

**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE MATO GROSSO
CAMPUS PRIMAVERA DO LESTE
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA**

RENAN RODRIGUES PADILHA

O tratamento físico-químico de água na cidade de Primavera do Leste/MT: comparação
entre as estações Boa Esperança e Traíras

Primavera do Leste/MT
2021

RENAN RODRIGUES PADILHA

O tratamento físico-químico de água na cidade de Primavera do Leste/MT: comparação entre as estações Boa Esperança e Traíras

Trabalho de Conclusão de Curso de Licenciatura Química, na modalidade artigo científico, apresentado na Instituição Federal de Matogrosso de Primavera do Leste-MT como requisito parcial para conclusão do Curso de Licenciatura em Química.

Orientador: Professor Renato Emanuel Silva.

Coorientadora: Professora Renata Sobre Silva

Avaliador 1: Professor Douglas Gonçalves Sete

Avaliador 2: Professor Francisco Xavier de Campos

**O tratamento físico-químico de água na cidade de Primavera do Leste/MT:
comparação entre as estações Boa Esperança e Traíras**

The physical-chemical treatment of water in the city of Primavera do Leste/MT:
comparison between the Boa Esperança and Traíras stations

El tratamiento físico-químico del agua en la ciudad de Primavera do Leste / MT:
comparación entre las estaciones de Boa Esperança y Traíras

Renan Rodrigues Padilha

Graduando em Licenciatura em Química – IFMT/PDL

rodriguez060796@gmail.com

Resumo: A água é o recurso fundamental para o desenvolvimento da vida e sua escassez quantitativa e qualitativa deveria ser o alerta definitivo para as mudanças comportamentais da humanidade. Contudo, mesmo com bilhões de pessoas ameaçadas o uso do recurso ainda é realizado de forma irresponsável, sendo graves os casos de consumo exagerado e contaminação das águas. No Brasil o tratamento de água é balizado por uma série de resoluções e metodologias que definem o padrão de potabilidade para consumo. Nesse processo é muito importante a atuação de profissionais ligados a química que desenvolvem sua atuação desde o tratamento da água até, na licenciatura, na conscientização da necessidade deste tratamento. Sendo objetivo deste estudo verificar se os procedimentos de tratamento da água, especialmente sobre as variáveis Turbidez, Cor e pH, alcançam os mesmos resultados nas águas fornecidas para consumo na cidade de Primavera do Leste/MT, a partir das estações Boa Esperança e Traíras. Os resultados revelam que as duas estações alcançam índices semelhantes e dentro da legislação, garantindo o fornecimento de água com qualidade aos habitantes da cidade. Estes dados indicam ainda que os esforços metodológicos para o tratamento físico/químico da água são bem-sucedidos se conduzidos com cuidado e bom monitoramento. Futuros estudos podem desdobrar ainda mais essa pesquisa, indicando outras discussões sobre a qualidade da água a partir das realidades ambientais e de tratamento da mesma.

Palavras-chave: ETA; turbidez; reservatórios; análise química

Abstract: Water is the fundamental resource for the development of life and its quantitative and qualitative scarcity It should be the definitive warning for the behavioral changes of humanity. However, even with billions of people threatened, the use of the resource is still carried out irresponsibly, with serious cases of excessive consumption and water contamination. In Brazil, water treatment is guided by a series of resolutions and methodologies that define the standard of potability for consumption. In this process, the role of professionals linked to chemistry is very important, as they develop their activities from water treatment to, during their graduation, awareness of the need for this treatment. The objective of this study is to verify whether the water treatment procedures, especially on the variables Turbidity, Color and pH, achieve the same results in the sources of consumption in the city of Primavera do Leste / MT, from the stations Boa Esperança and Traíras . The results reveal that the two stations reach similar rates and within the legislation, guaranteeing the supply of quality water to the city's inhabitants.

These data also indicate that the methodological efforts for the physical / chemical treatment of water are successful if carried out with care and good monitoring. Future studies may further develop this research, stating other attributions about water quality based on the environmental and treatment realities of the same.

