientais) – Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2013. Disponível em: <[http://www2.unifap.br/cambientais/files/2014/01/TCC-BRUNNA\\_CIENCIAS-AMBIENTAIS-2009.pdf](http://www2.unifap.br/cambientais/files/2014/01/TCC-BRUNNA_CIENCIAS-AMBIENTAIS-2009.pdf)> . Acesso em: 02 mai. 2018.

OLIVEIRA, N. P. **Caracterização do impacto das descargas da ETAR de Proença – a – Nova na Ribeira da Pracana.** 2011. 86 p. Dissertação (Mestrado em Infra- Estruturas de Construção Civil) – Escola Superior de Tecnologia do Instituto Politécnico de Castelo Branco, Castelo Branco – Portugal, 2011. Disponível em: <<https://repositorio.ipcb.pt/handle/10400.11/1238>>. Acesso em: 06 mai. 2018.

PATIAS, I. da S. Análise físico-química e microbiológica de águas subterrâneas utilizadas no abastecimento de zonas rurais de Jaguari, Rio Grande do Sul, Brasil. **Perspectiva**, Erechim, v. 40, n. 151, p. 73-82, setembro/2016. Disponível em:<[http://www.uricer.edu.br/site/pdfs/perspectiva/151\\_585.pdf](http://www.uricer.edu.br/site/pdfs/perspectiva/151_585.pdf)> . Acesso em: 11 out. 2018.



PEIXOTO, J. S. **Monitoramento da qualidade da água no baixo São Francisco e ações de educação ambiental**. 2016. 87 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão - SE, 2016. Disponível em: <[https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/6177/1/JEISIKAILANY\\_SANTOS\\_PEIXOTO.pdf](https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/6177/1/JEISIKAILANY_SANTOS_PEIXOTO.pdf)>. Acesso em: 12 out. 2018.

PEREIRA, R. S. **Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos**. Revista Eletrônica de Recursos Hídricos. IPH-UFRGS. v.1, n.1, p.20-36, 2004. Disponível em: <[http://files.meio-ambiente-if-sudeste.webnode.com/200000069-6d2cd6e25f/Artigo\\_Identifica%C3%A7%C3%A3o%20e%20Caracteriza%C3%A7%C3%A3o%20das%20Fontes%20de%20Polui%C3%A7%C3%A3o%20em%20Sistemas%20H%C3%ADricos.pdf](http://files.meio-ambiente-if-sudeste.webnode.com/200000069-6d2cd6e25f/Artigo_Identifica%C3%A7%C3%A3o%20e%20Caracteriza%C3%A7%C3%A3o%20das%20Fontes%20de%20Polui%C3%A7%C3%A3o%20em%20Sistemas%20H%C3%ADricos.pdf)>. Acesso em: 25 abr.2018.

PEREIRA, F. J. **Qualidade físico-química da água do Rio Mathias Almada na cidade de Foz do Iguaçu após estação de tratamento de esgoto – ETE 8**. 2013. 43 p. Monografia (Pós – Graduação em Gestão Ambiental em Municípios) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira – PR, 2013. Disponível em: <[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/4626/1/MD\\_GAMUNI\\_2014\\_2\\_85.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/4626/1/MD_GAMUNI_2014_2_85.pdf)>. Acesso em: 07 mai. 2018.

PHILIPPI JÚNIOR, A.; MARTINS, G. Águas de Abastecimento. In: \_\_\_\_\_ **Saneamento, Saúde e Ambiente: Fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. 1. ed. Barueri, SP: Manole, 2005. p. 117 - 180.

PHILIPPI JÚNIOR, A.; MALHEIROS, T. F. Águas Residuárias: Visão de Saúde Pública e Ambiental. In: \_\_\_\_\_ **Saneamento, Saúde e Ambiente: Fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. 1.ed.. Barueri, SP: Manole, 2005. p. 181-220.

PHILIPPI JÚNIOR, A.; SILVEIRA, V. F. Controle da qualidade das águas. In: \_\_\_\_\_ **Saneamento, Saúde e Ambiente: Fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. 1. ed. Barueri, SP: Manole, 2005. p. 415-438.

