

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA – UNIFOR - MG
CURSO DE BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL
LUANNA MARINS VIEIRA CAMPOS

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DESTINADA AO CONSUMO HUMANO
DO MUNICÍPIO DE IGUATAMA-MG

FORMIGA - MG
2017

LUANNA MARINS VIEIRA CAMPOS

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DESTINADA AO CONSUMO HUMANO
DO MUNICÍPIO DE IGUATAMA-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.

Orientador: Prof. Dr. Michael Silveira
Thebaldi.

FORMIGA – MG

2017

C198 Campos, Luanna Marrins Vieira.
Avaliação da qualidade da água destinada ao consumo humano do município de Iguatama-MG / Luanna Marrins Vieira Campos. – 2017.
53 f.

Orientador: Michael Silveira Thebaldi.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil)-
Centro Universitário de Formiga-UNIFOR, Formiga, 2017.

1. Abastecimento público de água. 2. Poços subterrâneos. 3. Análises microbiológicas e físico-químicas. I. Título.

CDD 628.114

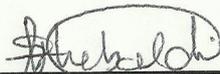
Luanna Marins Vieira Campos

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DESTINADA AO CONSUMO HUMANO
DO MUNICÍPIO DE IGUATAMA-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.

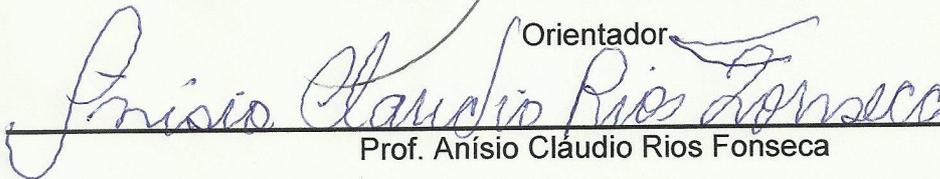
Orientador: Prof. Dr. Michael Silveira
Thebaldi.

BANCA EXAMINADORA



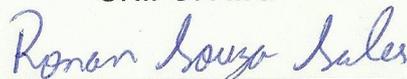
Prof. Dr. Michael Silveira Thebaldi

Orientador



Prof. Anísio Cláudio Rios Fonseca

UNIFOR-MG



Prof. Dr. Ronan Souza Sales

UNIFOR-MG

Formiga, 31 de outubro de 2017.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo simples fato de estar viva e por sempre estar ao meu lado me guiando e me protegendo para que eu pudesse chegar ao final dessa jornada.

À minha mãe que mesmo sozinha não mediu esforços para a realização deste sonho, com seus olhares de compreensão, palavras de incentivo, amor e carinho incondicional.

Aos meus familiares, mais em especial aos meus “primos-irmãos”, Gabriella Marins Campos, Emerson Nogueira Campos, Reis Junior Marins e Eder Nogueira Marins pelo incentivo e companheirismo.

Aos meus colegas de turma, por esses anos de parceria, amizade e bom humor, tanto nos momentos difíceis, em que tínhamos que passar horas estudando para provas e fazendo trabalhos, quanto nos momentos de descontração, como as festas da turma.

Ao meu orientador professor Dr. Michael Silveira Thebaldi, pela pronta disposição de aceitar meu convite para orientação deste trabalho, paciência e auxílio, dividindo comigo todo seu conhecimento para que esta atividade se efetivasse com sucesso.

Ao diretor do SAAE de Iguatama pela prontidão e disponibilidade de me fornecer todos os dados necessários para a conclusão deste trabalho.

Enfim a todos que, de alguma forma, contribuíram para a conclusão desta etapa da minha vida.

RESUMO

O abastecimento público de água é uma das mais importantes infraestruturas urbanas, prevalecendo as tubulações para a condução da água, desde a captação em um manancial até a entrega da água potável ao consumidor final, entremeada pelas instalações de tratamento, reservação e elevação ou redução de pressão. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi realizar um estudo acerca da potabilidade da água explorada em poços subterrâneos, utilizada para abastecer a maioria da população urbana do município de Iguatama - MG. Foram abrangidos cinco pontos para a realização das coletas de água para análises de parâmetros microbiológicos e físico-químicos. Avaliou-se a qualidade da água proveniente de três reservatórios e de duas torneiras residenciais, já que a passagem de água pelas tubulações das redes de distribuição pode alterar as suas características. Realizou-se a coleta das amostras no período de janeiro a julho de 2017. Nas análises microbiológicas, foi determinado o número de coliformes totais, *Escherichia Coli* e bactérias heterotróficas. Nas análises físico-químicas, foi determinado cloro residual livre, cor aparente, pH e turbidez. A classificação de potabilidade da água baseou-se nos parâmetros de qualidade exigidos pela Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde, segundo a qual os resultados obtidos apontaram que as amostras estavam aptas ao consumo humano.

Palavras-chave: Abastecimento público de água. Poços subterrâneos. Análises microbiológicas e físico-químicas.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Número de parâmetros contemplados no padrão de potabilidade..	21
Gráfico 2 - <i>Box-plots</i> dos valores de cloro residual obtido para os pontos avaliados	40
Gráfico 3 - <i>Box-plots</i> dos valores de cor aparente obtidos para os pontos avaliados	41
Gráfico 4 - <i>Box-plots</i> dos valores de pH obtidos para os pontos avaliados.....	42
Gráfico 5 - <i>Box-plots</i> dos valores de turbidez obtidos para os pontos avaliados	43
Gráfico 6 - <i>Box-plots</i> dos valores de temperatura obtidos para os pontos avaliados	44

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Partes constituintes de um sistema de abastecimento de água.....	13
Figura 2 - Reservatórios em relação ao terreno	16
Figura 3 - Traçados de redes de distribuição	16
Figura 4 - Exemplo de gradeamento.....	17
Figura 5 - Vertedouro empregado em ETAs.....	18
Figura 6 - Perfil de um decantador mecanizado	19
Figura 7 - Padrões físicos, químicos e biológicos que são usados para qualificar a água	23
Figura 8 - Interação das ações da vigilância da qualidade da água para consumo humano	29
Figura 9 - Pontos de coleta realizado em Iguatma-MG	32
Figura 10 - Visualização do ponto de coleta P1.....	34
Figura 11 - Visualização do ponto de coleta P2.....	34
Figura 12 - Visualização do ponto de coleta P3.....	35
Figura 13 - Visualização do ponto de coleta P4.....	35
Figura 14 - Visualização do ponto de coleta P5.....	36
Figura 15 - Colorímetro utilizado para análise de cor aparente	38
Figura 16 - pHmetro microprocessado de bancada utilizado para análise de ph	39
Figura 17 - Turbidímetro de bancada digital e um kit padrão de turbidez.....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Identificação, localização e coordenadas dos pontos de amostragem de água.....	33
--	-----------

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS	12
2.1	Geral	12
2.2	Específicos	12
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
3.1	Abastecimento de água potável	13
3.1.1	Manancial	14
3.1.2	Captação, estações elevatórias e adução	14
3.1.3	Estação de tratamento de água (ETA)	15
3.1.4	Reservatórios	15
3.1.5	Rede de distribuição	16
3.2	Processos para tratamento de água	17
3.2.1	Gradeamento	17
3.2.2	Coagulação	18
3.2.3	Floculação	18
3.2.4	Decantação	19
3.2.5	Filtração	20
3.2.6	Desinfecção, fluoretação e alcalinização	20
3.3	Legislação Brasileira de Potabilidade de Água	21
3.4	Parâmetros de qualidade monitorados na água de abastecimento público	22
3.4.1	Parâmetros físicos	23
3.4.2	Parâmetros químicos	24
3.4.3	Parâmetros biológicos	26
3.5	Água e saúde pública	28

3.5.1	Doenças de veiculação hídrica	30
4	MATERIAL E MÉTODOS	32
4.1	Coletas	32
4.2	Visualização e caracterização dos pontos de coleta	34
4.3	Parâmetros analisados	36
4.3.1	Coliformes totais e <i>Escherichia coli</i>	36
4.3.2	Bactérias heterotróficas	37
4.3.3	Cloro residual livre.....	37
4.3.4	Cor aparente	38
4.3.5	pH	38
4.3.6	Turbidez	39
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
6	CONCLUSÃO.....	46
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

1 INTRODUÇÃO

A água é de fundamental importância para a vida de todas as espécies. Sabe-se que a ingestão de água tratada é um dos fatores principais para a conservação da saúde, sendo assim considerada um recurso natural indispensável ao ser humano.

Um dos problemas da atualidade é que este recurso vem sendo poluído de tal maneira que já não se pode consumi-lo em seu estado natural, requerendo assim tratamento.

A qualidade da água potável é resultante de fenômenos naturais e de ações antropogênicas, em função do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica, seja de forma dispersa com a aplicação de insumos agrícolas e uso inadequado do solo, contribuindo para a incorporação de substâncias orgânicas e inorgânicas nos cursos de água alterando assim diretamente sua qualidade, ou de uma forma concentrada, com a geração de efluentes domésticos ou industriais, fontes de contaminação das águas por parasitas, bactérias e vírus patogênicos.

Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2017), o estabelecimento de um parâmetro que indique a qualidade das águas é uma ferramenta importante para nortear ações de planejamento e gestão.

A água para consumo humano pode ser obtida de diferentes fontes. Uma dessas fontes, o manancial subterrâneo, é um recurso utilizado por ampla parcela da população brasileira, isso se deve principalmente a algumas vantagens e características que as águas subterrâneas possuem, como um elevado padrão de qualidade físico-químico e bacteriológico, dispensando na maioria das vezes algumas etapas do tratamento convencional, outra vantagem é a quantidade, não apresentando redução da vazão de cursos d'água no período de estiagem prolongada, além de poder ser utilizada para usos diversos, ter baixo custo de implantação e ter baixos impactos ambientais decorrentes da sua instalação.

Neste sentido, o município de Iguatama-MG possui como fonte de abastecimento de água poços profundos, porém não possui estação de tratamento de esgoto, tornando assim o monitoramento da água nos poços essencial para a detecção de quaisquer contaminações, no intuito de evitar maiores consequências.

Neste trabalho foi buscada a verificação da qualidade da água dos poços profundos da área urbana do município de Iguatama, obtendo alguns parâmetros

físicos, químicos e biológicos da água fornecida por eles. Além disso, foi feita também a análise da água de alguns pontos residenciais da cidade, pois durante o escoamento a água nas tubulações pode sofrer alterações em alguns parâmetros devido a diversos fatores, como as condições das tubulações e o seu armazenamento.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Determinar a qualidade da água de distribuição pública no município de Iguatama – MG, na rede de distribuição.