Keywords: ETA; turbidity; reservoirs; chemical analysis

Resumen: El agua es un recurso fundamental para el desarrollo de la vida y su escasez cuantitativa y cualitativa debe ser la advertencia definitiva de los cambios de comportamiento humano. Sin embargo, incluso con miles de millones de personas amenazadas, el uso del recurso se sigue realizando de manera irresponsable, con casos graves de consumo excesivo y contaminación del agua. En Brasil, el tratamiento del agua se rige por una serie de resoluciones y metodologías que definen el estándar de potabilidad para el consumo. En este proceso, el papel de los profesionales vinculados a la química es muy importante, desarrollando sus actividades desde el tratamiento del agua hasta, durante su graduación, la conciencia de la necesidad de este tratamiento. El objetivo de este estudio es verificar si los procedimientos de tratamiento del agua, especialmente en las variables Turbidez, Color y pH, alcanzan los mismos resultados en el agua suministrada para consumo en la ciudad de Primavera do Leste / MT, de la Boa Esperança y Traíras. estaciones. Los resultados revelan que las dos estaciones alcanzan tarifas similares y dentro de la legislación, garantizando el suministro de agua de calidad a los habitantes de la ciudad. Estos datos también indican que los esfuerzos metodológicos para el tratamiento físico-químico del agua son exitosos si se llevan a cabo con cuidado y buen seguimiento. Los estudios futuros pueden desarrollar aún más esta investigación, lo que indica más discusiones sobre la calidad del agua en función de sus realidades ambientales y de tratamiento.

Palabras llave: ETA; turbiedad; embalses; análisis químico

1. Introdução

A água é fundamental para a existência da vida, praticamente presente em todos os seus ciclos (TUNDISI E TUNDISI 2011). Sendo essencial como recurso, habitat e meio para a formação de componentes bioquímicos dos seres vivos (SILVA, 2018). Do ponto de vista químico a água apresenta molécula H_2O com raio de $1,38 \text{ \AA}$, pouco maior que o do oxigênio ($1,35 \text{ \AA}$). Sua formação ocorre com os dois átomos de hidrogênio em um ângulo de 105° , sendo uma molécula dipolar as forças de coesão são muito maiores que as de outros líquidos. A natureza dipolar das moléculas confere à água uma constante dielétrica elevada de 78,25 a $T = 25^\circ C$, conforme Matthes (1982), portanto possui uma grande atividade como solvente dos compostos iônicos. É grande o número de substâncias que a água pode dissolver. (SZIKSZAY, 1993), como ácidos, sólidos iônicos, gases, açúcares, proteínas, minerais, vitaminas, aminoácidos, sais minerais.

Na espécie humana a água representa 70% do corpo humano e é fundamental para o desenvolvimento humano, social e econômico. Tomando o ponto de vista socioeconômico, a água, além do papel básico para sobrevivência humana, também é necessária para a produção agrícola, criação de animais, como espaço para pesca, geração de energia, turismo, diversão entre outros desdobramentos (ALLAN SILVA, 2019).

Desta maneira, a água se torna ponto de partida de uma série de estratégias de apropriação dos espaços e foco de disputas territoriais e econômicas (PAGNOCCHESCHI, 2016). Esta concepção encara, portanto, a água como elemento representativo de valores culturais e sociais e até como fator de produção de vários bens de consumo final e intermediário. Pensando nas diversas formas de apropriação, com o consumo cada vez mais elevado a nível mundial, a escassez de água potável é uma realidade contundente. É enorme o número de pessoas sem acesso a este recurso (na condição potável ou não), segundo a ONU são 4,2 bilhões sem saneamento básico, muito das vezes por questões relacionadas à desigualdade social, desinteresse político, mudanças climáticas e outras questões ambientais, conflituosas e econômicas.

