

**FUNDAÇÃO CARMELITANA MÁRIO PALMÉRIO
FACULDADE DE CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

BÁRBARA FRANÇA SILVA

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DE
IRAÍ DE MINAS-MG**

**MONTE CARMELO – MG
DEZEMBRO / 2018**

BÁRBARA FRANÇA SILVA

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DE
IRAÍ DE MINAS-MG**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil, da Faculdade de Ciências Humanas e Sociais da Fundação Carmelitana Mário Palmério – FUCAMP, para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Yuri Cardoso
Mendes

**MONTE CARMELO – MG
DEZEMBRO / 2018**

Página reservada para a Folha de Aprovação

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha família; meu pai Sebastião, minha mãe Clédina, meu irmão Bruno e minha filha Maria Luiza, pela minha educação, compreensão, paciência e por me ajudarem na conclusão deste trabalho e na conclusão do curso de Engenharia Civil;

Ao meu professor e orientador Yuri Cardoso Mendes, pela belíssima orientação neste trabalho, dedicação e auxílio que foi preciso;

Ao professor e coordenador do curso de Engenharia Civil Emiliano Costa, pela suas orientações na realização deste trabalho;

A COPASA de Iraí de Minas pela disponibilidade no fornecimento de dados, que foram muito importantes para realização do trabalho.

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho da Estação de Tratamento de Água do município de Iraí de Minas-MG. Foi escolhido este tema por ser um assunto muito discutido no município devido à situação presenciada pela população no Ribeirão Bagagem, que é o manancial utilizado para abastecimento, e desconfianças em relação ao tratamento da água oferecida para a população. Com todo este assunto sendo discutido pela população, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade da água distribuída à população de acordo com as normas oferecidas pela Portaria de Consolidação nº5/2017 do Ministério da Saúde, que estabelece critérios sobre o controle e vigilância da qualidade da água para o consumo humano e sobre os padrões de potabilidade, também avaliar a tecnologia utilizada na ETA e descrever as etapas operadas para o tratamento da água. Para se chegar a uma conclusão precisa desta avaliação, a COPASA disponibilizou dados da água bruta e tratada do ano de 2017 e autorizou uma visita à instalação da Estação de Tratamento de Água do município. A tecnologia de tratamento empregada na ETA é a de ciclo completo, utilizando-se mistura rápida, floculador, decantador, filtração e desinfecção, até chegar aos reservatórios de abastecimento. Acredita-se que a tecnologia utilizada de ciclo completo para o tratamento da água é adequada, podendo ser aplicada uma tecnologia mais avançada para uma melhor qualidade da água e, de acordo com os dados fornecidos pela COPASA, os padrões de potabilidade são atendidos de acordo com o que se pede pelo Ministério da Saúde.

PALAVRAS-CHAVE: Água; Tratamento; Ministério da Saúde.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Corte de uma calha Parshall.....	17
Figura 2 - Captação do Manancial do Ribeirão Bagagem.....	28
Figura 3 - Flocladores da COPASA.	29
Figura 4 - Decantador da COPASA.	30
Figura 5 - Filtros da COPASA.	31
Figura 6 - Reservatório semienterrado de 150 m ³	32
Figura 7 - Reservatórios apoiados de 200 m ³ cada.....	32
Figura 8 - Reservatório elevado de 50 m ³	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dimensões de medidores de calha Parshall.....	17
Tabela 2 - Classificação das águas em grau de dureza.....	25
Tabela 3 - Parâmetros de qualidade da água bruta para aplicação da Filtração Direta.	34
Tabela 4 - Cor Aparente coletada pela Copasa na água bruta em 2017.	35
Tabela 5 - Cor Verdadeira coletada pela Copasa em 2017.....	35
Tabela 6 - Turbidez coletada pela Copasa na água bruta em 2017.	36
Tabela 7 - Cor da água tratada pela Copasa em 2017.	37
Tabela 8 - Turbidez da água tratada pela Copasa em 2017.	38
Tabela 9 - pH na água tratada pela Copasa em 2017.....	39
Tabela 10 - Quantidade de Cloro encontrado na água tratada pela Copasa em 2017.	40
Tabela 11 - Quantidade de Flúor encontrado na água tratada pela Copasa em 2017.....	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABREVIATURAS

m	Metro
m ³	Metro cúbico
s	Segundo
mg	Miligrama
ml	Mililitro
L	Litro
Km	Quilômetro
Km ²	Quilômetro quadrado
n ^o	Número
mm	Milímetro
pH	Potencial Hidrogeniônico
uH	Unidade Hazen
uT	Unidade de Turbidez

SIGLAS

CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
ETA	Estação de Tratamento de Água
COPASA	Companhia de Saneamento de Minas Gerais
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MG	Minas Gerais
FDDSF	Filtração Direta Descendente sem Flocculação

LISTA DE SÍMBOLOS

\leq	Menor ou igual
$>$	Maior
$\%$	Porcentagem

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Objetivos	12
<i>1.1.1 Objetivos gerais</i>	12
<i>1.1.2 Objetivos específicos</i>	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1 Captação em manancial de águas superficiais	13
2.2 Sistema de captação de água	15
<i>2.2.1 Adutora</i>	15
<i>2.2.2 Mistura rápida</i>	16
<i>2.2.3 Floculadores</i>	18
<i>2.2.4 Decantação</i>	19
<i>2.2.5 Filtração</i>	19
<i>2.2.6 Desinfecção</i>	21
<i>2.2.7 Fluoretação</i>	21
<i>2.2.8 Reservatórios</i>	22
<i>2.2.9 Distribuição</i>	22
2.3 Parâmetros de qualidade da água	23
<i>2.3.1 Cor</i>	23
<i>2.3.2 Turbidez</i>	23
<i>2.3.3 pH</i>	24
<i>2.3.4 Cloro</i>	24
<i>2.3.5 Alcalinidade</i>	24
<i>2.3.6 Dureza</i>	24
<i>2.3.7 Temperatura</i>	25
<i>2.3.8 Sabor e odor</i>	25
<i>2.3.9 Coliformes totais</i>	25
3 METODOLOGIA	27
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1 Captação do Manancial no Ribeirão Bagagem	28
4.2 Adutoras de Água Bruta e Água Tratada	28
4.3 Mistura Rápida	29

4.4 Floculação	29
4.5 Decantação	29
4.6 Filtração	30
4.7 Reservatórios	31
4.8 Análise dos parâmetros de qualidade da água bruta	33
4.9 Análise da viabilidade da Filtração Direta	37
4.10 Análise dos parâmetros de qualidade da água tratada.	37
4.11 Qualidade da água distribuída para população	41
5 CONCLUSÃO	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44

1 INTRODUÇÃO

A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) n° 357, de 17 de março de 2005 estabelece que apenas a água doce pode ser destinada ao abastecimento para consumo humano. Porém, segundo Von Sperling (2014), somente 0,8% da água disponível na Terra se enquadram nesta característica, sendo que, desta porcentagem, 97% é de água subterrânea, local mais difícil para sua extração, e 3% é de água superficial, de extração mais fácil, por isso a importância da preservação da água.

Água é fonte de vida para todos, independentemente do que são, o que fazem ou onde vivem. Porém, ela não pode ser consumida diretamente dos rios, lagos e nascentes devido a agrotóxicos e despejos domésticos e industriais que são lançados nestes mananciais sem tratamento, fazendo com que tenha microrganismos nocivos à saúde humana na água.

Por esse motivo existe o tratamento de água, que envolve uma série de procedimentos físicos e químicos aplicados em uma Estação de Tratamento de Água (ETA) para torná-la potável, ou seja, própria para consumo humano. Este processo tem o objetivo de se livrar de qualquer tipo de contaminação, evitando a transmissão de doenças às pessoas (RICHTER e AZEVEDO NETO, 1991).

Neste trabalho será feito um estudo de caso sobre a ETA de Iraí de Minas-MG, sob concessão da empresa de Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA). Serão feitas avaliações sobre as tecnologias mais apropriadas para a melhor qualidade da água bruta oriunda do Rio Bagagem, e avaliações a respeito dos parâmetros de qualidade da água tratada de acordo com a Portaria de Consolidação n° 5/2017, do Ministério da Saúde.