2.2 Específicos

- Obter os valores de parâmetros físicos, químicos e biológicos da água utilizada para o abastecimento público, em diversos pontos da rede;
- Verificar a conformidade dos resultados de qualidade da água obtidos com a legislação vigente sobre potabilidade da água;

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

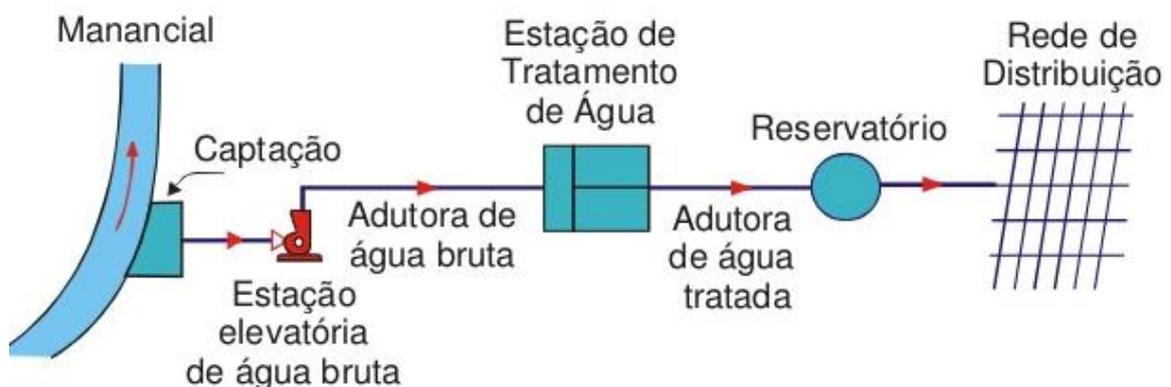
3.1 Abastecimento de água potável

A importância sanitária do abastecimento de água é das mais urgentes, sendo sua implantação o motivo de melhorias significativas nas condições de vida de uma comunidade, principalmente por meio do controle e prevenção de doenças, da promoção de hábitos higiênicos, da prática e desenvolvimento de esportes e no acesso de meios que importam em melhoria do conforto e da segurança coletiva, como por exemplo, nas instalações de ar condicionado e de equipamentos de combate a incêndios (LIBÂNIO, 2010).

De acordo com FUNASA (2015), o conceito de Sistema de Abastecimento de Água implica no conjunto de obras, instalações e serviços, destinados a fornecer água a uma comunidade, em quantidade e qualidade compatíveis com as necessidades da população, para fins de consumo doméstico, serviços públicos, consumo industrial e outros usos.

Os sistemas de abastecimento de água são compostos, de maneira geral, pelas unidades de manancial, captação, estação elevatória, adução, tratamento, reservatório e rede de distribuição (FIG. 1).

Figura 1 - Partes constituintes de um sistema de abastecimento de água



Fonte: Cunha, 2013

3.1.1 Manancial

A escolha do manancial a ser utilizado constitui a decisão de maior responsabilidade e importância que o projetista deve tomar para dimensionar um projeto de abastecimento de água (LIBÂNIO, 2010).

Os mananciais podem ser de águas superficiais ou subterrâneas. As águas superficiais são captadas em rios, lagos e reservatórios artificiais. Já as águas subterrâneas são provenientes de fontes como: poços, de galerias de infiltração e de bacias de captação ou de acumulação (MARTINS, 2014).

Os principais fatores relacionados à degradação dos mananciais são o mau uso e ocupação do solo, despejo de esgotos, erosão, desmatamento e atividades industriais ou agrícolas mal planejadas. Tais interferências geram poluição e custos maiores com a recuperação dos mananciais. Em alguns casos, a degradação destes obriga à procura de fontes cada vez mais distantes, gerando um aumento nos custos do tratamento da água, em razão da necessidade de adotar alternativas para torná-la potável, visando atender os padrões de consumo exigidos pelas organizações de saúde (SABESP, 2017).

3.1.2 Captação, estações elevatórias e adução

A captação é o processo inicial do sistema, que tem por objetivo retirar a água do manancial, em quantidade necessária e suficiente para atender ao consumo dos usuários (GOMES, 2004).

De acordo com FUNASA (2015), dependendo do manancial, podem ser utilizadas as seguintes formas de captação: superfície de coleta (águas de chuva); caixa de tomada (nascente de encosta); galeria filtrante (fundo de vales); poço escavado (lençol freático); poço tubular profundo (lençol subterrâneo) e tomada direta de rios, lagos e açudes (manancial de superfície). A captação superficial é feita em rios e lagos, artificiais ou não, por gravidade ou bombeamento.

As estações elevatórias são unidades providas de bombas hidráulicas utilizadas para a elevação de água proveniente de zonas de drenagem, ou seja, abaixo da cota da rede principal. Estes equipamentos permitem ultrapassar as dificuldades de topografia do terreno (ARAÚJO, 2014).

Sua importância é fundamental no processo de abastecimento de água, de maneira que, mesmo em uma bacia hidrográfica com terreno íngreme, a água pode ser elevada a qualquer ponto, por meio de uso de conjuntos de bombeamento (RECESA, 2008).

A adução são unidades constituídas por um conjunto de canalizações, acessórios e peças especiais, dispostos entre o processo de captação e a ETA e entre ETA e o sistema de distribuição (reservatórios e rede).

3.1.3 Estação de tratamento de água (ETA)

Segundo o Ministério da Saúde (1981), por melhor que seja a qualidade da água bruta, ela ainda necessita de alguma espécie de tratamento para se tornar própria ao consumo humano.

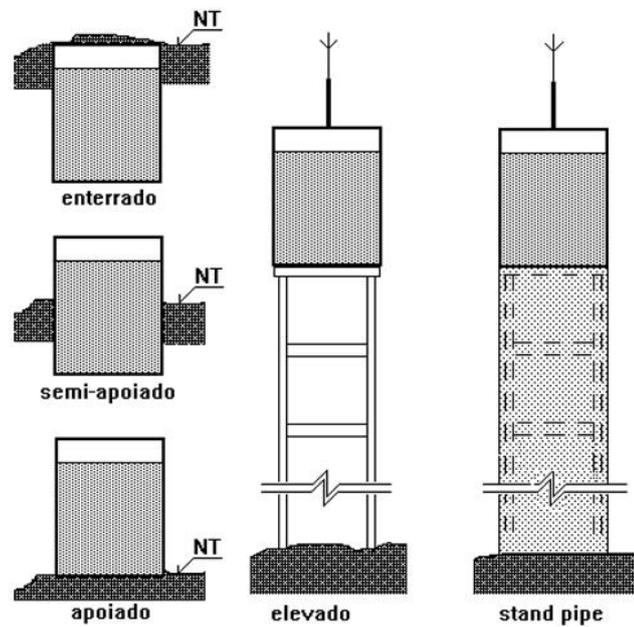
O tratamento de água consiste na remoção de partículas suspensas, matéria orgânica, microrganismos e outras substâncias possivelmente prejudiciais à saúde humana presentes nas águas naturais (LIBÂNIO, 2010). Na ETA a água captada nos mananciais passa basicamente pelas seguintes etapas: gradeamento, coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção, fluoretação e alcalinização.

3.1.4 Reservatórios

Rocha (2016) cita que, de acordo com a localização do terreno os reservatórios podem ser classificados em (FIG. 2):

- Enterrado (quando sua estrutura é completamente enterrada no terreno);
- Semi-enterrado (altura da água com uma parte abaixo do nível do terreno);
- Apoiado (laje de fundo apoiada no terreno);
- Elevado (reservatório apoiado em estruturas de elevação);
- Stand pipe (reservatório elevado com a estrutura de elevação embutida de modo a manter contínua o perímetro da secção transversal da edificação).

Figura 2 - Reservatórios em relação ao terreno

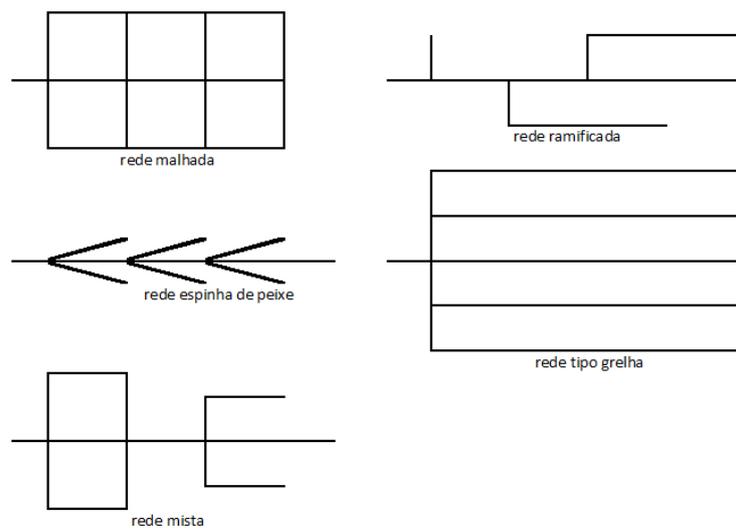


Fonte: Medeiros Filho, 2009

3.1.5 Rede de distribuição

Segundo Gomes (2004), os traçados das redes de distribuição são, basicamente, classificados em três tipos: malhado, ramificado e misto (FIG. 3).

Figura 3 - Traçados de redes de distribuição



Fonte: Adaptado de Gomes, 2004

Ainda de acordo com o mesmo autor, as redes ramificadas caracterizam-se por apresentarem apenas um sentido para o escoamento. A principal vantagem dessa rede é seu custo de implantação, mais barato se comparado a uma rede malhada do mesmo porte. Porém, as redes ramificadas apresentam inconvenientes na manutenção, visto que para se executar um reparo em um trecho, todo ramal a jusante ficará sem água. Já as redes malhadas apresentam os seus trechos interligados em formas de anéis, ou malhas, fazendo com que o sentido das vazões possa mudar dependendo da demanda nos nós. O traçado misto corresponde a uma combinação de rede malhada e de rede ramificada.

3.2 Processos para tratamento de água

O tratamento da água deve ser adotado quando demonstrado sua necessidade, e compreender apenas os processos indispensáveis e com o menor custo possível (JAQUES, 2008).

3.2.1 Gradeamento

Consiste na implantação de barras de aço paralelas, posicionadas perpendiculares ou inclinadas ao fluxo dos efluentes como nos mostra a FIG. 4, retendo o material grosseiro transportado pelas águas, como por exemplo, folhas e galhos (SABESP, 2017).

Figura 4 - Exemplo de gradeamento

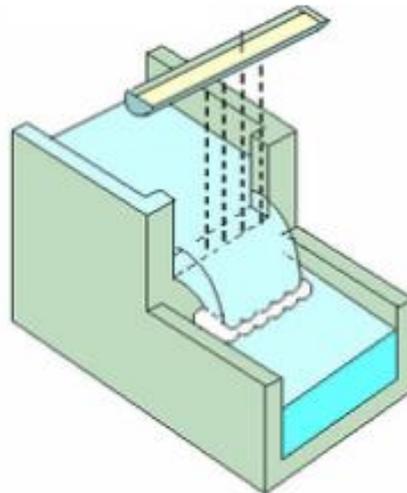


Fonte: Departamento de Água e Esgoto de Bauru (DAE), 2017

3.2.2 Coagulação

O processo de coagulação como nos mostra a FIG. 5 envolve a adição de sais de alumínio ou ferro na água bruta. Estes elementos químicos denominam-se coagulantes e possuem carga positiva, que neutraliza as cargas negativas das partículas dissolvidas ou em suspensão na água (LIBÂNIO, 2010).

Figura 5 - Vertedouro empregado em ETAs



Fonte: Vianna, 2009

A seleção do tipo e dose de coagulante e/ou polímero é normalmente conseguida em laboratório com ensaios experimentais, dos quais o *jar test* ou teste do jarro é o mais usual. Este ensaio consiste em expor diversos copos com volumes iguais, a uma variedade de condições de tratamento controladas, observando-se o efeito das condições em cada ensaio realizado (MARTINS, 2014).