Com o avanço de mudanças climáticas, provocadas pela ação humana na apropriação dos territórios cada vez mais desconectada da preservação ambiental, se elevam as ameaçadas pela falta de água (SILVA, 2014). Dentre essas áreas, as cidades são sem sombra de dúvidas os espaços complexos e delicados para o fornecimento de água em condições para consumo. Sendo um desafio estabelecer as fontes de águas para serem coletadas para o tratamento e distribuição (BRITO e REZENDE, 2017).

Existe ainda a preocupação com fontes de águas comprometidas por ações humanas, como contaminações por poluentes biológicos, térmicos, sedimentares, químicos e radioativos, muitas das vezes com impossibilidade de serem tratadas (PEIXOTO e CAVALCANTE, 2019). Neste caso o impacto é humano e também ecossistêmico com repercussões gravíssimas ao desenvolvimento e manutenção da vida. De acordo a Organização das Nações Unidas a falta de água potável é responsável por 80% das mortes em países pobres (ONU, 2020).

Fica evidente a importância do saneamento básico que incide na saúde, qualidade de vida e no desenvolvimento da sociedade como um todo. O contato com esgoto e o consumo de água sem tratamento estão ligadas às altas taxas de mortalidade, inclusive no Brasil. Sendo objetivo do presente estudo verificar se os procedimentos de tratamento da água,

sobre as variáveis Turbidez, Cor e pH, alcançam os mesmos resultados nas estações Boa Esperança e Traíras em Primavera do Leste/MT.

O saneamento básico tem alcance complexo, ele interfere desde na saúde, passando pela valorização dos espaços urbanos e chega à educação da população, melhorando a qualidade de vida das pessoas, na expansão do turismo e despoluição dos rios. Desta forma pesquisas como esta, com base na discussão química, tem o papel fundamental de revelar o quadro de fornecimento hídrico para as populações, apontando as vantagens dos processos e possíveis demandas para investimentos futuros.

2. Metodologia

2.1 Caracterização das estações de tratamento

A captação da água é realizada em represas formadas pelos barramentos em dois, sendo o barrament do córrego Traíras localizado em 15°33'02,50" Sul e 54°18'52,95" Oeste e do córrego Boa Esperança em 15°31'48,15" sul e 54°18'35,03" Oeste. As ETA's estão localizadas na Av: Cuiabá Nº 3825, bairro Primavera II. Após serem captados dos córregos os volumes são bombeados para as Estações de Tratamento de Água ETA Boa Esperança e ETA Traíras – Ambas possuem tratamento por ciclo completo (convencional).

Em sua condução a água é direcionada para as calhas Parshall das ETA's para verificação da vazão. Em seguida são adicionados produtos químicos como a cal, quando necessário usado na correção do pH. Também é adicionado o Policloreto de Alumínio($Al_n(OH)_mCl_{3n-m}$) para que ocorra a aglutinação das partículas. Nessa etapa a água passa pelos primeiros tanques flocluladores, responsáveis pelo processo químico e físico homônimo.

A próxima etapa é definida como separação, onde a água é enviada para os decantadores, local onde os flocos decantarão (sendo depositados ao fundo). Nesse processo as águas superficiais, livres de partículas maiores, é direcionada para os filtros, processo que inclui a passagem pelos minerais filtrantes carvão, areia, pedregulhos. Finalmente, após a filtragem, serão adicionados o Ácido Fluorsilícico (H_2SiF_6) e o Hipoclorito de Sódio (NaClO) para então serem distribuídos para a população a partir do reservatório presente na unidade. Cada uma dessas etapas foi monitorada para turbidez, cor e pH conforme descrição a seguir.

2.2 Obtenção de dados

As obtenções das amostras analisadas foram realizadas de Abril de 2020 a Abril de 2021, respeitando o ano climato-hidrológico que inclui duas estações climáticas bem definidas (verões quentes e chuvoso e invernos amenos e secos). As informações da série histórica de precipitação foram reunidas a partir do ClimaData, disponível em: <https://pt.climate-data.org/>. Os dados coletados (turbidez, cor e pH) foram os mesmos definidos na obtenção de parâmetros de qualidade da empresa Águas de Primavera. Estas coletas foram realizadas nas suas fases de tratamento denominadas Bruta, Decantada, Filtrada e Tratada. Também foram obtidos dados relativos aos produtos químicos utilizados no processo de tratamento destas águas, responsáveis por severas alterações nos índices de qualidade da água.