PORTO, M. F. A. Aspectos Qualitativos do Escoamento Superficial em Áreas Urbanas. In: Tucci,C.E.M.; Porto, R.L.L.; Barros, M.T. **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 1995, V.5, p.387-414.

REBELO, S.; BAVARESCO, C. R. **Saúde Ambiental: Livro didático**. 1.ed.rev.- Palhoça: UnisulVirtual, 2011. 149 p.

REBOUÇAS, A. da C. **Uso inteligente da água**. 1. ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2004. 207 p.

RIBEIRO, P. C., **Análise de Fatores que Influenciam a Proliferação de Cianobactérias e Algas em Lagoas de Estabilização**. 2007. 106 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – PB, 2007. Disponível em: <[http://coenge.ufcg.edu.br/publicacoes/Public\\_293.pdf](http://coenge.ufcg.edu.br/publicacoes/Public_293.pdf)>. Acesso em: 08 mai. 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, mai./agos., 2012. Disponível em: < <http://revistadae.com.br/downloads/edicoes/Revista-DAE-189.pdf>>. Acesso em: 05 mai. 2018.

RITCHER, C. A.; AZEVEDO NETTO, J.M. **Tratamento de água – Tecnologia atualizada**. 1 ed. Editora Blucher, 1991. 332 p.

SAMAE, Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto de São Bento do Sul – SC. **Qualidade da água**: Parâmetros analisados. Disponível em: < <http://www.samaesbs.sc.gov.br/c/parametros-analisados>>. Acesso em 08 mai. 2018.

SANTOS, A. dos; OLIVEIRA, L. C. de; ROCHA, J. C. Caracterização de lodo gerado em estações de tratamento de água: perspectivas de aplicação agrícola. **Quim. Nova**, São Paulo, v. 32, n. 8, p. 2018-2022. 2009. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/qn/v32n8/v32n8a07.pdf>>. Acesso em: 01 mai. 2018.

SCURACCHIO, P. A. **Qualidade da água utilizada para consumo em escolas no município de São Carlos - SP**. 2010. 59 p. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Araraquara - SP, 2010. Disponível em:< <http://www2.fcfar.unesp.br/Home/Pos-graduacao/AlimentoseNutricao/PaolaAndressaScuracchioME.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2018.

SILVA, A. B. A.; UENO, M. Qualidade sanitária das águas do Rio Una, São Paulo, Brasil, no período das chuvas. **Revista Biociências.**, v. 14, n. 1, 2008 apud SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SOCIOECONÔMICOS DO PANTANAL. 5., 2010, Corumbá - MS. **Anais...** Corumbá – MS: SIMPAN, 2010.

SILVA, D. M. L. da. **Dinâmica de nitrogênio em micro bacias no Estado de São Paulo**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo (USP). Centro de Energia Nuclear na Agricultura, 2005. Disponível em: < <http://www.bv.fapesp.br/pt/publicacao/4019/dinamica-de-nitrogenio-em-microbacias-no-estado-de-sao-paulo/>>. Acesso em: 08 mai. 2018.

SILVA, G. C. das V. **Avaliação crítica da qualidade das águas da bacia hidrográfica do rio Joanes**. 2009. 172 p. Tese (Doutorado em Ciência) – Universidade Federal da Bahia, Salvador - BA, 2009. Disponível em: <<https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/20285/1/Tese%20-%20Gildete.pdf>>. Acesso em: 06 mai. 2018.

SILVA, P. C. de. **Análise da qualidade da água no sistema de abastecimento de Itaipava/RJ, visando à implantação do plano de segurança da água**. 2013. 68 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: < <http://dissertacoes.poli.ufrj.br/dissertacoes/dissertpoli862.pdf>>. Acesso em: 05 mai. 2018.

SILVA, L. P. da. **Hidrologia**: engenharia e meio ambiente. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015. 330 p.

SOUTO, R. C. **Tratamento preliminar**. In: Lagoas de estabilização e aeradas mecanicamente – Novos Conceitos. João Pessoa: CIP- Brasil, 1990, 388 p.

SOUSA, S. da S et al. Análise físico-química e microbiológica da água do rio Grajaú, na cidade de Grajaú - MA. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 38, n. 3, p. 1615-1625, set.-dez./2016. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/23341/pdf>>. Acesso em: 11 out. 2018.