Iraí de Minas é composta, de acordo com o último censo realizado, por 6467 pessoas, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), e de várias plantações ao seu redor que gera uma quantidade muito grande de fornecimento de água e em épocas de estiagem existe muita falta de água à população, por isso foram construídos poços profundos, além da ETA para ajudar nesta estiagem.

Existem grandes tecnologias apropriadas para o tratamento da água bruta como, por exemplo: a de ciclo completo que passa pelas fases de captação, adução, mistura rápida, floculação, decantação, filtração, desinfecção, fluoretação e a distribuição; e a filtração direta que passa por todas as fases do ciclo completo menos a de decantação, na maioria das vezes.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivos gerais

O objetivo deste trabalho é avaliar o desempenho da Estação de Tratamento de Água (ETA) localizada em Iraí de Minas-MG, sob concessão da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), avaliando se a qualidade da água bruta é compatível com a tecnologia de tratamento utilizada na ETA e comparando a água tratada com os parâmetros de qualidade estabelecido na Portaria de Consolidação nº 5/2017 do Ministério da Saúde.

1.1.2 Objetivos específicos

- Descrever cada uma das etapas do sistema de tratamento utilizado na ETA COPASA de Iraí de Minas.
- Analisar os parâmetros de qualidade da água bruta e verificar qual a tecnologia de tratamento mais adequada de acordo com estes parâmetros.
- Avaliar se a qualidade da água distribuída para a população atende aos requisitos estabelecidos na Portaria de Consolidação nº 5/2017 do Ministério da Saúde.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Captação em manancial de águas superficiais

A captação das águas para abastecimento público pode ser feita em manancial superficial ou subterrâneo, que seja capaz de fornecer vazão suficiente para atender ao consumo de água de cada cidade (CPT, 2004). Para a escolha de um manancial a ser utilizado deve ser feita uma análise preliminar em questões de aspectos técnicos, ambientais e econômicos (TSUTIYA, 2006).

A captação de águas superficiais é um conjunto de estruturas e dispositivos, construídos junto ao manancial, para o sistema de abastecimento (CPT, 2004). De acordo com Tsutiya (2006), esses projetos devem ser construídos de modo a funcionar em qualquer época do ano, permitir a retirada da água com quantidade suficiente e melhor qualidade possível para abastecimento da população, e facilitar a manutenção do sistema. Além de tudo, existem fatores que alteram a qualidade das águas como a urbanização, erosão e assoreamento, recreação e lazer, indústrias e minerações, resíduos sólidos, córregos e águas pluviais, resíduos agrícolas e esgotos domésticos.

Existem algumas medidas de controle dos mananciais que podem ser de caráter corretivo e preventivo. As de caráter corretivo visam corrigir situações existentes, buscando melhoria na qualidade das águas e suas aplicações, como por exemplo: implantação de estações de tratamento de esgotos, instalação de estação de tratamento de água compatível com a qualidade da água bruta, etc. Já nas medidas de caráter preventivo visam evitar ou minimizar os lançamentos de poluentes nos mananciais, como por exemplo: a implantação de sistemas de coleta e tratamento de esgotos domésticos ou de outros tipos, planejamento do uso e ocupação do solo, avaliações prévias de impactos ambientais, etc (TSUTIYA, 2006).

É muito importante o monitoramento da qualidade das águas dos mananciais de forma a obter respostas confiáveis, evitando variações bruscas na qualidade das águas, impactando no tratamento e no abastecimento à população (TSUTIYA, 2006). Os parâmetros de qualidade analisados de acordo com a Portaria de Consolidação N° 5/2017 do Ministério da Saúde são a cor aparente, turbidez, ph, cloro, íons de flúor, alcalinidade e dureza de cálcio para o consumo humano.

Segundo Tsutiya (2006), a escolha para o local de captação deve ser implementada com várias análises complementadas por inspeções de campo, observando os aspectos característicos da hidráulica do manancial, a geologia da região, as áreas de eventuais

inundações e focos de poluições existentes. De modo geral os cuidados na escolha do local da captação são: evitar locais de formações de bancos de areia, de margens instáveis, garantia de acesso a todo tempo e condições favoráveis.

De acordo com Tsutiya (2006), os esquemas das instalações são muito variáveis, dependendo das condições dos cursos d'água, de níveis de água, topografia, etc. Para esses casos existem partes constituintes para a captação como:

- Barragem: é um elemento estrutural construído em cursos de água transversal à direção de escoamento das águas, destinada à criação de um reservatório de acumulação, podendo atender a diversas finalidades.
- Barragem de nível: é executada em curso d'água para elevar o nível do manancial a uma cota estabelecida, a cota é para manter uma submergência adequada para evitar o vórtice na tomada de água. A barragem de nível é em geral de pequeno porte, pequena altura, funciona como extravasor, geralmente executada de concreto.
- Vertedor: são estruturas projetadas para elevar o nível de água, eles podem ser de alvenaria, pedras, concreto simples ou ciclópico.
- Enrocamento: é uma barragem de nível constituída por blocos de rocha colocados no curso de água.
- Curso de água com transporte intenso de sólidos: são quando ocorre transporte intenso de sólidos em cursos de água. Deve ser estudada a possibilidade de inserção de barragem oblíqua em relação ao eixo do rio ou localização da tomada de água em canal lateral.
- Tomada de água: são conjuntos de dispositivos destinados a conduzir a água do manancial para as partes constituintes da captação, a velocidade nos condutos livres e forçados devem ser superiores a 0,60 m/s, quando ocorrer vórtice, deve ser previsto de dispositivo que evite a sua formação. Dentre os tipos de tomada de água, existem as de tomada de água com barragem de nível, gradeamento, caixa de areia e estação elevatória; tomada de água através de tubulação; tomada de água através de um canal e tomada de água diretamente por bombas.
- Gradeamento: grades e telas são dispositivos utilizados em captações superficiais de água. As grades são constituídas de barras paralelas destinadas a impedir a passagem de materiais grosseiros, flutuantes e de suspensão; e as telas são dispositivos constituídos de fios que formam malhas destinada a reter materiais que não foram retidos na grade.

- Desarenador: são dispositivos próximos à tomada de água, onde as águas passam com velocidade reduzida, havendo um processo de sedimentação, onde ocorrerá a retenção de areia que não devem ir para o sistema.
- Dispositivos de controle: são comportas e válvulas que permitem interromper o fluxo da passagem de água e permitem operações no sistema.
- Canais e tubulação de interligação: a interligação pode ser de condutos livres ou forçados, eventualmente podem ser de canais abertos.

2.2 Sistema de captação de água

2.2.1 Adutora

Adutoras são canalizações dos sistemas de abastecimento de água conduzidas para as unidades na rede de distribuição, elas interligam em captação, estação de tratamento e reservatórios (CPT, 2004). Há casos em que partem ramificações da adutora principal as subadutoras, para levar água a outros pontos do sistema. As adutoras e subadutoras são as principais em um sistema de abastecimento de água, necessitando-se de cuidados especiais na elaboração do projeto e implantação. Recomenda-se análises em seu traçado verificando a colocação de seus acessórios, como, ancoragens nos pontos onde ocorrem esforços que podem causar deslocamento das peças (TSUTIYA, 2006).

De acordo com Tsutiya (2006), as adutoras podem ser classificadas quanto à natureza da água transportada, denominadas de:

- Adutoras de água bruta: que são as tubulações que transportam a água sem tratamento.
- Adutoras de água tratada: que transportam a água tratada.

Quanto à energia para a movimentação da água: que são classificadas em:

- Adutora por gravidade: são as que transportam a água de uma cota mais elevada para a cota mais baixa e podem ser feitas em conduto forçado e conduto livre.
- Adutora por recalque: transportam a água de um ponto a outro com cota mais elevadas.
- Adutoras mistas: que se compõe de trechos por recalque e trechos por gravidade.