3.2.3 Floculação

Após a inserção de coagulantes à água, ocorre o processo chamado floculação, que consiste em agregação das partículas dissolvidas ou em suspensão. Desta forma, as partículas aumentam de tamanho, ficando mais pesadas e facilmente se depositam no fundo (SABESP, 2017).

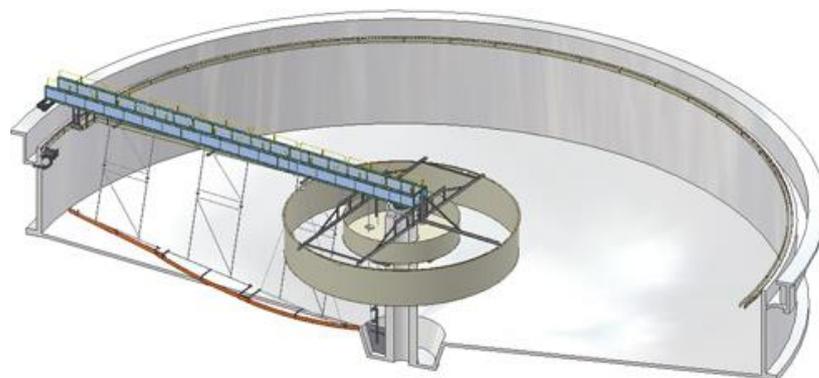
A floculação, juntamente com a coagulação, constitui a parte mais delicada do tratamento de água. Qualquer falha nesses processos pode acarretar grandes prejuízos na qualidade e custo do produto final distribuído para a população (MACEDO, 2007).

3.2.4 Decantação

O processo de decantação, para remoção de partículas sólidas em suspensão, é um dos mais comuns no tratamento de água. É baseado na ação de forças gravitacionais para que os flocos de sujeiras mais pesados do que a água sedimentem, e se depositem no fundo do decantador, de onde são removidos, enquanto o efluente, livre dos sólidos, flui pelo vertedouro (RITCHER; AZEVEDO NETO, 1991).

Existem vários tipos de decantadores, de diferentes dimensões e vazões, dependendo de qual será sua funcionalidade. O decantador leva em conta a qualidade da água, a quantidade de decantáveis, a densidade dos produtos e a necessidade de estocagem dos sedimentos. Os decantadores mecanizados são os que o lodo é depositado no fundo do aparelho, sendo removido mecanicamente com raspadores de fundo (FIG. 6). Já os decantadores não mecanizados usam a remoção hidrostática (OPERSAN, 2015).

Figura 6 - Perfil de um decantador mecanizado



Fonte: Tratamento de resíduos agroindustriais, 2015

3.2.5 Filtração

A filtração é o processo final relacionado com o tratamento da água. A coagulação, floculação e sedimentação são processos auxiliares para a filtração. Com a atualização tecnológica, estes últimos tornaram-se tão eficazes que, eventualmente, foi cogitado que a filtração não seria necessária. Porém, com os padrões de potabilidade cada vez mais exigentes e, para se garantir uma segurança adicional, a filtração é ainda, e provavelmente será sempre, essencial (RITCHER; AZEVEDO NETO, 1991). As águas contêm sais, sólidos em suspensão, microrganismos e detritos que podem ser filtrados. Em geral os filtros removem partículas, melhoram cor, odor e sabor. Um meio filtrante ideal possui diâmetro suficientemente grande para formar poros de dimensão capazes de reter grandes quantidades de flocos e diâmetro suficientemente pequeno para evitar a passagem de sólidos em suspensão. Os produtos mais usais na composição de um filtro de tratamento de água são areia, argila ou carvão ativado (CORSAN, 2017).

3.2.6 Desinfecção, fluoretação e alcalinização

Segundo Macedo (2007), a desinfecção é realizada por meio de agentes químicos e agentes físicos. Caracterizados como agentes físicos estão a luz solar, o calor e a radiação ultravioleta, já os agentes químicos inclui o ozônio, peróxido de hidrogênio, permanganato de potássio, ácido peracético, iodo, íons metálicos, ferratos, processos oxidativos avançados, dióxido de cloro, derivados clorados (orgânicos e inorgânicos) e bromo. Este método busca a destruição de microrganismos presentes na água.

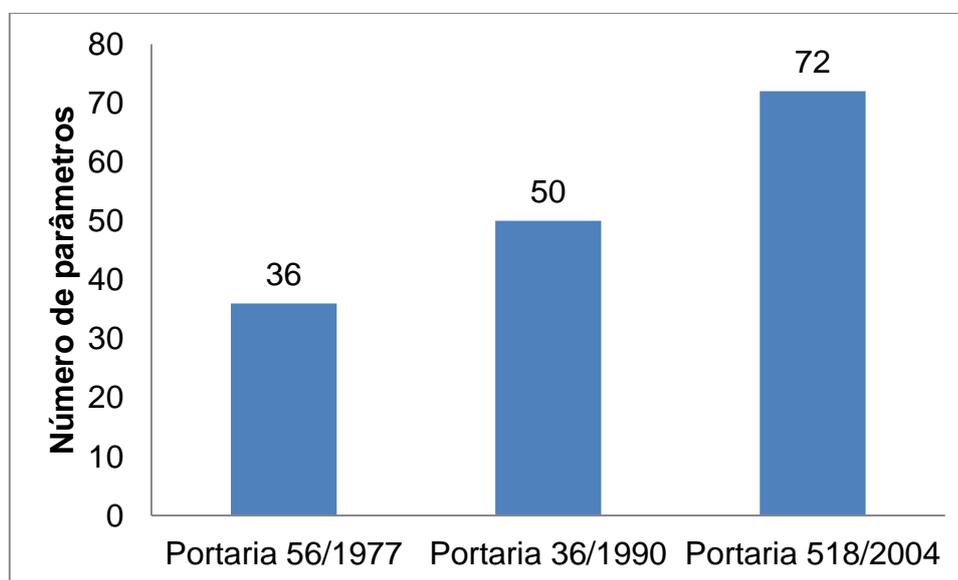
A fluoretação é uma etapa adicional, tendo o flúor aplicado na água, em geral na forma de ácido fluorsilícico, fluorsilicato de sódio, fluoreto de sódio ou fluoreto de cálcio com função de colaborar para redução da incidência da cárie dentária da população abastecida (HELLER; PADUA, 2006). Já a alcalinização ajusta o pH final da água, de maneira a evitar a corrosão das tubulações (SABESP, 2017).

3.3 Legislação Brasileira de Potabilidade de Água

Segundo Libânio (2010), no Brasil, somente em 1977 com o surgimento da Portaria 56 foi estabelecido o primeiro padrão de potabilidade definindo os limites máximos para as diversas características físicas, químicas e biológicas específicas às águas de consumo humano. Posteriormente, o Ministério da Saúde publicou, em janeiro de 1990, a portaria 36, aumentando o número de parâmetros e tornando alguns limites mais restritivos. Anos depois, com implementação efetivada em janeiro de 2003, foi publicada a Portaria 1469. Em março de 2004, ela foi revogada, passando a vigorar a Portaria 518 mantendo-se inalterados o número e os valores máximos permissíveis de cada parâmetro. Além do padrão de potabilidade, a Portaria 518 estabeleceu os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água.

A significativa evolução do número de parâmetros inseridos nas três portarias brasileiras é apresentada no GRAF. 1.

Gráfico 1 - Número de parâmetros contemplados no padrão de potabilidade



Fonte: Adaptado de Libânio, 2010

Hoje, a portaria que rege os princípios de qualidade das águas de abastecimento no Brasil é a 2.914, criada em 12 de dezembro de 2011. Segundo Ribeiro (2012), esta última versão da Portaria é resultado de um amplo processo de discussão para revisão da Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde, realizado no

período de 2009 a 2011, sob a coordenação do Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador da Secretaria de Vigilância em Saúde do Ministério da Saúde.

Segundo a Equipe de Vigilância da Qualidade da Água para o Consumo Humano do Ministério da Saúde, a discussão das propostas foi amplamente divulgada, tornando todo o processo de revisão democrático e transparente, com site e endereço eletrônico exclusivos para o recebimento de sugestões, proporcionando assim, uma ampla participação da sociedade civil e dos demais segmentos institucionais. Além disso, o esboço da portaria foi discutida em oficiais regionais, disponibilizada para consulta pública, além de avaliada e aprovada nos fóruns colegiados do Sistema Único de Saúde (RIBEIRO, 2012).

A evolução das três portarias nacionais permite supor que os futuros padrões de potabilidade no Brasil haverão de focalizar em dois princípios básicos: maior número e valores máximos permissíveis mais restritivos para alguns parâmetros de controle, e elementos relacionados à vigilância da qualidade de água para consumo humano (LIBÂNIO, 2010).

3.4 Parâmetros de qualidade monitorados na água de abastecimento público

Para analisar a qualidade da água, seja de um manancial ou mesmo da água que chega aos pontos finais de abastecimento, é preciso ter em mente uma série de parâmetros que devem ser avaliados. A FIG. 7 nos mostra um esquema dos principais parâmetros físicos, químicos e biológicos que são usados para qualificar a água.

Figura 7 - Padrões físicos, químicos e biológicos que são usados para qualificar a água



Fonte: Adaptado de Jacob, 2016

3.4.1 Parâmetros físicos

O senso do homem nas alterações da qualidade da água através de seus sentidos dá-se pelos padrões físicos da água, pois espera-se que esta seja sem cor, sem cheiro e sem sabor. Porém na natureza, a água geralmente possui cor, cheiro e até mesmo gosto (BRANCO, 1991).

A cor é devida as substâncias coloridas dissolvidas na água, na maioria dos casos de origem orgânica oriundas de matéria vegetal (folhas) em decomposição, e/ou pela presença de partículas inorgânicas (ferro, manganês), finamente divididas e dispersas na água. A cor é um parâmetro estético de aceitação ou rejeição do produto (SAMAE, 2017). De acordo com Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011), o valor máximo permissível para cor na rede de distribuição é 15 uH (unidade Hazen).

Ainda de acordo com os mesmos autores, a turbidez se define como a medida da interferência à passagem da luz, provocada pelas partículas em suspensão na água. A Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011) estabelece como valor máximo permitido para turbidez na saída do tratamento 1,0 uNT e na rede de distribuição de 5,0 uNT.

A água pura não produz sensação de odor ou sabor nos sentidos humanos. Os componentes que atribuem sabor ou odor à água são normalmente originados da

decomposição da matéria orgânica ou atividade biológica de microrganismos, ou ainda de fontes industriais de poluição. A detecção desses padrões e sua quantificação são muito difíceis, pois depende, exclusivamente, da sensibilidade dos sentidos humanos. Além disso, essa sensibilidade difere de indivíduo para indivíduo (MACEDO, 2007).

A temperatura tem influência nos processos biológicos, reações químicas e bioquímicas que sucedem na água e em outros processos, como a solubilidade dos gases e sais minerais dissolvidos na água. A faixa de temperatura mais desejável para o abastecimento público de água está entre 4,4 a 10 °C. À medida que a temperatura se eleva acima de 10°C, a água se torna menos agradável ao paladar (BRANCO, 1991).