Para as análises foram realizadas coletas (quinzenais, e nos mesmos horários) em diferentes etapas do processo, desde a entrada da água na ETA, passando por fases do tratamento até reservatório final (água bruta, decantada, filtrada e tratada), antes da água ser distribuída aos consumidores. Os aparelhos utilizados foram o Turbidímetro-Digimed, AquaColor Cor – Policontrol, Medidor pH/temp bolso Pocket Pro, Colorímetro D300 Cloro, Colorímetro Pocket II Fluor. Foram também utilizados os Reagente SPADNS para o flúor e o reagente Microquant Cloro Livre para o cloro.

Para a Turbidez as amostras foram colocadas em Erlenmeyer e posteriormente transferidas para Cubetas (10 mL) com análise no aparelho Turbidímetro- Digimed. O mesmo procedimento se deu para obtenção do parâmetro relativo à cor, sendo usado agora o aparelho AquaColor Cor – Policontrol, tendo sido usado o aparelho Medidor pH/temp bolso Pocket Pro para a obtenção do pH.

Já o Cloro foi obtido seguindo esses procedimentos: a partir da inclusão do reagente Microquant Cloro Livre, adicionado uma gota de Cl2-1 e duas gotas de Cl2-2 na cubeta amostral, e uso do aparelho Colorímetro D300 Cloro. Para o flúor, a cubeta recebeu 2 mL do reagente SPANDS, levada ao Colorímetro Pocket II Flúor. Todos os dados obtidos nesses processos foram organizados em planilhas para tratamentos estatísticos e gráficos.

3. Resultados e discussões

3.1 Fases da captação e tratamento de água.

As águas indicadas para consumo humano precisam ser livres de partículas e para isso torna-se necessário que ela passe por processos de tratamento e desinfecção, realizados nas ETAs (Estações de Tratamento de Água), antes da distribuição a população (RICHTER, 2005 e DI BERNARDO, 2002). As etapas desenvolvidas ao longo do tratamento de água são floculação, decantação, filtração, cloração e fluoretação. Cada uma das etapas é descrita a seguir:

- Coagulação química, representada nas figuras 1 A e B: Um dos primeiros passos no processo de tratamento, ocorre na entrada de água bruta na Estação de Tratamento de Água – ETA (CARVALHO, 2008). Também chamada de mistura rápida, é um processo físico-químico que consiste na utilização de produtos químicos, chamados de coagulantes, para unir as partículas coloidais nas calhas Parshall das ETA's. Após a adição das partículas ocorrerá à desestabilização que leva a coagulação de duas formas: por desestabilização ou arraste. Geralmente as partículas coloidais possuem carga iônica negativa, já os coagulantes tendem a apresentar carga positiva, isso acaba por atrair as partículas gerando uma forte ligação entre elas. Neste caso ocorrem as chamadas neutralização e troca de cargas elétricas, sendo este um importante fenômeno químico no processo de tratamento da água.

O arrasto, processo físico, ocorre quando a união das partículas coloidais desestabilizadas, na etapa anterior, forma malhas de dimensões de (0,1 mm (100 μ m) segundo (RICHTER, 2007). Como resultados, ocorre a retenção de partículas coloidais ao longo do processo. Outras temáticas relevantes no processo são aquelas relativas ao pH e a alcalinidade. Conforme visto em Constantino e Yamamura (2009) o coagulante funciona muito bem em uma faixa de pH entre 5,0 a 10. Contudo, o trabalho prático nas Águas de Primavera permitiu observar que a faixa entre 6,0 e 8,0 é aquela com os melhores resultados para o funcionamento do coagulante. O que ocorre é que o coagulante também atua como um ácido, isso faz com que ocorra a diminuição do pH do meio a ponto de tornar o processo totalmente ineficiente. Para que isso não ocorra, portanto, se adiciona a cal Ca(OH)_2 para correção do pH, dessa forma a adição do coagulante (gerador de acidez) é neutralizada pela cal (que eleva o índice em direção a alcalinidade).