Com esses transportes de água podem ocorrer sedimentação e incrustação devido a ineficiência do tratamento e ao envelhecimento natural do material da tubulação, que podem ocasionar redução na capacidade de escoamento, aumento de perda de carga e acréscimo de

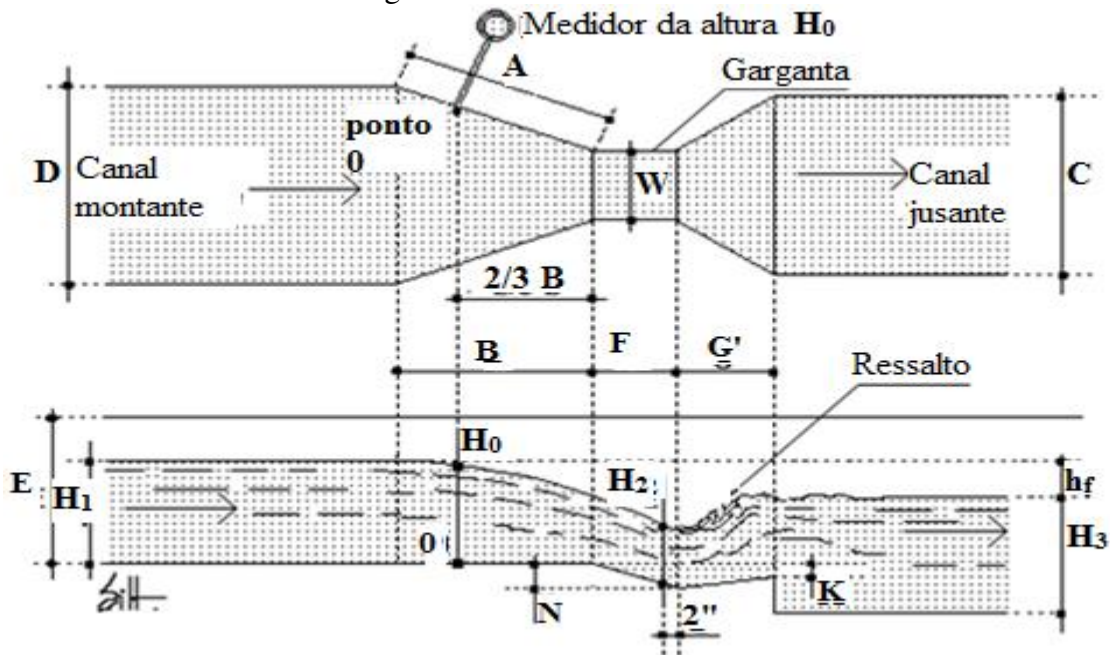
consumo de energia elétrica. Para que isso não ocorra, deve haver limpeza nas tubulações com passagem de equipamentos que removem incrustações através de raspagem. Para um melhor controle do sistema de adutoras, existem os sistemas de medição que avalia a eficiência da operação e permite o controle de parâmetros, como: vazão, pressão, volume, etc (TSUTIYA, 2006).

2.2.2 Mistura rápida

A mistura rápida promove a dispersão do coagulante na água, essa dispersão deve ser homogênea, ou seja, uma distribuição uniforme do coagulante. Coagulação é a aplicação de produtos químicos, como o Sulfato de Alumínio, para a suspensão coloidal de partículas sólidas (RICHTER, 2009). De acordo com Richter e Azevedo Neto (1991), um dos problemas mais sérios no tratamento da água é a mistura rápida, tendo em vista que as quantidades de coagulantes são muito pequenas em relação ao volume de água, em média são 60 ou 70 gramas de coagulante por metro cúbico de água. A diluição pode ser feita nos próprios tanques de dissolução, ou aplicando-se água numa vazão conhecida na canalização que conduz a solução de sulfato de alumínio um pouco antes da aplicação.

Segundo Richter e Azevedo Neto (1991), antigamente as estações de tratamento de água não dispunham de dispositivos para a mistura rápida do coagulante à água, então foram empregados a mistura hidráulica, ou seja, utilizavam a energia hidráulica para dispersão do coagulante. A mistura rápida hidráulica utiliza vários tipos de ressaltos hidráulicos, sendo que o mais utilizado é o ressalto em calhas “Parshall”, que é utilizado para dupla finalidade de medir a vazão afluente e a mistura rápida, ela trabalha com descarga livre, que é a passagem da corrente de água em uma condição supercrítica para uma subcrítica causando o ressalto. A Figura 1, mostra o corte de uma calha Parshall, e logo abaixo tem-se a Tabela 1, que demonstra algumas dimensões da calha Parshall.

Figura 1 - Corte de uma calha Parshall.



Fonte: Salvador; Guabiroba e Carneiro (2010).

Tabela 1 - Dimensões de medidores de calha Parshall.

W	A	B	C	D	E	F	G	K	N	
(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	
1"	2,5	36,3	35,6	9,3	16,8	22,9	7,6	20,3	1,9	2,9
3"	7,6	46,6	45,7	17,8	25,9	45,7	15,2	30,5	2,5	5,7
6"	15,2	61,0	61,0	39,4	40,3	61,0	30,5	61,0	7,6	11,4
9"	22,9	88,0	86,4	38,0	57,5	76,3	30,5	45,7	7,6	11,4
1'	30,5	137,2	134,4	61,0	84,5	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
1 1/2'	45,7	144,9	142,0	76,2	102,6	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
2'	61,0	152,5	149,6	91,5	120,7	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
3'	91,5	167,7	164,5	122,0	157,2	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
4'	122,0	183,0	179,5	152,5	193,8	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
5'	152,5	198,3	194,1	183,0	230,3	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
6'	183,0	213,5	209,0	213,5	266,7	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
7'	213,5	228,8	224,0	244,0	303,0	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
8'	244,0	244,0	239,2	274,5	340,0	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
10'	305,0	274,5	427,0	366,0	475,9	122,0	91,5	183,0	15,3	34,3

Fonte: Richter e Azevedo Neto (1991).

Hoje em dia a mistura rápida pode ser mecanizada por meio de agitadores tipo turbina, que é um aparelho mecânico que produz movimento em um líquido através do movimento rotativo dos impulsores, a potência aplicada depende do volume e forma da câmara de mistura, da velocidade de rotação e da geometria do impulsor. A localização da câmara de

mistura rápida deve ficar o mais próximo dos tanques de floculação (RICHTER e AZEVEDO NETO, 1991).

2.2.3 Floculadores

Floculação é o processo de juntar partículas coaguladas ou desestabilizadas para a formação de flocos, possibilitando a separação por sedimentação ou decantação e filtração da água. Esse processo promove a remoção da cor e turbidez da água. Nos tanques, os pequenos microflocos aglutinam-se formando flocos maiores, facilitando a remoção nas etapas seguintes. Esse processo de agregação depende da duração e da quantidade de energia aplicada, é proveniente das colisões causadas pelo movimento das moléculas devido a energia térmica e de colisões causadas pelo movimento da água (RICHTER, 2009).

Os primeiros floculadores utilizados em tratamento de água foram canais, aproveitando a energia hidráulica no movimento da água, ou seja, qualquer dispositivo que utilize a energia hidráulica do fluxo da água pode gerar um floculador hidráulico (RICHTER e AZEVEDO NETO, 1991). Segundo Richter (2009), os floculadores hidráulicos mais utilizados são os de chicanas, de fluxo horizontal, onde a água circula com movimento de vai e vem; ou de fluxo vertical, onde a água sobe e desce. Outros tipos utilizados para pequenas instalações são os de fluxo helicoidal, o chamado Alabama e os de meio poroso, que teve suas primeiras aplicações na Índia e no Brasil, na década de 1970.

Segundo Richter (2009), em outros livros os autores apontam os floculadores hidráulicos deficientes em sua falta de flexibilidade nas mudanças da qualidade da água; a perda de carga que são muito significativos; e a suas limpezas são geralmente difíceis.

Os floculadores mecânicos, que são os de movimento giratório com paletas paralelas ou perpendiculares ao eixo horizontal ou vertical, são os mais utilizados hoje em dia. Sua manutenção não é difícil e evita cadeia de transmissão ou poços secos para a instalação de motores (RICHTER e AZEVEDO NETO, 1991). Existem também os floculadores giratórios de turbina, que são turbinas de paletas inclinadas para induzir um movimento axial, efeito de bombeamento no líquido que poderão substituir os agitadores de paletas em novos projetos; e também os floculadores alternativos que são constituídos por um sistema de paletas ou de fitas que se deslocam de cima para baixo ou vice-versa, produzindo correntes turbilhonares no líquido (RICHTER, 2009).