3.4.2 Parâmetros químicos

Os valores de pH encontram-se distribuídos entre 0 e 14. Entre o 0 e o 7, situa-se a faixa ácida, o ponto 7 indica neutralidade e de 7 a 14 encontra a faixa alcalina. De acordo com Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011) o valor mínimo recomendado para água de abastecimento é 6 e o valor máximo é 9,5 (SAMAE, 2017).

A alcalinidade resulta da presença de fosfatos, sais de ácidos fracos, bicarbonatos, carbonato, hidróxidos e silicatos na água. A quantificação da alcalinidade em uma água tem grande influência, pois se relaciona com o processo de coagulação com floculantes, que é uma etapa importante no tratamento convencional de água, com a prevenção de incrustações e da corrosão de canalizações de ferro fundido (RITCHER; AZEVEDO NETO, 1991).

Acidez total representa o teor de dióxido de carbono livre e ácidos minerais fortes na água. A acidez devida ao dióxido de carbono livre, está na faixa de pH 4,5 a 8,2, enquanto que a acidez causada por ácidos minerais fortes, praticamente sempre devida a esgotos industriais, ocorre geralmente a pH abaixo de 4,5. A acidez tem pouca importância do ponto de vista sanitário, porém está vinculada a problemas de corrosão, por isso, em muitos casos, é necessária a adição de alcalinizante para manter a estabilidade do carbonato de cálcio, evitando esses problemas (RITCHER; AZEVEDO NETO, 1991).

De acordo com Ritcher, Azevedo Neto (1991), a dureza é reconhecida como uma característica conferida à água pela presença de alguns íons metálicos e em menor grau, os íons ferrosos e de estrôncio. Tem propriedade de impedir a formação de espuma como sabão, além de ser responsável por produzir incrustações nos sistemas de água quente. Do ponto de vista da saúde pública, não há problemas ao consumo de águas duras.

Ainda de acordo com os mesmos autores, o ferro muitas das vezes associado com o manganês, proporciona à água um sabor amargo adstringente e coloração amarelada e turva, resultado da precipitação do mesmo quando oxidado. É adotado o limite de 0,3 mg/l para a concentração de ferro, juntamente com manganês, nas águas, sugerindo-se concentrações inferiores a 0,1 mg/l. Essa limitação, porém, é feita devido a razões estéticas, pois águas contendo sais de ferro causam manchas em roupas e objetos de porcelana. É altamente adverso nas águas utilizadas por lavanderias e indústrias de bebidas gaseificadas.

O teor de cloretos é um indicador de poluição por esgotos domésticos nas águas naturais e pode atribuir à água sabor salino e uma propriedade laxativa. O limite máximo desejável em águas de acordo com a Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011) não deve ultrapassar 250 mg/l (MACEDO, 2007).

Ainda de acordo com Macedo (2007), o nitrogênio em recursos hídricos pode se apresentar de diversas formas, como: nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), amônia (NH_3), nitrogênio orgânico e nitrogênio molecular (N_2). É um elemento indispensável para o crescimento de algas, porém, quando em grandes quantidades, também pode levar a um processo de eutrofização dos mananciais superficiais, que provoca um acúmulo de matéria orgânica em decomposição nestes ambientes. Em águas para abastecimento público, a Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011) considera que o valor máximo permissível para nitrato é de 10 mg N/l e para nitrito 1 mg N/l.

Assim como o nitrogênio, o fósforo é um elemento indispensável para o crescimento de algas, mais também em grandes quantidades, pode levar a um processo de eutrofização. Porém o fósforo é um nutriente essencial para o crescimento das bactérias responsáveis pela estabilização da matéria orgânica (MACEDO, 2007).

De acordo com Ritcher, Azevedo Neto (1991), a determinação do teor de oxigênio dissolvido na água é um dos parâmetros mais importantes quanto à quantificação de sua qualidade. A quantidade de oxigênio nas águas superficiais depende do tipo e da quantidade de matéria orgânica presente nela. Essa quantidade deve ser pequena, devido à baixa solubilidade da água (9,1 mg/l a 20 °C). Águas de superfícies, relativamente clara, apresentam-se saturadas de oxigênio dissolvido, no entanto este pode ser rapidamente consumido pela demanda de oxigênio de esgotos domésticos.

Em contato com a água, o cloro hidrolisa, forma os íons hidrogênio, cloreto e o ácido hipocloroso. Este ácido dissocia-se gerando íons hidrogênio e hipoclorito. 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, que varia com a temperatura e pH da água, sendo de importância vital na inibição do crescimento bacteriano, assim conforme recomenda-se a Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004), em seu parágrafo único, artigo 13, “a água quando submetida a um tratamento, no caso, a desinfecção, há um padrão obrigatório a ser fornecido na manutenção ao processo de distribuição de rede, um valor mínimo entre 0,2mg/l a 0,5 mg/l, preconizando-se assim que a cloração seja realizada em pH inferior a 8,0 e tempo de contato mínimo a 30 minutos, recomenda-se ainda, que o teor máximo de cloro residual livre, em qualquer ponto do sistema de abastecimento seja de 2,0 mg/l”.

3.4.3 Parâmetros biológicos

Os coliformes são bactérias que normalmente habitam no intestino grosso do homem ou de animais de sangue quente, ou temperatura constante. A sua presença é um indicador de possível contaminação da água por esgotos domésticos, de existência de fezes e a possibilidade da presença de microrganismos patogênicos. Porém, nem toda água que contenha coliformes é contaminada e, como tal, podem veicular doenças de transmissão hídrica. O parâmetro é expresso pelo Número Mais Provável (NMP) ou pela contagem do número de unidades formadoras de colônias, UFC a cada 100 ml (MAZZINI, 2006).

Escherichia Coli - bactéria do grupo coliforme que fermenta a lactose e manitol, com produção de ácido e gás a $44,5 \pm 0,2$ °C em 24 horas, produz indol a

partir do triptofano, oxidase negativa, não hidroliza a uréia e apresenta atividade das enzimas β galactosidase e β glucoronidase, sendo considerada o mais específico indicador de contaminação fecal recente e de eventual presença de organismos patogênicos (BRASIL, 2004).

Um grande problema provocado pela poluição dos corpos hídricos é o fenômeno de eutrofização, que consiste no aumento de concentração de nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio. A principal consequência da eutrofização é o florescimento de cianobactérias, também conhecidas popularmente como algas azuis, as quais produzem diferentes tipos de toxinas, podendo ocasionar graves problemas à saúde humana e até mesmo a morte dos seres vivos quando ingeridas (TUNDISI, 2008).

No Brasil, a Portaria do Ministério da Saúde n° 1469/2000 (BRASIL, 2000), veda o uso de algicidas para o controle do crescimento de cianobactérias em mananciais para abastecimento de água, assim como qualquer intervenção no manancial que provoque a lise das células de cianobactérias, quando a densidade das cianobactérias exceder 20.000 células/ml (ou 2mm³/l de biovolume). As medidas corretivas de controle de cianobactérias se devem primeiro a intervenção no ponto de captação e segundo na remoção desses organismos e compostos no sistema de tratamento de água (FUNASA, 2015).

Já os protozoários são organismos unicelulares, eucarióticos e que apresentam nutrição heterotrófica. Os protozoários, em sua grande maioria, apresentam vida livre e são encontrados em diferentes ambientes aquáticos e úmidos. Existem, no entanto, espécies que vivem em associação com outros organismos, como é o caso dos parasitas (SANTOS, 2017).

As infecções causadas por protozoários presentes na água consumida pela população são consideradas como um dos principais problemas de saúde pública. Embora o tratamento de água potável envolva procedimentos de clarificação, sedimentação, filtração e cloração, esses não são totalmente eficazes na eliminação de cistos de protozoários. Para água de abastecimento, a Portaria n° 2914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011) recomenda a pesquisa de cistos de *Giardia sp.* e *Cryptosporidium spp* (BARBOSA et al., 2013).

Cryptosporidium e *Giardia* são protozoários parasitas de veiculação hídrica que infectam uma ampla variedade de hospedeiros vertebrados, inclusive humanos. A cryptosporidiose e giardíase se caracterizam por gerar nos pacientes acometidos

quadros de diarreia de diversa severidade, causando sérias morbidades em seus hospedeiros, principalmente em indivíduos imunocomprometidos. A transmissão de ambos os parasitas se dá pela rota fecal-oral, por meio do contato direto com as fezes de pessoas infectadas ou por contato indireto por ingestão de água ou alimentos contaminados (FREGONES et al., 2012).

As contagens da densidade de bactérias heterotróficas são utilizadas para fornecer informações sobre a eficácia de métodos de tratamento para a eliminação de determinados grupos de microrganismos e também para indicar as condições gerais das canalizações do sistema de distribuição de água desde a saída do tratamento até o ramal do consumidor. A Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011) estabelece que deve ser feita a contagem de bactérias heterotróficas em 20% das amostras mensais de água tratada, no sistema de distribuição, não devendo essa contagem exceder 500 UFC/ml (FREIRE; LIMA, 2012).

3.5 Água e saúde pública

Os humanos colocam sua saúde em risco quando não arquitetam de forma adequada a ocupação do ambiente em que vivem de modo sustentável, principalmente no que se trata à água, contaminando-a por meio das construções desenfreadas sem o devido estudo de impacto ambiental e sanitário, da retirada das vegetações locais e do lançamento inadequado de resíduos sólidos e líquidos nos mananciais (BARCELLOS; QUITÉRIO, 2006).

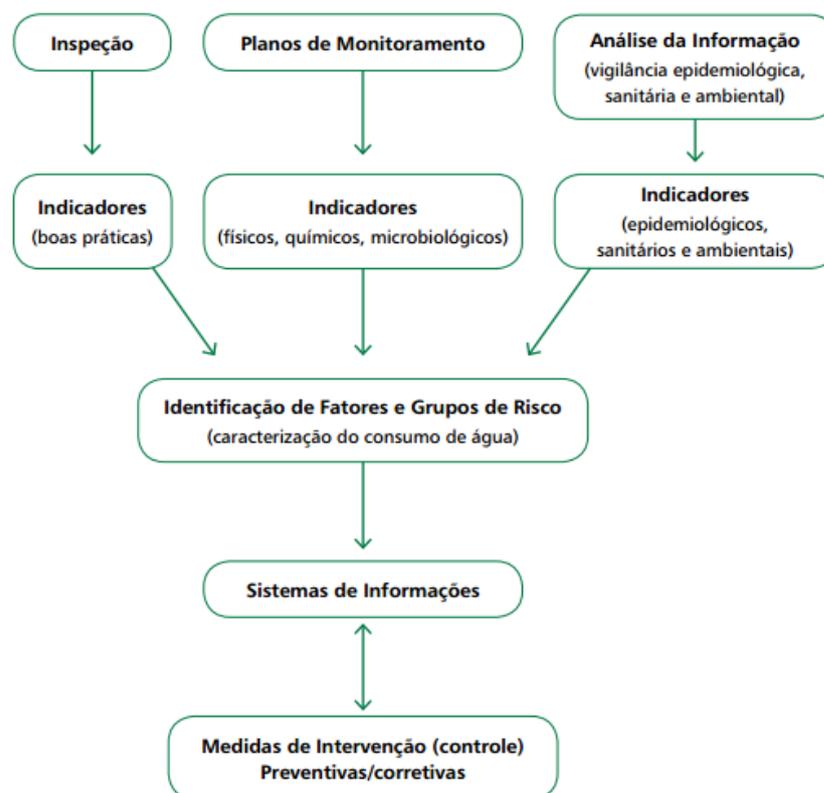
Há vestígios crescentes de que dois extremos de eventos climáticos sejam responsáveis pela diminuição da qualidade da água que chega até às comunidades humanas. Em dado momento uma seca severa pode levar à necessidade de captar água em manancial que possui contaminação por protozoários, vírus ou bactérias em níveis que sejam uma ameaça à saúde pública. Por outro lado, chuvas abundantes e enchentes, podem fazer com que a água atinja e mesmo leve a transbordamento de fossas sépticas e outros locais de armazenamento e tratamento de dejetos contaminando usualmente os locais utilizados para captação de água para consumo (SPILKI, 2015).