Figura 1 Calha Parshall (A) Traíras (B) Boa esperança



Fonte: Águas de Primavera

- Floculação, representada nas figuras 2 A e B: Também conhecida como mistura lenta, acontece à diminuição na velocidade de agitação da água nos tanques para que os flocos que estão começando a se formar choquem e fiquem cada vez maiores. A velocidade da água vai decrescendo ao longo do processo dos flocladores, isso porque os flocos vão crescendo até um ponto crítico, em que a velocidade da água pode fazer com que eles se rompam e voltem a ser de tamanhos menores, esta é uma das características mais interessantes do processo de floculação (velocidade maior no começo e menor no final). As ETA's possuem flocladores que aproveitam a energia hidráulica para realizar a floculação, fazendo a água passar por obstáculos que promoverão o seu contato com a superfície. Este agitação leva as partículas a se encontrarem umas com as outras, se aglutinando e crescendo. Vantagem deste tipo de floclador é que não depende de energia elétrica e a desvantagem é que é um sistema muito rígido, então qualquer mudança que for incrementada com relação ao gradiente de velocidade ou ao tempo de detenção hidráulica somente será possível com alterações nas vazões. A coagulação e a floculação são processos físico-químicos usados para agregarem coloides e partículas dissolvidas em flocos maiores, que podem ser facilmente sedimentados por gravidade e em seguida removidos (KAWAMURA, 1996; LICSKÓ, 1997).

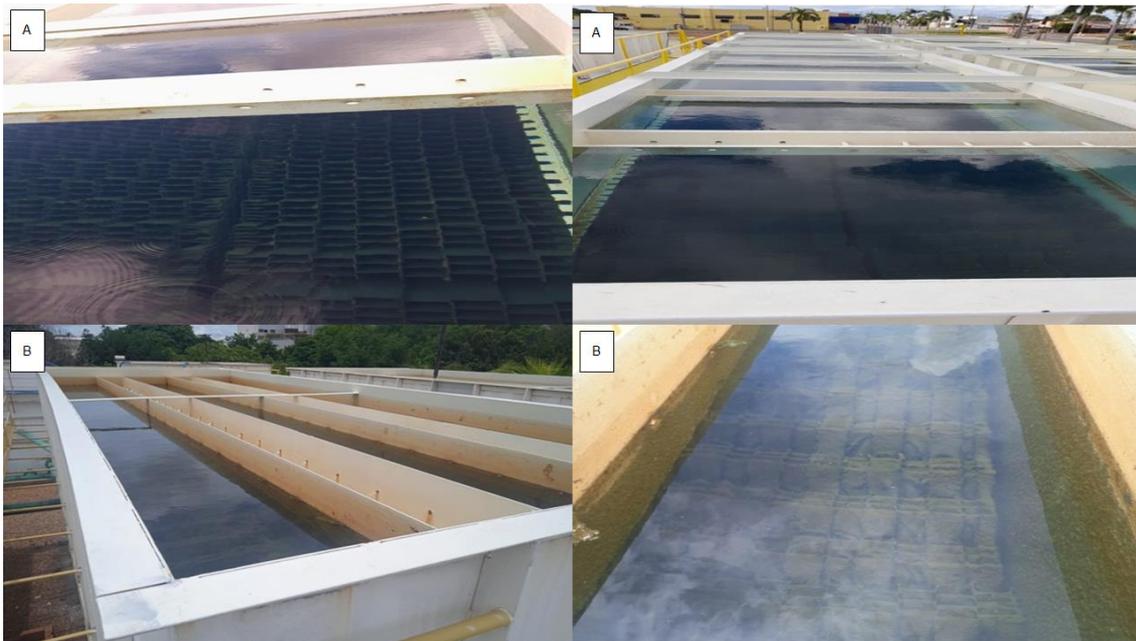
Figura 2 Floculadores Traíras (A) Boa esperança (B) Floculação(C)