2.2.4 Decantação

O processo de sedimentação conhecida como decantação é a remoção de partículas sólidas em suspensão, que consiste na utilização de forças gravitacionais para separar partículas de densidade superior à da água, depositando-as em uma superfície ou zona de armazenamento. As partículas que não forem removidas nesse processo deverão ser removidas na filtração. Os primeiros tanques de decantação foram os de fluxo horizontal, e suas principais características são inerentes à sua simplicidade, alta eficiência e baixa sensibilidade a condições de sobrecarga. O seu forte concorrente hoje em dia é o decantador tubular ou de alta taxa, que resulta de um projeto hidráulico que tem eficiência parecida com a de fluxo horizontal, uma vantagem conhecida do tubular é a facilidade na limpeza (RICHTER e AZEVEDO NETO, 1991).

Segundo Richter e Azevedo Neto (1991), existe uma teoria dos decantadores devido ao seu comportamento hidráulico que proporciona condições adequadas a sedimentação analisada como a teoria de Hazen (1904), que admite que o regime de fluxo laminar é um fluxo perfeitamente uniforme na zona de sedimentação; a concentração das partículas são uniformes e não há resuspensão de sólidos já sedimentados.

Os dispositivos de entrada e saída devem garantir uma distribuição uniforme da água em toda a seção transversal dos decantadores. A entrada nos decantadores retangulares é feita por canais ou canalizações com passagens ou comportas laterais que distribuem o fluxo no interior de cada unidade ou diversas unidades paralelas. Já em decantadores circulares ou quadrados a entrada da água se faz no centro, dispondo-se em torno da entrada uma cortina circular (RICHTER, 2009).

2.2.5 Filtração

A filtração é um dos processos mais importantes no tratamento de água, pois é por ele que se evita os casos de doenças à população transmitidas pela água contaminada, como é o caso da cólera. A filtração é um processo físico-químico e biológico (filtros lentos) para separação de impurezas em suspensão na água, mediante sua passagem pelo meio poroso. Estes meios porosos são a areia, que é o mais comum, seguindo-se do antracito, areia granada, carvão ativado granular, etc. Os tamanhos dos grãos facilitam na remoção dos materiais em suspensão pelo filtro e no seu desempenho hidráulico (RICHTER, 2009).

De acordo com Richter (2009), os filtros são classificados em lentos e rápidos. Os filtros rápidos operam taxas a 40 vezes maiores do que os filtros lentos, sua limpeza é por lavagem a água a contracorrente, em operações rápidas; os filtros lentos são limpos com menor frequência, por remoção manual da camada superior do leito onde se acumulam as impurezas.

Existem diferenças entre os tipos de escoamento que são classificados em filtros ascendentes e descendentes. O filtro ascendente funciona com uma câmara de fundo falso e acima dele é colocado a camada suporte e em seguida a camada filtrante de um único material (normalmente areia), a água a ser filtrada escoar no sentido ascendente e é coletada em uma calha superior que também serve de coleta da água de lavagem. Durante as lavagens os grãos mais grossos ficam embaixo e os grãos mais finos em cima, assim ocorre a filtração e o material filtrante participa retendo as impurezas. Esse tipo de filtro pode ser construído com duas calhas uma para a coleta da água filtrada e a outra a água de lavagem, evitando um descuido de operações (PROSAB, 2003).

Já no filtro descendente, as partículas removidas da água ficam retidas no meio filtrante, assim, as impurezas serão distribuídas nas profundidades com objetivo de uma filtração com duração razoável. Para uma melhor precisão no material filtrante, tanto na granulometria, quanto na espessura da camada, como no número de camadas filtrantes, é recomendável estudos em instalação-piloto (PROSAB, 2003).

De acordo com PROSAB (2003) existem diferenças básicas entre os escoamentos de filtros ascendentes e descendentes:

- Em meios filtrantes estratificados de um único material, os afluentes com quantidades maiores de impurezas encontram-se, inicialmente as subcamadas dos grãos menores. Já na filtração descendente o afluente encontra inicialmente os grãos maiores.
- A pressão no fundo dos filtros ascendentes é maior e aumenta com o tempo, enquanto nos filtros descendentes é menor e diminui com o tempo;
- A lavagem com água nos filtros ascendentes tem o mesmo sentido, já nos filtros descendentes ocorre em sentido oposto, denominada também de lavagem em contracorrente;
- A coleta de água de lavagem geralmente ocorre nas mesmas calhas da coleta de água filtrada em outros países dificulta o uso da tecnologia da filtração direta ascendente;

- O meio filtrante na filtração descendente é constituído de vários materiais como o antracito, areia e granada; já na filtração direta ascendente é composta de areia no meio filtrante e pedregulho na camada suporte;
- Os grãos de areia são maiores na filtração direta ascendente do que na filtração descendente, assim o consumo de água de lavagem é maior no filtro ascendente.

2.2.6 Desinfecção

Segundo Richter e Azevedo Neto (1991), a desinfecção tem a finalidade de destruir microrganismos patogênicos presentes na água, como: bactérias, vírus, protozoários e vermes.

Existem dúvidas entre desinfecção e esterilização. A esterilização significa destruir todos os organismos, patogênicos ou não; enquanto, desinfecção é a destruição de parte ou todos os organismos patogênicos, sendo necessária porque não é possível a remoção dos microrganismos pelos processos físico-químicos. Entre os desinfetantes mais utilizados tem-se o cloro, por ser barato, disponível em gás, líquido ou sólido, de fácil aplicação devido à alta solubilidade, não perigoso ao homem, protege as canalizações de distribuição da água e é capaz de destruir a maioria dos microrganismos patogênicos. Mas existem desvantagens no cloro por ele ser um gás venenoso e corrosivo, requerendo cuidados no manejo e pode causar problemas de gosto e odor.

Existem os cloradores que são aparelhos destinados à aplicação do cloro na água, como o de aplicação direta sob pressão e os de solução a vácuo. Os de solução a vácuo são os mais utilizados; o cloro é dissolvido numa corrente auxiliar de água através de um injetor, por meio do vácuo produzido pelo mesmo. O tipo direto é o aparelho que reduz a pressão do gás cloro que vem do cilindro, medindo a quantidade requerida e enviando ao ponto desejado sobre pressão (RICHTER, 2009).

2.2.7 Fluoretação

A fluoretação é a aplicação do flúor na água com o importante fator de prevenção de cáries em crianças e da saúde bucal dos adultos, pois dentes sadios possibilitam boa mastigação e uma alimentação adequada, contribuindo para autoestima das pessoas, levando esse benefício até aos desfavorecidos de acesso ao dentista (TSUTIYA, 2006).

2.2.8 Reservatórios

Para a distribuição de água existem os reservatórios, que são elementos importantes em sistemas de abastecimento de água, pois atendem a diversas finalidades. São elementos visíveis e de maior destaque no sistema. Suas principais finalidades são a regularização a vazão, acumulação de água em horas de demanda inferior; segurança ao abastecimento fornecimento de água em ocasiões de interrupções no funcionamento normal; reserva de água para incêndio, reservando água em ocasiões de combate a incêndio; e regularização de pressões, dependendo da sua localização podem influir nas condições de pressão da rede (TSUTIYA, 2006).

Segundo Tsutiya (2006), para classificar os reservatórios existem vários critérios que devem ser analisados para sua construção, como: a localização do sistema; a localização no terreno; a sua forma e os materiais a utilizar para sua construção. Além disso, para a localização no terreno, os reservatórios podem ser classificados como:

- Reservatórios enterrados: se situa em cota inferior à do terreno em que será localizado;
- Reservatórios semienterrados: apresenta um terço de sua altura total localizado abaixo do nível do terreno;
- Reservatórios apoiado: o seu fundo se encontra a menos de um terço de sua altura total abaixo do nível do terreno;
- Reservatório elevado: a cota de seu fundo é superior à cota do terreno onde será localizado.

Para a construção dos reservatórios existem o critério de suas formas, os mais utilizados são circular ou retangular, mas não há restrições podendo ser utilizados de forma hexagonais, octogonais ou outras; esses são mais utilizados de uma forma estética (TSUTIYA, 2006).