A poluição hídrica é a adição de substâncias, direta ou indiretamente, que alteram a natureza do corpo d'água. A alteração da qualidade da água proveniente

de despejos de esgoto doméstico e industrial pode trazer uma série de problemas à população, tais como a proliferação de doenças, insetos, ocorrência de odores entre outros (SPERLING, 2005; BRAGA et al., 2005).

Segundo a Secretaria de Vigilância em Saúde (2007), cabe a inspeção sanitária verificar a fonte de água, todas as instalações e equipamentos de um sistema de abastecimento, condições e procedimentos de operação e manutenção dos mesmos, visando avaliar a suficiência de todos esses componentes para produzir e fornecer, sob condições seguras, água para consumo humano. As diversas ações relacionadas à inspeção da qualidade da água podem ser estruturadas como nos mostra a FIG. 8, por meio de planos de monitoramento, inspeções e atividades de cadastro, permitindo assim, a obtenção de indicadores para o desenvolvimento de sistemas de vigilância da qualidade da água, a identificação de fatores de risco a saúde humana proveniente do consumo e por fim, o planejamento e execução de medidas de controle, preventivas e corretivas.

Figura 8 - Interação das ações da vigilância da qualidade da água para consumo humano



Fonte: Secretaria de Vigilância em Saúde, 2007

3.5.1 Doenças de veiculação hídrica

A água é um recurso natural insubstituível para o ser humano. Ela mantém o equilíbrio dos ecossistemas, ocupando a maior parte do planeta, porém apenas uma pequena porcentagem pode ser aproveitada e considerada adequada para o consumo dos seres vivos, pois se a mesma não estiver pura e saudável pode ser um meio de transmissão de doenças, provocando em alguns casos até a morte (CAPOBIANCO, 2007).

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS) as doenças de veiculação hídrica são caracterizadas em dois grupos: doenças de origem hídrica que são caracterizadas pela presença de substâncias químicas na água, acima das concentrações permitidas; e doenças de transmissão hídrica; que são caracterizadas pela presença de microrganismos patogênicos veiculados pela água, como bactérias, protozoários, vírus e fungos (SANTOS NETO, 2003).

A transmissão de doenças pela água é influenciada por muitos fatores, incluindo as condições sociais, econômicas, ecológicas e climáticas. O melhor modo de prevenção ainda é o cuidado no manuseio e no tratamento da água para consumo humano, pois assim é possível evitar a ingestão de água contaminada (HOFSTRA, 2011).

Segundo COPASA (2017), as principais doenças de veiculação hídrica entre outras são:

- Amebíase: causada pelo agente infeccioso *Entamoeba spp.* sempre que há diarreias persistentes. A *Entamoeba coli* é um protozoário que se localiza no intestino do ser humano, mas que não é prejudicial e, portanto, não precisa ser tratada. Já a *Entamoeba histolytica* é prejudicial e precisa ser eliminada da água destinada ao consumo. Quando infectado, o ser humano costuma apresentar desconforto abdominal, diarreia, com material fecal com sangue e muco e febre baixa. Esses parasitas são eliminados com as fezes dos indivíduos infectados, se dispostas próximas aos corpos hídricos. As medidas de prevenção consistem em dispor adequadamente os dejetos humanos e proteger as águas das minas, cisternas, valas de irrigação, açudes, poços e lagoas, não permitindo que sejam contaminadas por fezes humanas. A ozonização, na dosagem média de 2 mg/l destrói esses parasitas, os filtros rápidos de areia removem-nos quase completamente já

os filtros de diatomáceas, completamente.

- Giardíase e Criptosporidíase: são causadas respectivamente pela *Giardia lamblia* e pelo *Cryptosporidium parvum*. Ambos vivem nas porções altas do intestino, sendo mais frequentes em crianças. As medidas preventivas são resumidas a destinar corretamente os dejetos humanos em fossas ou redes de esgotos e tratamento da água.
- Verminoses: apresentam diversos agentes causadores de doença. Nestes casos as medidas preventivas estão relacionadas à educação sanitária, o saneamento adequado e a melhoria do estado nutricional. Apenas o tratamento das verminoses não é suficiente. É preciso modificar o ambiente para que a doença não ocorra novamente.
- Gastroenterites: infecções do estômago e do intestino causadas, principalmente, por vírus, bactérias e verminoses, entre outras sendo principal responsável pelos óbitos de crianças menores de um ano de idade. A ocorrência é maior nos locais em que não existe tratamento de água, rede de esgoto, água encanada e destino adequado para o lixo. As medidas preventivas estão relacionadas ao saneamento de qualidade, higiene dos alimentos, combate às moscas e uso de água filtrada ou fervida. O leite materno apresenta fatores de defesa na sua composição, além de ser um alimento isento de contaminação, sendo essencial seu uso pelas crianças.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Coletas

As coletas de amostras de água foram realizadas no ano de 2017 no município de Iguatama-MG, totalizando em 120 amostras coletadas entre janeiro e julho, onde foram definidos previamente, 5 pontos para a realização das amostragens (FIG. 9).

Figura 9 - Pontos de coleta realizado em Iguatama-MG



Fonte: Google Earth CNES/Airbus, 2017

Para a obtenção da localização geográfica dos pontos amostrais, foi utilizado o software Google Earth (TAB.1).

Tabela 1 - Identificação, localização e coordenadas dos pontos de amostragem de água

Pontos	Descrição	Latitude	Longitude
P1	Reservatório - localizado na rua 11, no centro do município	20°10'49.31" S	45°42'24.65" O
P2	Reservatório - localizado na rua 18, no centro do município	20°10'37.64" S	45°42'25.03" O
P3	Torneira - localizado na sede do SAAE, na rua 18, no centro do município	20°10'37,16" S	45°42'24.30" O
P4	Reservatório - localizado na rua 74, no bairro Alto São Francisco	20°10'58.30" S	45°43'08.13" O
P5	Torneira - localizada em uma rua, no bairro de Garças de Minas	20°11'11.23" S	45°41'09.57" O

Fonte: A autora, 2017

Para coleta, as mãos do amostrador foram calçadas com luvas de látex, e as torneiras utilizadas limpas com um pedaço de algodão embebido em álcool 70%, sendo deixada água escoar durante 1 ou 2 minutos, para então ser realizada a coleta da amostra.

Para a realização das análises dos parâmetros físico-químicos, as amostras foram coletadas em frascos PET, previamente lavados com água do ponto de amostragem, com a capacidade de aproximadamente 0,5 litros. Já as coletas destinadas às análises microbiológicas foram realizadas em frascos de vidro roscáveis autoclavados, capazes de suportar temperaturas de até 300°C.

Após as coletas, as amostras eram devidamente identificadas com endereço do ponto de coleta, hora, nome do coletor e o número correspondente da amostra. Logo depois armazenadas em caixa térmica com gelo e enviadas ao laboratório do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) do município de Pains - MG para a realização das análises de qualidade de água.

4.2 Visualização e caracterização dos pontos de coleta

O ponto de coleta P1 é um reservatório que possui aproximadamente capacidade de 50 mil litros de água, abastecendo em torno de 20% da população localizada na área urbana do município. Ele é caracterizado como reservatório elevado e localiza-se no ponto mais alto da cidade (FIG. 10).

Figura 10 - Visualização do ponto de coleta P1



Fonte: A autora, 2017

O ponto de coleta P2 é um reservatório que possui aproximadamente capacidade de 600 mil litros de água, abastecendo a maioria da população da área urbana do município, cerca de 40%. Ele é caracterizado como reservatório semi-enterrado e localiza-se no terreno da sede do SAAE (FIG. 11).

Figura 11 - Visualização do ponto de coleta P2



Fonte: A autora, 2017

O ponto de coleta P3 é uma torneira que localiza-se no prédio da sede do SAAE, e serve para obter a qualidade da água proveniente do reservatório localizado na rua 18, no centro do município (FIG. 12).

Figura 12 - Visualização do ponto de coleta P3



Fonte: A autora, 2017

O ponto de coleta P4 é um reservatório que possui aproximadamente capacidade de 50 mil litros de água, responsável por abastecer cerca de 10% da população urbana do município. Ele é caracterizado como reservatório apoiado e localiza-se no bairro Alto São Francisco (FIG. 13).

Figura 13 - Visualização do ponto de coleta P4



Fonte: A autora, 2017

O ponto de coleta P5 é uma torneira que se localiza em uma residência do bairro de Garças de Minas, como nos mostra a FIG. 14, também perímetro urbano do município. A análise da água proveniente desta torneira é responsável por fornecer os dados de qualidade tanto da água proveniente do poço localizado no bairro, quanto das residências da região.

Figura 14 - Visualização do ponto de coleta P5



Fonte: A autora, 2017

4.3 Parâmetros analisados

Os parâmetros analisados foram: coliformes totais, *Escherichia coli*, bactérias heterotróficas, cloro residual livre, cor aparente, pH e turbidez.

4.3.1 Coliformes totais e *Escherichia coli*

As análises foram feitas no mesmo dia das coletas, com uso de substrato definido enzimático para análise de coliformes totais e *Escherichia coli*, conhecido como sistema Colilert (sistema patenteado por IDEXX Laboratories), que utiliza nutrientes (açúcares ligados a radicais orgânicos cromogênicos) que fazem com que os microrganismos de interesse presentes na amostra produzam uma mudança de cor. Após o período de incubação se a cor amarela é observada, coliformes totais estão presentes, enquanto que, se a fluorescência azul é observada na presença de luz ultravioleta a 365 nm, *Escherichia coli* está presente no sistema. Além de maior precisão, esse método tem como vantagem o tempo de resposta, já que a

determinação simultânea de coliformes totais e *Escherichia coli* é efetuada após incubação a 35°C por 24 horas.

4.3.2 Bactérias heterotróficas

As análises foram feitas pela técnica “*Pour Plate*”, é conhecida também como técnica em profundidade. A execução do ensaio consiste inicialmente em colocar as placas de *Petri Film* sobre uma superfície plana, levantar o filme superior e com o auxílio de uma pipeta estéril colocar 1 (um) ml de amostra no centro do filme inferior. Depois deixar o filme superior cair sobre a amostra inoculada. Quando todas as placas estavam prontas, elas foram encubadas numa estufa bacteriológica por um período de 24 horas a uma temperatura de 35°C a 38°C. Por fim quando a encubação estava pronta foi necessário fazer a contagem das colônias com um auxílio de um contador de colônias.