SOUZA, J. de. **Conformidade da água de abastecimento de Campina Grande (PB) com o padrão de aceitação para o consumo humano**. 2010. 91 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – PB, 2010. Disponível em: <[http://www.coenge.ufcg.edu.br/publicacoes/Public\\_385.pdf](http://www.coenge.ufcg.edu.br/publicacoes/Public_385.pdf)>. Acesso em: 05 mai. 2018.

SOUZA, J. R. de. A Importância da Qualidade da Água e os seus Múltiplos Usos: Caso Rio Almada, Sul da Bahia, Brasil. REDE – **Revista Eletrônica do Prodepa**, v. 8, n. 1, p. 26-45, abr. 2014. Disponível em: <<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:PBellMiKpyMJ:www.revistarede.ufc.br/rede/article/view/217/51+&cd=2&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>>. Acesso em: 02 mai. 2018.

STANCARI, R. C. A.; DIAS JÚNIOR, F. L.; FREDDI, F. G. Avaliação do processo de fluoretação da água de abastecimento público nos municípios pertencentes ao Grupo de Vigilância Sanitária XV- Bauru, no período de 2002 a 2011. **Epidemiol. Serv. Saúde**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 239-248, abr./jun. 2014. Disponível em: <<http://scielo.iec.gov.br/pdf/ess/v23n2/v23n2a05.pdf>>. Acesso em: 30 abr. 2018.

TRATA BRASIL. **Manual do saneamento básico**. São Paulo, SP, 2010. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/uploads/estudos/pesquisa16/manual imprensa.pdf>>. Acesso em: 03 mar. 2018.

TOMAZELA, D. P. **Monitoramento espacial e temporal de parâmetros físicos, químicos e biológicos da bacia hidrográfica do Rio Capivari (Norte da Ilha de Santa Catarina)**. 2008. 49 p. Monografia (Graduação em Bacharel em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC, 2008. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/132873/20081-DaniloPTomazela.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 12 out. 2018.

TUNDISI, J. G. **Água no Século XXI: Enfrentando a Escassez**. 2. ed. São Paulo: Rima, 2005. 247 p.

VASCONCELOS, S. M. S.; SERAFINI, A. B. Ocorrência de indicadores de poluição no rio Meia Ponte e ribeirão João Leite, Goiás: coliformes totais e fecais. **Rev. Patol. Trop.**, v. 31, p. 175-193, 2002 apud SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SOCIOECONÔMICOS DO PANTANAL. 5., 2010, Corumbá - MS. **Anais...** Corumbá – MS: SIMPAN, 2010.

VIEIRA, B. M. **Avaliação da qualidade das águas e de sua compatibilidade com os usos em microbacias hidrográficas rurais com déficit hídrico quantitativo**. 2015. 122 p.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2015. Disponível em: <[http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese\\_9261\\_Dissertacao\\_Beatriz\\_IMPRESS%C3OFINAL.pdf](http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese_9261_Dissertacao_Beatriz_IMPRESS%C3OFINAL.pdf)>. Acesso em: 06 mai. 2018.

VIEIRA, V. P. P. B. **Sustentabilidade do semiárido brasileiro: desafios e perspectivas.** RBRH, v.7, n.4, p.105-112, out/dez. 2010.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 3. ed. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, 1996. 457 p.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 3 ed.. Editora da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG – Belo Horizonte, 2005. 452 p. Disponível em: <[https://books.google.com.br/books?id=1pxhLVxVFHoC&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?id=1pxhLVxVFHoC&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)>. Acesso em: 07 mai. 2018.

WEINBERG, A. **Uso de índices de qualidade da água para a caracterização da bacia hidrográfica do rio Guandu.** 2013. 178 p. Projeto de Graduação (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro – RJ, 2013. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10007711.pdf>>. Acesso em: 06 mai. 2018.

ZANCUL, M. S. Água e saúde. **Revista Eletrônica de Ciências.** n. 32, 2006. Disponível em: <[http://cdcc.sc.usp.br/ciencia/artigos/art\\_32/atualidades.html](http://cdcc.sc.usp.br/ciencia/artigos/art_32/atualidades.html)>. Acesso em: 27 abr. 2018.