2.2.9 Distribuição

De acordo com Tsutiya (2006), as redes de distribuição de água são as partes do sistema de abastecimento formados por tubulações e órgãos acessórios, destinados a distribuir água potável aos consumidores de forma contínua com boa quantidade, qualidade e pressões. É o componente de maior custo do sistema de abastecimento, são obras enterradas sob as vias públicas que merecem muita atenção em aspecto de qualidade da água e as perdas de água. Essas redes são constituídas de dois tipos de canalizações, a principal denominada de

canalização mestra, por se tratar de tubulações de maior diâmetro que irão atender as tubulações secundárias; e as secundárias, que são as tubulações de menor diâmetro com função de abastecer os pontos de consumo do sistema de abastecimento de água.

2.3 Parâmetros de qualidade da água

2.3.1 Cor

De acordo com Richter e Azevedo Neto (1991), a água pura é virtualmente ausente de cor. Normalmente a cor na água é devido a ácidos húmicos e tanino, originados de decomposição de vegetais que não oferece risco a saúde, mas sua ausência pode fazer com que o consumidor procure fontes de água com aspecto mais agradável e que podem ser perigosos. A combinação de ferro e matéria orgânica podem apresentar cor de elevada intensidade. A cor é muito sensível ao pH, com isso, quanto maior o pH na água, mais intensa será a cor.

Além da cor, a água apresenta uma turbidez adicional, que pode ser removida através de centrifugação, e esse diz-se que a cor é aparente, removendo essa turbidez o resíduo encontrado mede-se como a cor verdadeira, devido a partículas coloidais. Assim sendo, somente a cor pode ser removida da água por coagulação química. Se a cor for extremamente elevada, poderá ser removida através do processo de oxidação química utilizando-se cloro, por exemplo, evitando seu uso na pré-cloração para a prevenção da formação de trihalometanos (RICHTER e AZEVEDO NETO, 1991).

2.3.2 Turbidez

A turbidez é uma propriedade ótica, decorrente da presença de partículas em suspensão variando seus tamanhos desde suspensões grosseiras até o estado coloidal. A natureza dessas partículas variam entre argila e silte, matéria orgânica, material de esgotos domésticos ou industrial, bactérias, algas e outros microrganismos e até bolhas de ar (RICHTER, 2009). Segundo a Portaria de Consolidação nº5, a filtração direta ou de tratamento completo deve atender o valor máximo permitido em 95% das amostras 0,5 Ut.

2.3.3 pH

O pH é expresso pela intensidade de uma condição ácida ou alcalina de uma solução, medindo-se a concentração de íons hidrogênicos ou suas atividades. O pH é importante em cada fase do tratamento de água, sendo referido muitas vezes na coagulação, floculação, desinfecção e no controle da corrosão. De um modo geral, as águas de pH baixo tendem a ser corrosivas ou agressivas a metais e paredes de concreto, enquanto pH alto tendem a formar incrustações (RICHTER e AZEVEDO NETO, 1991). De acordo com a Portaria de Consolidação nº5, o pH da água deve ser mantido na faixa de 6,0 a 9,5.

2.3.4 Cloro

Segundo Richter (2009), o cloro é um dos elementos químicos, capazes de destruir os microrganismos encontrados na água. Por ser um gás venenoso e corrosivo, ele não pode ser usado exageradamente, e de acordo com a Portaria de Consolidação nº 5, do Ministério da Saúde, é obrigatório o uso de no mínimo 0,2 mg/L de cloro residual livre, ou 2 mg/L de cloro residual combinado, ou 0,2 mg/L de dióxido de cloro nas canalizações do sistema de distribuição de água.

2.3.5 Alcalinidade

A alcalinidade é a medida de capacitação da água de neutralizar os ácidos, que constituem bicarbonato, carbonato ou hidróxidos, mede-se a alcalinidade através de uma amostra da água com ácido e determinando o seu hidrogênio. A água, quando destilada, não tem alcalinidade, por isso, é mais fácil mudar o seu pH. A alcalinidade não tem significado sanitário, ao menos que seja devida a hidróxidos ou contribua na quantidade de sólidos totais (RICHTER, 2009).

2.3.6 Dureza

Dureza é uma característica conferida à água pela presença de íons metálicos, principalmente os cálcios, magnésio e de menor grau os ferro e o estrôncio. A dureza é conhecida pela propriedade de impedir a formação de espuma como o sabão.

As águas podem ser classificadas em termo de grau de dureza conforme a Tabela 2, abaixo.

Tabela 2 - Classificação das águas em grau de dureza.

Dureza das Águas	Carbonato de Cálcio (mg/L em CaCO³)
Moles ou brandas	≤ 50
Dureza moderada	50 – 150
Duras	150 – 300
Muito duras	> 300

Fonte: Richter (2009).

2.3.7 Temperatura

Segundo Richter e Azevedo Neto (1991), a temperatura da água é muito importante, porque é por ela que ocorre a aceleração das reações químicas, reduz a solubilidade dos gases, aumenta a sensação de sabor e odor da água, etc.

2.3.8 Sabor e odor

As características do sabor e odor são subjetivas, pois uma depende da outra, os sabores são reconhecidos como: azedo, amargo, doce e salino. As substâncias inorgânicas geralmente produzem sabores e não produzem odores. A água adquire sabor salino a partir de 300 mg/L de cloretos e sabor amargo superiores de 400 mg/L de sulfato. Praticamente todos os odores são reconhecidos na água através das origens orgânicas, e quando se junta o odor e cloro é facilmente perceptível devido a compostos formados pela ação do cloro na matéria orgânica (RICHTER, 2009).

2.3.9 Coliformes totais

Os coliformes totais são bactérias que habitam o intestino dos animais e sua presença indica contaminação das águas por esgotos domésticos, podendo vincular em doenças de transmissão hídrica. Em uma mostra de água são encontradas 100 ml de coliformes, a quantidade mais provável que pode ser encontrada (RICHTER e AZEVEDO NETO, 1991).

Segundo Ratti et al. (2011), os coliformes totais são bactérias que contém bacilos gram-negativos aeróbios ou anaeróbios facultativos que são capazes de crescer na presença de sais biliares ou outros compostos ativos da superfície, e que fermentam a lactose com produção de ácidos. Neste grupo de coliformes encontram-se os seguintes gêneros:

Citrobacter, Enterobacter, Klebsiella e o Escherichia Coli que é o mais encontrado em amostras de água feitas pela ETA.

3 METODOLOGIA

De acordo com o ABHA (2014), o município de Irai de Minas é constituído por um território com uma área de 356,264 Km², com uma altitude de 1.029 m, de clima tropical, com um total de habitantes de 6467 pessoas, integrantes de uma Mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, especificamente na Microrregião de Patrocínio no sudoeste do estado de Minas Gerais. O sistema de abastecimento de água atende cerca de 94% da população Iraiense.

Inicialmente foi realizada uma visita na empresa COPASA, responsável pelo tratamento de água na cidade, com intuito de obter informações a respeito de como funciona a estação de tratamento de água, qual a tecnologia de tratamento utilizada, quantos reservatórios se encontram na cidade e suas respectivas capacidades em armazenamento de água, as quantidades de produtos químicos utilizados e os procedimentos das etapas do tratamento de água.

A empresa também forneceu dados coletados da qualidade da água bruta encontrada no rio Bagagem, a partir dos quais foram realizadas análises para avaliar se a tecnologia de tratamento utilizada é adequada, comparando os parâmetros da água bruta e fazendo associação com o tipo de tecnologia recomendada em bibliografias sobre o tema.

Além dos dados sobre a água bruta, a COPASA também forneceu os parâmetros de qualidade a respeito da água tratada. Foi feita uma análise com estes parâmetros para saber se atendem aos valores exigidos pela Portaria de Consolidação N° 5/2017 do Ministério da Saúde, que estabelece os parâmetros da qualidade da água consumida pela população.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Captação do Manancial no Ribeirão Bagagem

A captação de água para abastecimento ocorre no manancial superficial Ribeirão Bagagem, com uma pequena barragem de nível com altura de 1,12 m e com 10 m de comprimento de soleira, que é composta também por uma tomada de água, dotada de grade e comporta circular, posicionado na lateral da barragem de nível (ABHA, 2014). De acordo com Tsutiya (2006), a barragem de nível é executada para elevar o nível do manancial a uma cota estabelecida, para manter uma submergência para evitar o vórtice da tomada de água. As tomadas de água são conjunto de dispositivos destinados a conduzir a água do manancial, dentro deste existe o gradeamento para impedir a passagem de materiais grosseiros, as caixas de areia e as estações elevatórias. A captação do manancial do Ribeirão Bagagem de Iraí de Minas é mostrado na Figura 2.