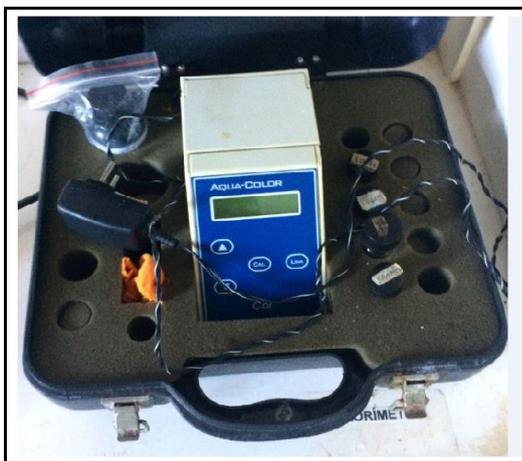
4.3.3 Cloro residual livre

Para se obter o teor de cloro presente no sistema foi utilizado um procedimento que consistiu em adicionar 10 ml de água do sistema analisado no clorímetro digital portátil. Depois se adicionou dois reagentes químicos, primeiramente o tampão e logo depois o indicador. Após esse procedimento, observou-se se a coloração da água modificou. Caso ela fique com uma coloração rosada, significa que há presença de cloro na amostra. Em seguida o clorímetro exibe o teor de cloro em mg/L presente na mesma. A Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011) determina a obrigatoriedade de se manter, no mínimo, 0,2 mg/l de cloro residual livre ou 2 mg/l de cloro residual combinado em toda a extensão do sistema de distribuição (reservatório e rede). Também recomenda que o teor máximo de cloro residual livre em qualquer ponto do sistema de abastecimento seja de 2 mg/l.

4.3.4 Cor aparente

As análises foram feitas no aparelho denominado colorímetro, modelo AquaColor DQO, com faixa de medição de 0 a 500 PtCo como nos mostra a FIG. 15. Para determinação, a amostra é transferida até a linha de marcação de 10 ml. Segura-se então a cubeta pela tampa, procedendo-se a limpeza de seu exterior com um papel absorvente, certificando-se de que não haver nenhuma mancha ou poeira. Feito este procedimento, a cubeta era introduzida no aparelho para realização da leitura.

Figura 15 - Colorímetro utilizado para análise de cor aparente

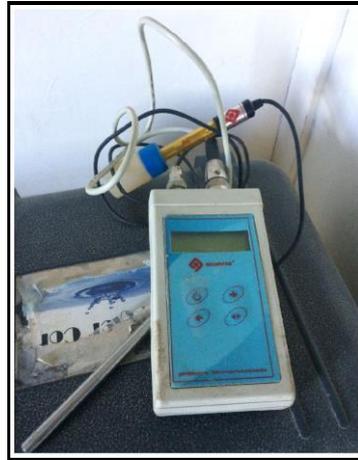


Fonte: A autora, 2017

4.3.5 pH

Para a obtenção de pH das amostras, foi utilizado o pHmetro microprocessado de bancada (FIG. 16). Este equipamento depois de calibrado corretamente, mede o pH mergulhando-se o eletrodo e o sensor de temperatura dentro da amostra por cerca de 2 minutos.

Figura 16 - pHmetro microprocessado de bancada utilizado para análise de ph



Fonte: A autora, 2017

4.3.6 Turbidez

As análises foram feitas com um turbidímetro de bancada digital e um kit padrão de turbidez como nos mostra a FIG. 17, contendo 1 cubeta de 25 ml, 5 padrões prontos com os valores 0,1 NTU, 0,8 NTU, 0,8 NTU, 0,8 NTU e 1000 NTU. Depois da calibração com cada um dos padrões, a amostra é adicionada a uma cubeta vazia de 25 ml para leitura.

Figura 17 - Turbidímetro de bancada digital e um kit padrão de turbidez

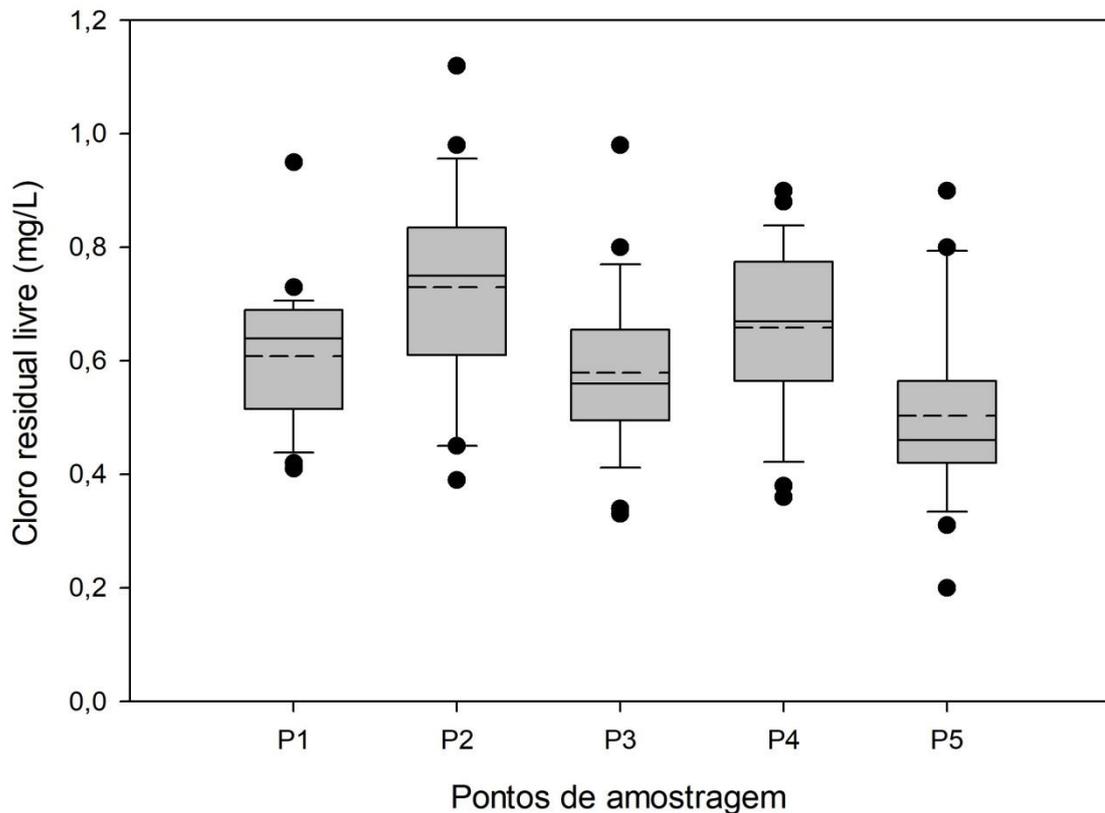


Fonte: A autora, 2017

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os *box-plots* relativos ao parâmetro cloro residual livre são apresentados na GRAF. 2.

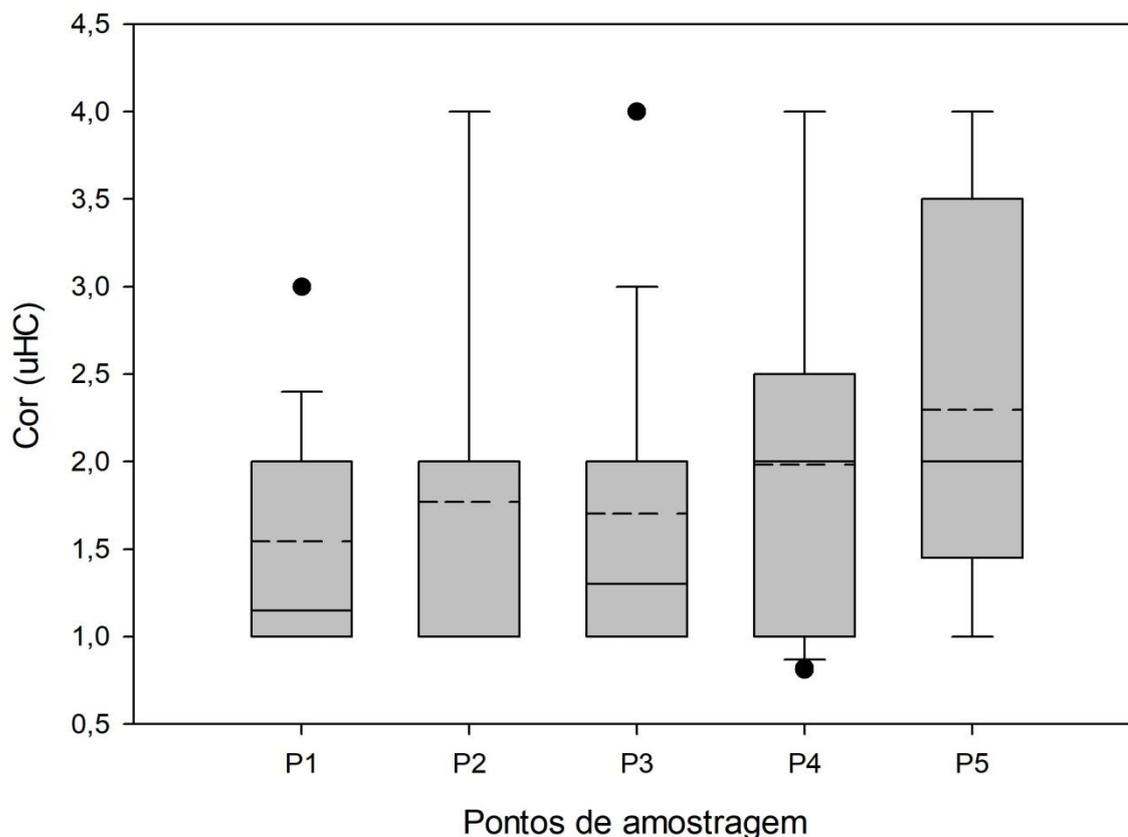
Gráfico 2 - *Box-plots* dos valores de cloro residual obtido para os pontos avaliados



Fonte: A autora 2017

Brasil (2011) apresenta claramente a necessidade de cloração da água, sendo importante observar os limites, tanto máximo, pois pode ocasionar rejeição dos consumidores, quanto o mínimo, para que ocorra a desinfecção adequada. As amostras coletadas apresentaram uma alta variabilidade dos valores obtidos de cloro residual livre, porém, de acordo com o apresentado, todas as avaliações realizadas se mantiveram entre 0,2 mg/l e 1,2 mg/l, portanto de acordo com o preconizado pela Portaria nº 2914/2011 (BRASIL, 2011) do Ministério da Saúde que recomenda a manutenção de cloro residual livre de no mínimo entre 0,2 mg/l e máximo 2 mg/l. Já os *box-plots* relativos ao parâmetro de cor aparente são apresentados no GRAF. 3.