Fonte: Águas de Primavera

- Decantação, representada nas figuras 3 A e B: A sedimentação é um processo físico que separa partículas sólidas em suspensão da água, e é um dos mais comuns no tratamento da água (RICHTER, 2007). Os decantadores são tanques onde se procura evitar ao máximo a turbulência, sendo um processo dinâmico de separação de partículas sólidas suspensas na água que tenderão a ir para o fundo. Esse é um fenômeno físico no qual as partículas suspensas apresentam movimento descendente em meio líquido, em decorrência da ação da gravidade. Sendo assim, propicia a clarificação da água (DI BERNARDO e DANTAS, 2005). Os tanques podem ser decantadores de alta taxa ou clássico. Nas ETA's em estudo são utilizados os de alta taxa (tubulares/de placas) por aumentarem a eficiência e não ocuparem tanto espaço como mostra a figura 3 A e B. São tanques colocados dentro dos decantadores com um grau de inclinação entre 50 e 60 graus que facilita a deposição dos flocos. A água chega por bocais, na parte inferior dos decantadores alinhados para que não ocorra uma movimentação brusca e os flocos decantem e fiquem nas placas dos decantadores. Após a água quase toda clarificada seguirão o fluxo para os vertedouros que se encontram na lamina d' água. Os fundos dos decantadores são propositalmente inclinados para facilitar a retirada do lodo, que se junta periodicamente.

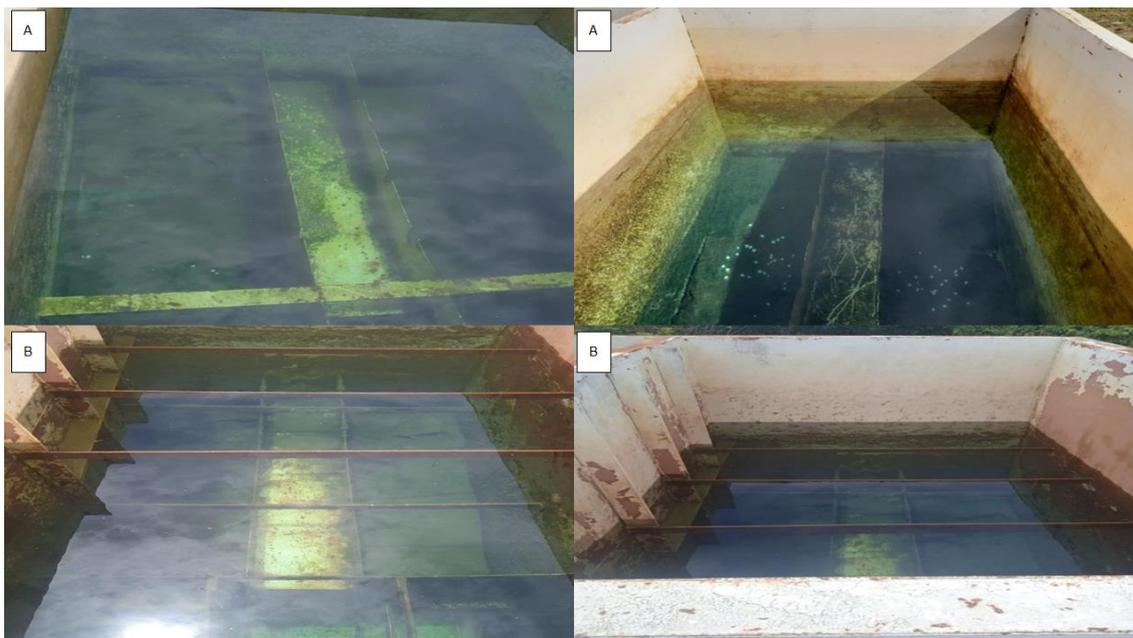
Figura 3 Decantadores Traíras (A) Boa esperança (B)