Figura 2 - Captação do Manancial do Ribeirão Bagagem.



Fonte: DRZ Geotecnologia e Consultoria (2014).

4.2 Adutoras de Água Bruta e Água Tratada

As adutoras são as canalizações que conduzem a água bruta para as estações de tratamento de água e as adutoras de água tratada que conduzem a água para os reservatórios. As canalizações das adutoras da COPASA são de ferro fundido, com diâmetro de 450 mm, e 35 m de extensão (ABHA, 2014).

4.3 Mistura Rápida

A mistura rápida utilizada é a que promove a dispersão de coagulantes, que são produtos químicos utilizados, como o Sulfato de Alumínio, utilizado para a suspensão coloidal de partículas sólidas. Para a mistura desses coagulantes empregam-se a mistura hidráulica, utilizando a energia hidráulica para dispersão dos coagulantes (RICHTER, 2009). A COPASA utiliza o ressalto hidráulico de calhas Parshall, que tem a finalidade de medir a vazão afluyente, que atualmente aproxima-se de 35.000 m³ de produção mensal, e a mistura rápida trabalha com descarga livre, que é a passagem da corrente de água em condições supercrítica para uma subcrítica causando ressalto, o modelo desse ressalto hidráulico encontra-se na Figura 1 (RICHTER e AZEVEDO NETO, 1991).

4.4 Floculação

A floculação é o processo de juntar partículas coaguladas para a formação de flocos, esse processo promove a remoção da cor e turbidez da água. Nos tanques os pequenos microflocos aglutinam-se formando flocos maiores, essa aglutinação é proveniente das colisões causadas pelo movimento das moléculas, devido a energia térmica e devido ao movimento da água (RICHTER, 2009). Na COPASA utiliza-se os floculadores mecânicos, compostos de paletas paralelas que promovem movimentos giratórios na água, contém 21 tanques de floculação com as capacidades de 3 m³ cada. A Figura 3 exibe uma imagem dos floculadores da COPASA de Iraí de Minas.

Figura 3 - Floculadores da COPASA.



Fonte: Autora (2018).

4.5 Decantação

A decantação é responsável pela remoção de partículas sólidas em suspensão, que utiliza forças gravitacionais para separar as partículas da água, depositando-as na superfície no fundo do tanque (RICHTER e AZEVEDO NETO, 1991). Na COPASA é utilizado o decantador circular, em que a entrada da água limpa se faz pelo centro, dispendo-se em torno desta uma cortina circular, o tanque do decantador tem capacidade de 120 m³ e é mostrado na Figura 4.

Figura 4 - Decantador da COPASA.



Fonte: Autora (2018).

4.6 Filtração

A filtração é uma etapa importante do tratamento, pois evita casos de doenças na população, como a cólera. A filtração é um processo físico-químico e biológico para a separação das impurezas em suspensão na água, por passagem de meio poroso que são compostos, normalmente, por areia e, em seguida pelo antracito, carvão ativado granular, etc. Os tamanhos dos grãos facilitam na remoção dos materiais suspensos e no desempenho hidráulico (RICHTER, 2009). Na COPASA encontram-se os filtros descendentes, as partículas removidas ficam retidas no meio filtrante, sendo assim as impurezas serão distribuídas nas profundidades com objetivo de uma filtração com duração razoável. A lavagem com água ocorre em sentido oposto. Na Companhia de Iraí de Minas tem-se 4 filtros com a capacidade de 10 m³ cada, conforme mostrado na Figura 5.

Figura 5 - Filtros da COPASA.



Fonte: Autora (2018).

4.7 Reservatórios

Os reservatórios tem várias finalidades, como: a regularização da vazão, segurança no abastecimento, reserva da água para incêndio, regularização das pressões, entre outras. Eles podem ser classificados em reservatórios elevados, apoiados, semienterrados e enterrados, e suas formas podem ser circular ou retangular (TSUTIYA, 2006).

De acordo com os dados coletados pela COPASA no município de Iraí de Minas, existem: um reservatório semienterrado com capacidade de 150 m³ (Figura 6), dois reservatórios apoiados (um do lado do outro) com capacidade de 200 m³ cada um (Figura 7), no total 400 m³ e um reservatório elevado com capacidade de 50 m³ (Figura 8).

Figura 6 - Reservatório semienterrado de 150 m³.



Fonte: Autora (2018).

Figura 7 - Reservatórios apoiados de 200 m³ cada.



Fonte: Autora (2018).

Fonte: Autora (2018).

Figura 8 - Reservatório elevado de 50 m³.



Fonte: Autora (2018).

4.8 Análise dos parâmetros de qualidade da água bruta

Com os dados fornecidos pela COPASA foi feita uma comparação com os dados da Tabela 3, que mostra dados de PROSAB (2003), Di Bernardo e Dantas (2005) e Sabogal Paz (2007), publicado por Di Bernardo e Paz (1993), a respeito dos parâmetros de qualidade da água bruta que permitiriam o tratamento simplificado pela tecnologia de filtração direta. Desta forma é possível determinar se o tratamento por ciclo completo é o mais adequado à ETA de Irai de Minas, ou se, pelo menos em parte do ano, é possível utilizar a filtração direta, o que acarretaria em redução de custos de operação e de consumo de produtos químicos.

Tabela 3 - Parâmetros de qualidade da água bruta para aplicação da Filtração Direta.

Parâmetros	PROSAB (2003)	Di Bernardo e Danatas (2005)	Sabogal Paz (2007)
Tipo de FDD	ND	ND	FDDSF
Ferro total (mg/L)	(-)	100% ≤ 10 95% ≤ 5	100% ≤ 10 95% ≤ 5 90% ≤ 2
Manganês total (mg/L)	(-)	100% ≤ 2 95% ≤ 1	100% ≤ 2 95% ≤ 1 90% ≤ 0,5
Turbidez (uT)	100% ≤ 100 95% ≤ 25 90% ≤ 10	100% ≤ 100 95% ≤ 25	100% ≤ 50 95% ≤ 30 90% ≤ 20
Cor verdadeira (uH)	100% ≤ 50 95% ≤ 25 90% ≤ 20	100% ≤ 100 95% ≤ 25	100% ≤ 50 95% ≤ 25 90% ≤ 20
Coliformes totais (NMP/100 ml)	100% ≤ 1000	100% ≤ 2500 95% ≤ 500	100% ≤ 2500 95% ≤ 1500 90% ≤ 1000
Escherichia coli (mg/L)	100% ≤ 500	100% ≤ 500 95% ≤ 100	100% ≤ 1000 95% ≤ 750 90% ≤ 500
Carbônio orgânico total (mg/L)	(-)	100% ≤ 5	(-)
Sólidos suspensos totais (mg/L)	100% ≤ 100 95% ≤ 25	100% ≤ 150 95% ≤ 50	(-)
Densidade de algas (UPA/mL)	500	100% ≤ 1000 95% ≤ 500	(-)
Taxa de filtração (m ³ /m ² d)	200 a 600	200 a 600	200 a 300

Nota: ¹Limites mais elevados podem ser adotados com o emprego da pré-desinfecção; ²As concentrações máximas de turbidez e cor verdadeira não devem ocorrer simultaneamente; ³Valores superiores aos recomendados poderão ser adotados desde que seja comprovada, experimentalmente, a eficiência do sistema por estudos de tratabilidade da água e pesquisas em instalação piloto. Os valores limites máximos (100%) não podem acontecer simultaneamente.

Legenda: FDDSF: filtração direta descendente sem floculação, e sem uso de oxidação, adsorção, pré-desinfecção ou outras técnicas consideradas avançadas; (-) Limite não estabelecido; Valores limites estabelecidos em função da frequência de ocorrência do parâmetro, corresponde a: 90, 95 e 100%; ND: Tipo de tecnologia não indicada.

Fonte: Di Bernardo e Paz (1993).

As Tabelas 4 e 5 apresentam, respectivamente, os dados fornecidos pela COPASA a respeito da cor aparente e da cor verdadeira da água bruta referentes ao ano de 2017.

Tabela 4 - Cor Aparente coletada pela COPASA na água bruta em 2017.