Gráfico 3 - Box-plots dos valores de cor aparente obtidos para os pontos avaliados



Fonte: A autora 2017

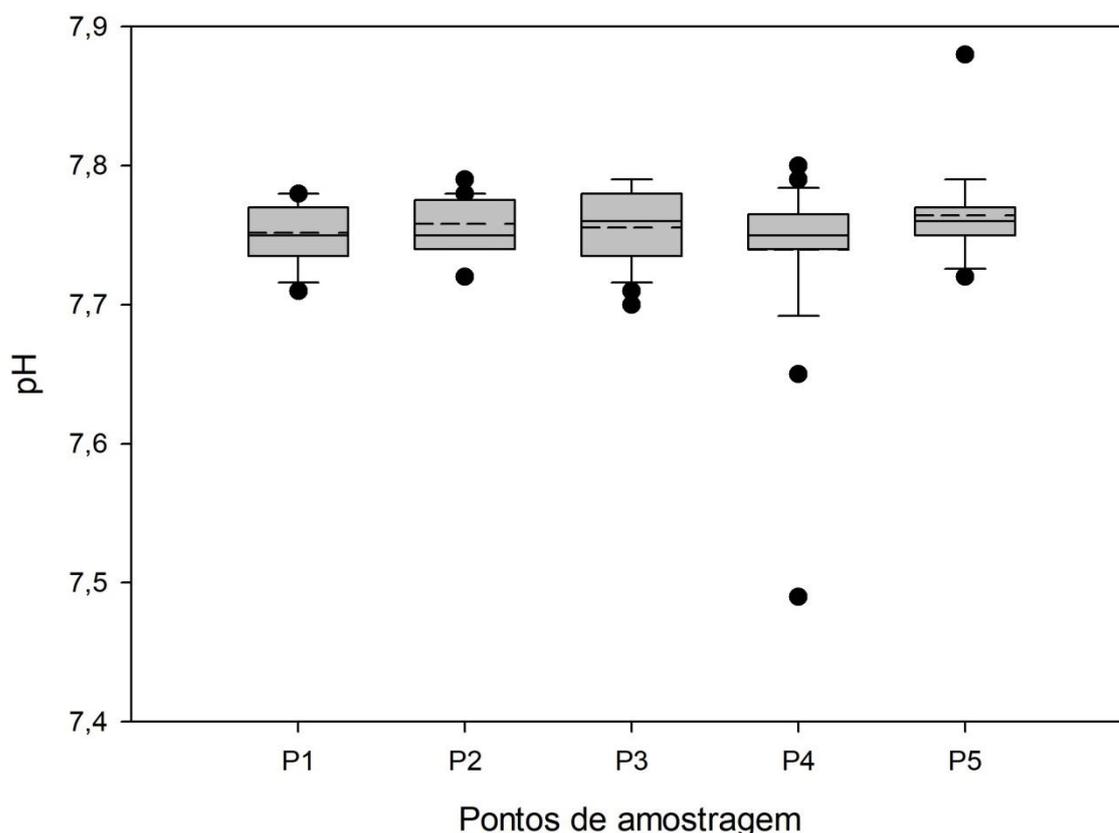
A cor aparente é um parâmetro físico de controle exigido pela Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011) para águas destinadas ao consumo humano, devido à aparência estética adequada que esta deve apresentar. O valor máximo permissível é de 15 uT, o que foi obtido neste estudo.

Pela análise do GRAF. 3, tem-se que P1 apresenta menor variabilidade de dados se comparado com os demais pontos analisados, a linha da mediana próxima ao primeiro quartil (Q1), demonstra que os dados são positivamente assimétricos, enquanto P2, P4 e P5 apresentaram uma ampla variação de dados.

Uma pesquisa realizada por Scuracchio e Farache Filho (2011), no qual o objetivo era avaliar a qualidade da água consumida em escolas e creches municipais da cidade de São Carlos – SP constituiu em colher amostras de três pontos distintos, na entrada da rede, nos reservatórios e nos filtros domésticos. Para a obtenção do parâmetro cor aparente foi utilizado a comparação visual da amostra com água destilada através do método colorimétrico que forneceu diretamente o

valor da cor expresso em unidade Hazen (uH). Assim como no presente estudo todas as amostras atenderam ao padrão vigente. Os *box-plots* relativos ao parâmetro de pH são apresentados no GRAF. 4.

Gráfico 4 - *Box-plots* dos valores de pH obtidos para os pontos avaliados



Fonte: A autora 2017

De acordo com os resultados, todas as amostras se enquadraram aos valores de referência apresentados em Brasil (2011) para pH (entre 6 e 9,5), sendo os obtidos neste estudo variando entre 7,49 e 7,88.

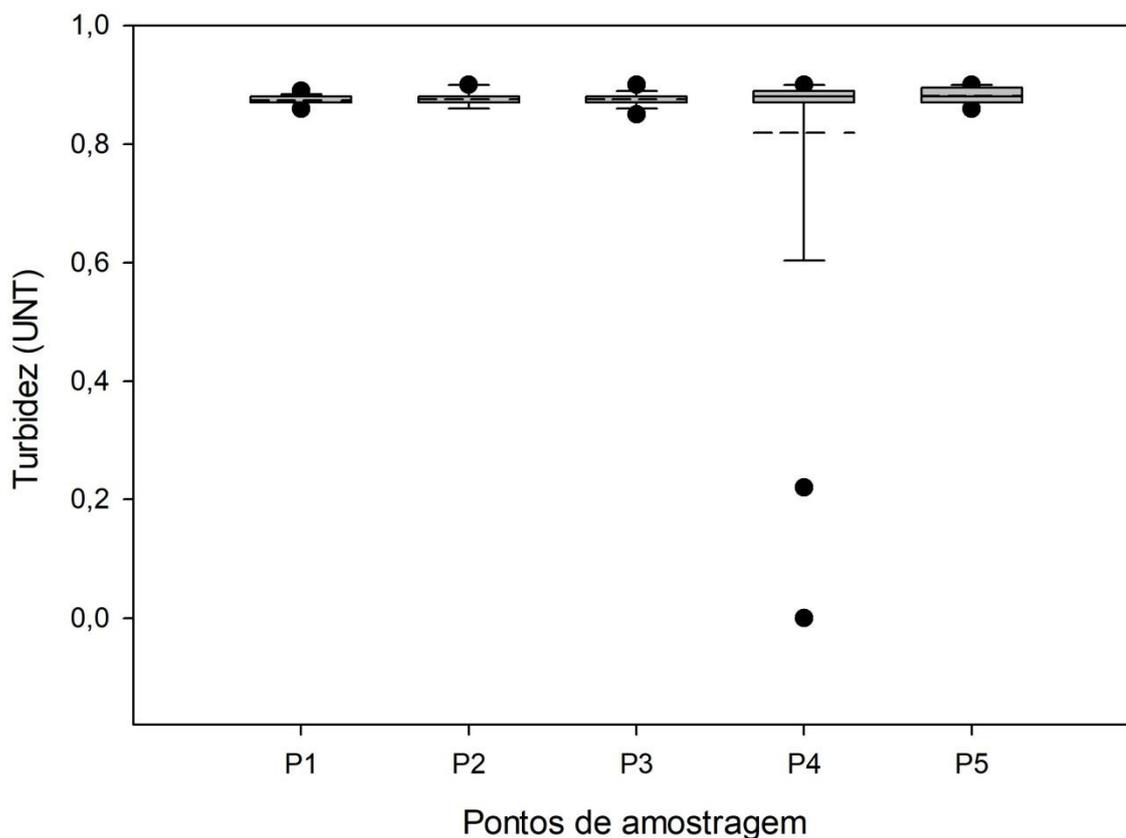
Em águas com pH baixo há o comprometimento de seu sabor e há aumento de seu potencial corrosivo, enquanto que águas com pH elevado, além de também terem seu sabor comprometido, aumentam a formação de incrustações nas redes ou aparelhos sanitários (SPERLING, 2005).

Segundo pesquisa de Fernandes (2011), que qualificou a água subterrânea em propriedades rurais do município de Planalto-RS, o pH de todas as amostras, resultante de análises laboratoriais efetuadas no Laboratório de Análise de Água, da universidade de Cruz Alta (UNICRUZ), estavam dentro do padrão da legislação,

resultados iguais aos do presente estudo para água utilizada no sistema de abastecimento.

Os *box-plots* relativos ao parâmetro de teor de turbidez são apresentados no GRAF. 5.

Gráfico 5 - *Box-plots* dos valores de turbidez obtidos para os pontos avaliados



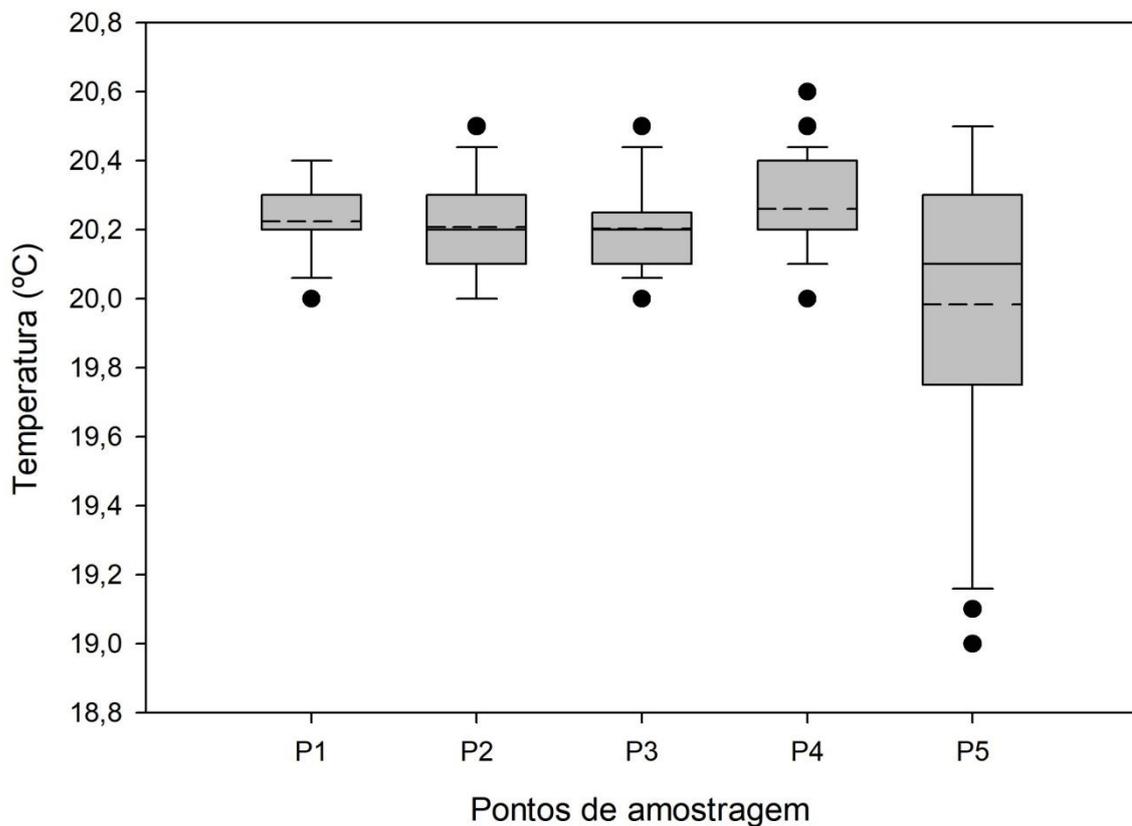
Fonte: A autora 2017

Na Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011) é estipulado o valor máximo de 5,0 UNT (unidades nefelométricas de turbidez) para a água de abastecimento. Os resultados apresentados no GRAF. 5 mostram que todas as amostras de água encontram-se abaixo do valor máximo permitido.

De acordo com Andrade (2008), a turbidez é causada por qualquer material em suspensão, como por exemplo, plânctons, bactérias, argila, areia e poluição de forma geral. Esta, além de causar uma má aparência visual, pode acarretar em um elevado índice de componentes dissolvidos, desde matéria orgânica, até microrganismos patogênicos, podendo causar a contaminação de produtos.