Fonte: Águas de Primavera

- Filtração, representada nas figuras 4 A e B: É um processo físico por onde a água será forçada a passar por uma série de minerais que farão as impurezas ficarem retidas. A filtração numa estação de tratamento de água remove, da água em tratamento, as partículas em suspensão que não foram retidas na decantação. Juntamente com essas partículas, a filtração remove também os microrganismos que a elas estiverem associados (VIANNA, 1992). A remoção de partículas em suspensão na água ocorre devido à aderência desses grãos de areia, sob influência de forças moleculares de adesão. Os meios filtrantes são constituídos de pedra, areia e carvão, este último é responsável por remover gosto e odor da água. A pedra e a areia são responsáveis por reter as outras impurezas da água, as camadas são dispostas (de cima para baixo) em ordem crescente de densidade, o tamanho dos grãos (granulometria) faz com que a filtragem seja mais rápida. O tamanho dos grãos e do vazio entre os grãos (poros) tem grande influência na remoção de matéria em suspensão pelo filtro e no seu desempenho hidráulico (RICHTER, 2007). Os filtros são periodicamente lavados para evitar o acúmulo de partículas que dificultam o processo de filtragem. A água da lavagem dos filtros é redirecionada para o início do tratamento minimizando impactos ao meio ambiente.

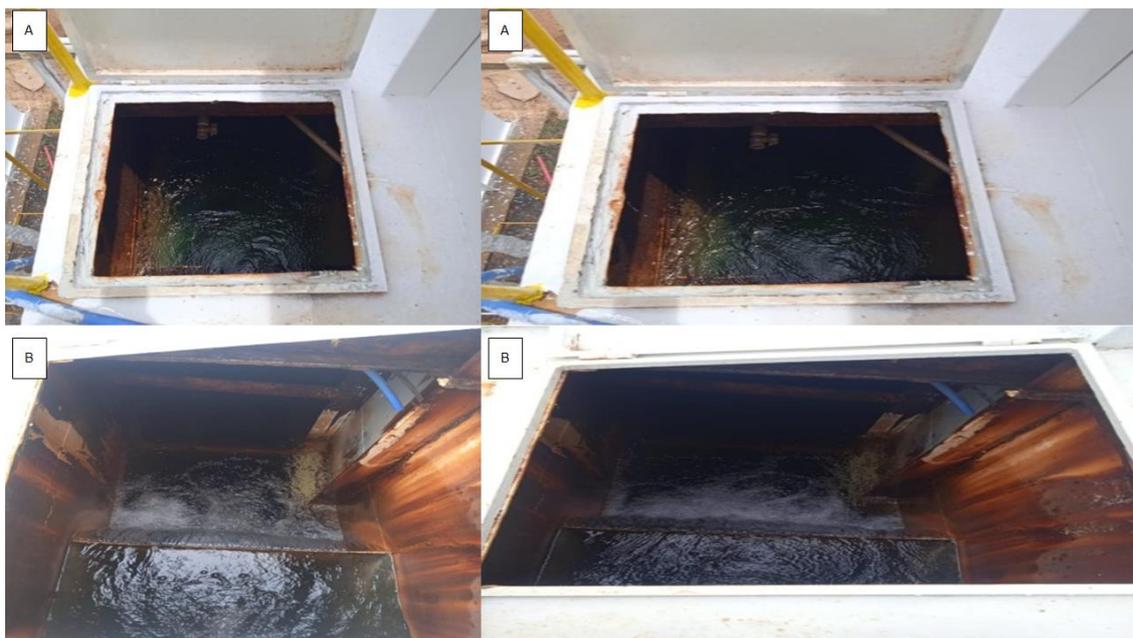
Figura 4 Filtros Traíras (A) Boa esperança (B)