Água Bruta		
Cor Aparente (UH)	Mínimo	Máximo
Janeiro	50	70
Fevereiro	50	80
Março	50	60
Abril	50	60
Maio	40	60
Junho	30	55
Julho	35	80
Agosto	30	40
Setembro	35	55
Outubro	35	60
Novembro	55	90
Dezembro	50	1400

Fonte: COPASA (2018).

Tabela 5 - Cor Verdadeira coletada pela COPASA em 2017.

Água em Tratamento		
Cor Verdadeira (UH)	Mínimo	Máximo
Janeiro	25	35
Fevereiro	25	40
Março	25	30
Abril	25	30
Maio	20	30
Junho	15	27,5
Julho	17,5	40
Agosto	15	20
Setembro	17,5	27,5
Outubro	17,5	30
Novembro	27,5	45
Dezembro	25	700

Fonte: COPASA (2018).

Comparando os dados de água bruta do Ribeirão Bagagem com os apresentados na Tabela 3, percebe-se que no mês de Agosto o valor máximo de cor verdadeira apresentada foi de 20 uH, o que viabilizaria o uso, neste mês, da tecnologia de filtração direta, já que todos os valores estão abaixo de 25 uH.

No período de Novembro até Abril, os valores mínimos de cor verdadeira observados foram superiores a 25 uH, o que inviabilizaria o uso da filtração direta segundo os autores apresentados na Tabela 3, em relação à cor verdadeira.

Para os demais meses do ano, os dados fornecidos não permitem concluir a viabilidade de implantação da filtração direta, uma vez que não se sabe se a maior parte das amostras se encontram mais próximas do valor mínimo, ou do valor máximo.

Na Tabela 6 são mostrados os dados fornecidos pela COPASA a respeito da turbidez encontrada na água bruta.

Tabela 6 - Turbidez coletada pela COPASA na água bruta em 2017.

Água Bruta		
Turbidez (NTU)	Mínimo	Máximo
Janeiro	3,8	
Fevereiro	2,4	6,3
Março	4,17	6,3
Abril	3,57	6,1
Mai	3,2	7,34
Junho	3,61	5,19
Julho	3,6	8,9
Agosto	3,8	6,6
Setembro	1	6
Outubro	4,3	8,6
Novembro	5,17	9,52
Dezembro	4,2	30

Fonte: COPASA (2018).

Comparando a turbidez da água bruta fornecida pela COPASA com a Tabela 3, nos meses de Janeiro a Novembro foram encontrados valores abaixo de 10 uT, que viabilizaria a utilização de uma tecnologia de filtração direta.

No mês de Dezembro percebe-se que houve o registro de um pico máximo incomum, se comparado com os dados do resto do ano, de 30 NTU. Nota-se também que o valor da cor verdadeira da água bruta neste mês específico também está muito acima da média anual, o que, de acordo com a COPASA, se justifica pela grande incidência de chuvas, provocando características diferentes na água bruta, representado na cor verdadeira e na turbidez no Ribeirão Bagagem.

4.9 Análise da viabilidade da Filtração Direta

Avaliando a viabilidade de implantação da filtração direta na ETA de Iraí de Minas, com intuito de reduzir os custos operacionais e de produtos, a falta de dados faz com que não seja possível definir de maneira conclusiva se tal alteração é, de fato, possível, com base apenas nos parâmetros da água bruta.

Se por um lado o parâmetro de turbidez parece indicar que a tecnologia de filtração direta é viável ao longo de todo ano, por outro os valores de cor verdadeira limitam sua aplicabilidade, na melhor das hipóteses, aos meses de maio a outubro e, mesmo nestes meses, uma análise mais criteriosa, levando em conta a totalidade das amostras, seria necessária antes de uma confirmação definitiva.

Além disso, seria necessária uma análise da possibilidade de adaptação física da ETA para operar com a tecnologia proposta, que não faz parte do escopo deste trabalho.

4.10 Análise dos parâmetros de qualidade da água tratada.

Os dados fornecidos pela COPASA referente a água tratada, será comparada com a Portaria de Consolidação nº5/2017 do Ministério da Saúde.

A Tabela 7 mostra os dados fornecidos pela COPASA, referente a cor encontrada na água tratada.

Tabela 7 - Cor da água tratada pela COPASA em 2017.

Água Tratada		
Cor (UH)	Mínimo	Máximo
Janeiro	2,5	2,5
Fevereiro	2,5	2,5
Março	2,5	2,5
Abril	2,5	2,5
Maio	2,5	5
Junho	2,5	2,5
Julho	2,5	2,5
Agosto	2,5	2,5
Setembro	2,5	2,5
Outubro	2,5	2,5
Novembro	2,5	5
Dezembro	2,5	7,5

Fonte: COPASA (2018).

Comparando os dados fornecidos pela empresa com a Portaria nº 5 ao longo de quase todo ano, os valores para a cor verdadeira da água tratada variaram entre 2,5 e 5 uH. Como a Portaria estipula 15 uH como valor máximo permitido para cor verdadeira da água potável, a concessionária está atendendo ao padrão de potabilidade em relação a este parâmetro.

No mês de dezembro ocorreu um pico maior, de 7,5 uH, provavelmente em função da qualidade da água bruta ter ficado fora do habitual em algum momento ao longo deste mês, mesmo assim este valor fica bem abaixo do limite máximo permitido, de forma que mesmo neste mês a água fornecida à população apresentava cor verdadeira adequada, dentro dos padrões de potabilidade.

A Tabela 8 apresenta os dados fornecidos pela COPASA, referente a turbidez na água tratada.

Tabela 8 - Turbidez da água tratada pela COPASA em 2017.

Água Tratada		
Turbidez (NTU)	Mínimo	Máximo
Janeiro	0,32	1,3
Fevereiro	0,36	1,4
Março	0,36	1,9
Abril	0,28	1,8
Maiο	0,33	1,3
Junho	0,34	1,2
Julho	0,4	1,3
Agosto	0,33	1,2
Setembro	0,3	0,95
Outubro	0,31	1,2
Novembro	0,46	1,9
Dezembro	0,45	2

Fonte: COPASA (2018).

Em relação à turbidez da água tratada, a Portaria nº 5 estabelece, em seu anexo 3 do anexo XX, que, a partir de 2011, deveriam ser alcançadas metas progressivas para que, ao fim de 4 anos, 95% das amostras coletadas apresentassem turbidez igual ou inferior a 0,5 uT e, em seu anexo 10 do anexo XX, estipula que o valor máximo permitido para a turbidez em qualquer ponto da rede de distribuição é de 5,0 uT.

Os dados fornecidos pela COPASA são referentes ao ano de 2017, portanto 95% das amostras já deveriam apresentar turbidez igual ou inferior a 0,5 uT. Nota-se, pela Tabela 8, que em todos os meses do ano os valores mínimos ficaram abaixo de 0,5 uT. Por outro lado,

os valores máximos mensais ficaram sempre acima de 0,5 uT. Como os dados fornecidos se limitam a valores mínimos e máximos, não é possível afirmar, só com base nestas informações, se o padrão de potabilidade é plenamente atendido com relação ao parâmetro de turbidez. Para isto, seria necessário obter informações a respeito da totalidade das amostras e o valor de turbidez observado em cada uma delas. Vale ressaltar, porém, que em nenhum caso a turbidez foi superior ao máximo permitido, que é de 5 uT.

Na Tabela 9 apresenta os dados fornecidos pela COPASA, referentes ao pH mínimo da água tratada.

Tabela 9 - pH na água tratada pela COPASA em 2017.

Água Tratada	
pH	Mínimo
Janeiro	9
Fevereiro	9
Março	9
Abril	9
Maiο	9
Junho	8,7
Julho	9,2
Agosto	8,6
Setembro	9
Outubro	9
Novembro	9
Dezembro	9

Fonte: COPASA (2018).

Em relação a este parâmetro, a Portaria n° 5 recomenda que o pH da água no sistema de distribuição seja mantido entre 6 e 9,5. Nota-se que todos os valores mínimos observados estão dentro desta faixa de pH, porém seriam necessários mais dados para saber se o limite máximo está sendo respeitado.

A Tabela 10 apresenta os dados fornecidos pela COPASA, referente à concentração de cloro residual na água tratada.

Tabela 10 - Quantidade de Cloro encontrado na água tratada pela COPASA em 2017.