A temperatura da água não é parâmetro de classificação para águas naturais, segundo a resolução CONAMA (2005), porém a faixa mais desejável de temperatura para o abastecimento de público de água está entre 4,4 a 10 °C, para agradar o paladar dos consumidores (BRANCO, 1991). Assim, são apresentados no GRAF. 6 os *box-plots* relativos ao parâmetro de temperatura.

Gráfico 6 - *Box-plots* dos valores de temperatura obtidos para os pontos avaliados



Fonte: A autora 2017

É possível observar que todos os valores obtidos ficaram acima do recomendável para promover sensação agradável aos consumidores ao utilizarem a água para dessedentação, sendo obtida maior variabilidade dos valores medidos de temperatura para o ponto P5 (GRAF. 6). Em todo o período de coleta, foi registrada uma variação de temperatura entre 19°C e 20,6°C. A elevada temperatura das amostras pode ter sofrido influência por ser proveniente de tubos de PVC expostos à radiação solar. Elas são coletadas no período da manhã, armazenadas em caixa térmica e transportadas ao laboratório responsável da cidade de Pains-MG, no período vespertino.

Quanto a coliformes totais, *Escherichia coli* e bactérias heterotróficas, em todas as análises obteve-se ausência dos três parâmetros, logo, obedecendo as normas impostas pela Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011) para águas destinadas ao consumo humano.

6 CONCLUSÃO

Levando-se em consideração os objetivos da execução do presente trabalho, a cerca da averiguação da qualidade da água utilizada para abastecer a população do município de Iguatama-MG, cabe destacar que a referida qualidade foi satisfatória em todos os pontos analisados, em exceto a temperatura, pois, temperaturas acima de 10 °C são pouco agradáveis ao paladar humano.

Todos os resultados obtidos nas análises desta água enquadram-se dentro dos parâmetros estabelecidos pela legislação vigente, observando-se a vantagem de se obter água de mananciais subterrâneos é sua alta qualidade físico-química e biológica, já que a única etapa de tratamento que água de todos os poços responsáveis pelo abastecimento recebe, no município de Iguatama-MG, é a cloração.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA. Agência Nacional de Águas. **Portal da qualidade das águas**. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-introducao.aspx>>. Acesso em 04 de maio de 2017.

ANDRADE, N. J. **Higienização na Indústria de Alimentos: avaliação e controle da adesão e formação de biofilmes bacterianos**. Editora Livraria Varela. São Paulo, 2008. 412 p.

ARAÚJO, F. M. **Algumas características de uma estação elevatória de água**. 2014. 24 p. Trabalho de conclusão de curso (Curso de Graduação e Licenciatura em Física) – Universidade Estadual de Paraíba – Campus Campina Grande, Campina Grande, 2014. Disponível em: <<http://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/bitstream/123456789/8291/1/PDF%20-%20Francid%C3%A9zio%20Meira%20de%20Ara%C3%BAjo.pdf>>. Acesso em 18 de março de 2017.

BARCELLOS C.; QUITÉRIO L. A. **Vigilância ambiental em saúde e sua implantação no Sistema Único de Saúde**. Revista Saúde Pública, São Paulo, v. 40, n. 1, 2006.

BRAGA B. et al. **Introdução à Engenharia Ambiental - O desafio do desenvolvimento sustentável**. 2 ed. Editora Pearson Prentice Hall. São Paulo, 2005. 318 p. Disponível em: <<https://drive.google.com/file/d/0B9E-m0rVzRvJR1dTamtxN2VKZ2s/view>>. Acesso em 10 de outubro de 2017.

BRANCO, S. M. **Água e o homem**. Hidrologia Ambiental. EDUSP (Editora da Universidade de São Paulo). São Paulo, 1991. 35 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, 2011. 21 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n° 1.469, de 29 de dezembro de 2000. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 2000. 18 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n° 518, de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 2005. 28 p.

CAPOBIANCO, J. P. R. **Importância da água**. Site Mundo Vestibular, 2007. Disponível em: <<http://www.mundovestibular.com.br/articles/569/1/IMPORTANCIA-DA-AGUA/Paacutegina1.html>>. Acesso em 10 de abril de 2017.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, 2005. 27 p. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em 01 de outubro de 2017.

COPASA (Companhia de Saneamento de Minas Gerais). **Água não tratada é porta aberta para várias doenças**. 2017. Disponível em: <http://www.copasa.com.br/media2/PesquisaEscolar/COPASA_Doem%C3%A7as.pdf>. Acesso em 16 de abril de 2017.

CORSAN. Companhia Riograndense de Saneamento. **Etapas do tratamento**. 2017. Disponível em; < http://www3.corsan.com.br/sistemas/trat_agua_etapas.htm>. Acesso em 05 de abril de 2017.

CUNHA, C. E. **Captação e Adutoras**. 2013. Disponível em: < <https://pt.slideshare.net/mackenzista2/aula-captao-adutorasrev>>. Acesso em 01 de abril de 2017.

DAE (Departamento de água e esgoto de Bauru – SP). **Tratamento de esgoto – Conceitos**. 2017. Disponível em: <<http://www.daebauru.com.br/2014/esgoto/esgoto.php?secao=tratamento&pagina=10>>. Acesso em 04 de abril de 2017.

FERNANDES, A. M. F. **Diagnóstico da qualidade da água subterrânea em propriedade rural do município de Planalto, RS**. Trabalho de conclusão de curso (Curso de Geografia) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUI – Ijuí, 2011. Disponível em: <<http://bibliodigital.unijui.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1150/TCC%20ANGELA%20MARIA%20FERREIRA%20FERNANDES.pdf?sequence=1>>. Acesso em 13 de outubro de 2017.

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://bvsmis.saude.gov.br/bvs/artigos/mundo_saude/cryptosporidium_giardia_desafios_aguas_abastecimento.pdf>. Acesso em 15 de abril de 2017.

FREIRE, R. C.; LIMA, R. A. **Bactérias heterotróficas na rede de distribuição de água potável no município de Olinda-PE e sua importância para a saúde pública**. JMPHC – Journal of Management & Primary Health Care. Pernambuco, v. 3, n. 2, 2012, p. 91-95. Disponível em: <<http://www.jmphc.com.br/saude-publica/index.php/jmphc/article/view/144/146>>. Acesso em 13 de outubro de 2017.

FUNASA, Fundação Nacional de Saúde. **Manual de saneamento**. 4 ed. Brasília: Assessoria de Comunicação e Saúde, Brasília, 2015. 642 p.

GOMES, H. P. **Sistemas de abastecimento de água – Dimensionamento econômico e operação de redes elevatórias**. 2 ed. Editora universitária UFPB, 2004. 242 p.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano**. 1 ed. Belo Horizonte. Editora universitária – UFMG. 2006. 859 p.

HOFSTRA N. **Quantifying the Impact of Climate Change on Enteric Waterborne Pathogen Concentrations in Surface Water.** Current Opinion in Environmental Sustainability. EUA, v. 3, 471 p, 2011.

JACOB, A. C. P. **Potabilidade: Parâmetros de qualidade e tratamento da água.** Aquafluxus (Consultoria Ambiental em Recursos Hídricos), 2016. Disponível em: <<http://www.aquafluxus.com.br/potabilidade-parametros-de-qualidade-e-tratamento-da-agua/>>. Acesso em 01 de abril de 2017.

JAQUES, T. F. **Avaliação da eficácia do tratamento convencional para obtenção de água potável e sua importância para a saúde pública.** 2008. 67 p. Trabalho de conclusão de curso (Curso de Graduação e Licenciatura em Química) – Unifor, Formiga-MG, 2008.

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

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

MARTINS, T. J. C. **Sistema de abastecimento de água para consumo humano – Desenvolvimento e aplicação de ferramenta 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>. Acesso em 10 de março de 2017.

MAZZINI, A. L. D. A. **Dicionário educativo de termos ambientais.** 3 ed. Belo Horizonte, 2006. 384 p.

MEDEIROS FILHO, C. F. **Abastecimento de água.** Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. 2009. 154 p. Disponível em: <<http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/Abastece.pdf>>. Acesso em 03 de abril 2017.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Manual de Saneamento**. 2 ed. Fundação Serviços de Saúde Pública. Rio de Janeiro, 1981. 250 p.

OPERSAN. Nova Opersan - Soluções Ambientais. **Decantação: O que é e como funciona**. 2015. Disponível em: <
<http://info.opersan.com.br/decanta%C3%A7%C3%A3o-o-que-%C3%A9-e-como-funciona>>. Acesso em 01 de abril 2017.

RECESA: Rede Nacional de Capitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental. **Abastecimento de água: Operação e manutenção de estações elevatórias de água – Guia Profissional em treinamento Nível 1**. 2008. 80 p. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Belo Horizonte, 2008.

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, 2012.

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

ROCHA, A. L. M. **Tratamento da água**. Notas de aula: (Disciplina: Gestão de recursos naturais). 2016. 44 slides. Colégio Estadual Paulo Leminski, Curitiba – PR, 2016. Disponível em: <<http://docslide.com.br/documents/tratamento-da-agua-professor-andre-luiz-montanheiro-rocha-disciplina-gestao.html>>. Acesso em 01 de abril de 2017.

SABESP. **Companhia de Saneamento Básico do estado de São Paulo**. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/Default.aspx>>. Acessado em 15 de março 2017.

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 05 de abril de 2017.

SANTOS NETO, A. O. **Avaliação bacteriológica de águas de bebedouros em escolas da rede pública estadual da zona sul de Recife – PE.** 2003. 40 p. Trabalho de conclusão de curso (Curso da Graduação em Biomedicina) – Universidade Federal de Pernambuco, 2003.

SANTOS, V. S. **Protozoários.** Brasil Escola. Disponível em: <<http://brasilecola.uol.com.br/biologia/protozoarios.htm>>. Acesso em 15 abril de 2017.

SCURACCHIO P. A.; FARACHE FILHO A. **Qualidade da água utilizada para consumo em escolas e creches no município de São Carlos – SP.** Revista Alimentos e Nutrição. Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Unesp de Araraquara. São Paulo, v 22, n 4, p 641-647, 2011. Disponível em: <<http://serv-bib.fcfar.unesp.br/seer/index.php/alimentos/article/viewFile/1495/1165>>. Acesso em 29 de setembro de 2017.

SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE. **Inspeção sanitária em abastecimento de água.** Ministério da Saúde. 1 ed. Brasília, 2007. 84 p. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/inspecao_sanitaria_abastecimento_agua.pdf>. Acesso em 16 de abril de 2017.

SPERLING, M. V. **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>. Acesso em 15 de abril de 2017.

SPIILKI F. R. **Crise hídrica, saúde e parâmetros de qualidade microbiológica da água no Brasil**. Revista USP, São Paulo, n.106, 2015.

TRATAMENTO DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS. **Decantadores**. 2015.

Disponível em: <

<http://residuosagroindustriais.blogspot.com.br/2015/12/decantadores-osdecantadores-apresentam.html>>. Acesso em 10 de abril de 2017.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

VIANNA, M. R. **Hidráulica para engenheiros sanitaristas e ambientais: Sistemas de tratamento de água**. 1 ed.. Editora FUMEC/FEA. Belo Horizonte. 2009. 546p.