Água Tratada	
Cloro Residual (MG/L)	Mínimo
Janeiro	2
Fevereiro	2,2
Março	2
Abril	2,1
Mai	1,9
Junho	1,7
Julho	1,9
Agosto	1,9
Setembro	1,9
Outubro	1,7
Novembro	1,8
Dezembro	1,8

Fonte: COPASA (2018).

A Portaria nº 5 determina que em toda a extensão da rede de distribuição deve ser mantida uma concentração mínima de 0,2 mg/L de cloro residual livre, e recomenda que o teor máximo, em qualquer ponto da rede de abastecimento, seja de 2,0 mg/L, embora o valor máximo permitido seja de 5,0 mg/L.

A Tabela 10 mostra que todos valores mínimos observados na saída da estação de tratamento para a concentração de cloro residual livre estão próximos, ou um pouco acima do valor máximo recomendado pela Portaria. Isto pode sugerir que talvez seja possível reduzir um pouco a quantidade de cloro utilizado na etapa de desinfecção, desde que isso não faça com que a concentração do produto nos pontos mais distantes da rede fiquem abaixo de 0,2 mg/L.

De qualquer forma, é importante ressaltar que os valores de cloro residual livre observados estão muito distantes do valor máximo permitido, que é de 5,0 mg/L, estando, desta forma, dentro do limite de potabilidade.

Na Tabela 11 são mostrados os dados fornecidos pela COPASA, referente à quantidade de flúor na água tratada.

Tabela 11 - Quantidade de Flúor encontrado na água tratada pela COPASA em 2017.

Água Tratada	
Íons Flúor (MG/L)	Mínimo
Janeiro	0,89
Fevereiro	0,9
Março	0,9
Abril	0,91
Maiο	0,9
Junho	0,88
Julho	0,99
Agosto	0,97
Setembro	0,96
Outubro	0,95
Novembro	0,95
Dezembro	1

Fonte: COPASA (2018).

Os valores mínimos observados para a concentração de flúor na água tratada estão, em todos os meses, abaixo do valor máximo permitido pela Portaria nº 5, que é de 1,5 mg/L, atendendo, desta forma, o padrão de potabilidade.

4.11 Qualidade da água distribuída para população

Analisando os dados da água tratada da ETA de Iraí de Minas é possível perceber que os parâmetros de cor e flúor, atendem com alguma segurança aos padrões de potabilidade, já que, de acordo com os dados fornecidos, esses parâmetros não ultrapassam os valores exigidos pela Portaria nº 5.

Os dados fornecidos pela concessionária indicam que os valores de pH também atendem os padrões de potabilidade, mas seriam necessários mais dados para garantir que os limites máximos estão sendo respeitados.

Enquanto isso, os parâmetros de turbidez e cloro precisam de atenção, já que seus valores máximos observados ultrapassam os recomendados pela Portaria nº 5, mesmo que se encontrem dentro dos limites do padrão de potabilidade. Dados referentes à totalidade das amostras seriam necessários para garantir que a Portaria está sendo rigorosamente respeitada em relação à qualidade destes parâmetros da água tratada.

Em relação à turbidez, vale ressaltar que, a partir de 2011, foi estabelecido uma meta progressiva para redução deste parâmetro, e muitas ETAs, em especial as de municípios

menos populosos, têm encontrado dificuldade de readequar seus sistemas para atender a estes novos limites.

As análises bacteriológicas, como os coliformes totais, coliformes fecais e de *Escherichia coli* são realizadas todo mês, sendo acompanhada toda semana, e as análises no Ribeirão Bagagem de metais e venenos são realizadas de 6 em 6 meses (COPASA, 2018).

5 CONCLUSÃO

A água é muito importante para todos os seres vivos, e para ser consumida pelos seres humanos deve atender a uma série de requisitos mínimos que atestam que esta água está livre de agentes nocivos à saúde. Estes requisitos são chamados de padrões de potabilidade e, no Brasil, são estabelecidos pela Portaria de Consolidação nº 5, de 2017, do Ministério da Saúde.

Em Iraí de Minas, a responsabilidade do fornecimento de água potável à população é da concessionária COPASA, que capta a água do Ribeirão Bagagem e a conduz ao processo de tratamento, antes de distribuí-las às redes de distribuição e, por fim, às residências das pessoas.

A ETA de Iraí de Minas opera com a tecnologia de ciclo completo, em que a água passa por etapas de coagulação, responsável pela desestabilização das partículas coloidais, floculação, onde os flocos se aglutinam, aumentando de tamanho, decantação, etapa em que os flocos formados anteriormente se sedimentam, filtração, que tem função de reter em leito filtrante as partículas não removidas nos decantadores, e desinfecção, para eliminar microrganismos presentes na água.

Dependendo da qualidade da água bruta, é possível realizar o tratamento de água de forma simplificada, utilizando a tecnologia de filtração direta, reduzindo custos de produtos e operação. Foi avaliada a aplicabilidade desta tecnologia na ETA de Iraí de Minas e, em função da alta variação da qualidade da água bruta ao longo do ano e principalmente pelos valores de cor verdadeira observados, esta opção não parece viável, porém um número maior de dados amostrais a respeito da água do Ribeirão Bagagem deve ser analisado para confirmar que a filtração direta é inviável mesmo nos tempos de seca, entre os meses de maio e outubro.

A qualidade da água tratada fornecida à população também foi avaliada e, de maneira geral, os limites dos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria nº5 são atendidos, embora na saída do tratamento a concentração de cloro esteja um pouco acima do recomendado e sejam necessários mais dados a respeito da turbidez para concluir se a meta de redução progressiva dos valores deste parâmetro tenha sido atingida pela tecnologia de tratamento atualmente utilizada na ETA.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO MULTISSETORIAL DE USUÁRIOS DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ARAGUAIA – ABHA. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Iraí de Minas, diagnóstico técnico participativo**. Iraí de Minas, 2014. Disponível em: <https://www.agenciaabha.com.br/uploads/2_biblioteca/2_acervo_tecnico/planos_municipais_de_saneamento_basico/irai_de_minas/diagnostico_tecnico_participativo.pdf>. Acesso em: 03 jul. 2018.
- CENTRO DE PRODUÇÕES TÉCNICAS - CPT. **Água fonte de vida**. Viçosa - MG, 2004.
- COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS – COPASA. Disponível em: <www.copasa.com.br>. Acesso em 23 de jul. de 2018.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA n° 357, de 17 de março de 2005. **Ministério do Meio Ambiente**. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 11 maio. 2018.
- DI BERNARDO, L. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. Rio de Janeiro: Editora ABES, 1993.
- DI BERNARDO, L; PAZ, L. **Seleção de tecnologias de tratamento de água**. São Carlos: Editora LDiBe. 2008.
- DRZ GEOTECNOLOGIA E CONSULTORIA. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Iraí de Minas, diagnóstico técnico participativo**. Iraí de Minas, 2014. Disponível em: <https://www.agenciaabha.com.br/uploads/2_biblioteca/2_acervo_tecnico/planos_municipais_de_saneamento_basico/irai_de_minas/diagnostico_tecnico_participativo.pdf>. Acesso em: 03 jul. 2018.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Cidades**, 2010.
- PORTARIA DE CONSOLIDAÇÃO n° 5, 03 de outubro de 2017. **ANEXO XX – Do controle e da vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**. Ministério da Saúde. Brasil.
- PROGRMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO - PROSAB. **Filtração direta aplicada a pequenas comunidades**. São Carlos: Editora ABES, 2003.
- RATTI, B. A. et al. **Pesquisa de coliformes totais e fecais em amostras de água coletadas no bairro zona sete, na cidade de Maringá-PR**. Maringá: Editora CESUMAR, 2011.
- RICHTER, C. A. **Água: métodos e tecnologia de tratamento**. São Paulo: Editora Edgar Blucher Ltda, 2009.
- RICHTER, C. A.; AZEVEDO NETO, J. M. **Tratamento de água: tecnologia atualizada**. São Paulo: Editora Edgar Blucher Ltda, 1991.

SALVADOR, M.; GUABIROBA, F.; CARNEIRO, M. **Dimensionamento de estação de tratamento de água com vazão média de 180m³/s**. 2010. 17 f. Disponível em:<<https://docslide.com.br/documents/dimensionamentoeta180l.html>>. Acesso em: 25 maio 2018.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água**. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária de Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014.