Fonte: Águas de Primavera

- CLORAÇÃO E FLUORETAÇÃO, representados nas figuras 5 A e B. A cloração final visa garantir total desinfecção e qualidade biológica da água a ser distribuída. Após ser submetida aos processos que visam à clarificação final da água, que culminou com a filtração, é necessário que se promova a desinfecção da mesma para a eliminação final de microrganismos capazes de transmissão de doenças (CAMPOS et al., 1999). A fluoretação é a adição de flúor na água, é utilizado para prevenção da cárie dentária e contribui para fortalecer a constituição mineral dos dentes é uma tecnologia de Saúde Pública, empregada desde 1945. De acordo com Portaria GM/MS Nº 888 de 2021 vigente do Ministério da Saúde o valor máximo permissível é de 1,5 mg/L.

Figura 5 Câmara de Contato Traíra (A) Boa esperança (B)



Fonte: Águas de Primavera

3.2 Características climáticas e ambientais

Entre os fatores que mais influenciam na dinâmica de fornecimento de água está a precipitação. A quantidade de chuvas ao longo do ano hidrológico é responsável pela recarga dos lençóis freáticos, que alimentam as nascentes dos corpos hídricos que abastecem os reservatórios da cidade. A figura 6 apresenta justamente a dinâmica pluviométrica da região de Primavera do Leste/MT.

Figura 6: Média pluviometria e temperatura para Primavera do Leste- MT



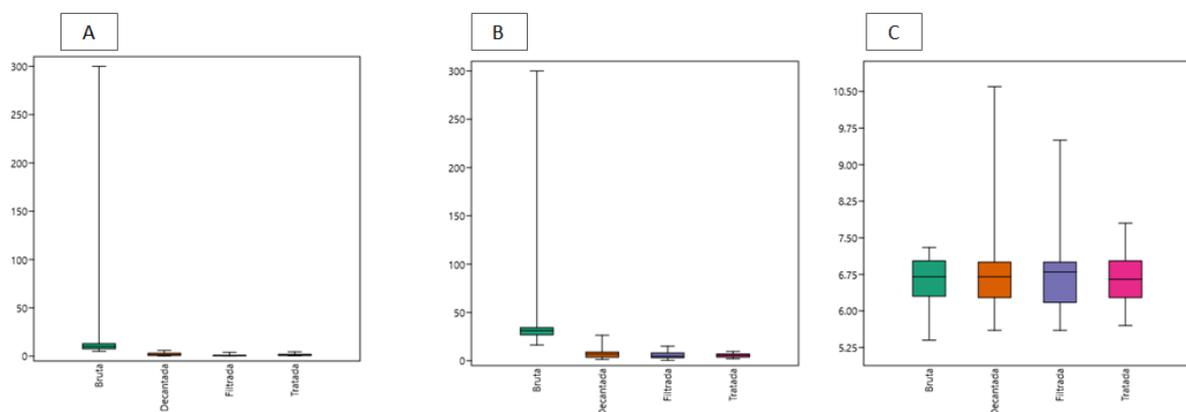
Fonte: ClimateData.

No gráfico disposto na figura 6 é possível observar que existe duas estações bem definidas, os verões são mais quentes e chuvosos e vão de outubro a março e os invernos, com temperaturas mais amenas e poucas chuvas, de abril a setembro. O regime de chuva repercute na qualidade da água, seja na estação chuvosa com maiores índices de vazão e de transporte de materiais, alterando cor, turbidez e pH, seja na estação seca, quando as baixas vazões podem também repercutir nestas variáveis, com destaque para o pH, dada a queda do potencial de depuração pela baixa vazão (TUNDISI e TUNDISI, 2011). Por exemplo, Lima (2001), em pesquisa em um canal fluvial mato-grossense evidenciou que no caso da turbidez os índices tendem a se elevarem consideravelmente durante a estação chuvosa, dada a conectividade entre canais e vertentes.

3.3 Avaliação dos parâmetros Turbidez, Cor e pH

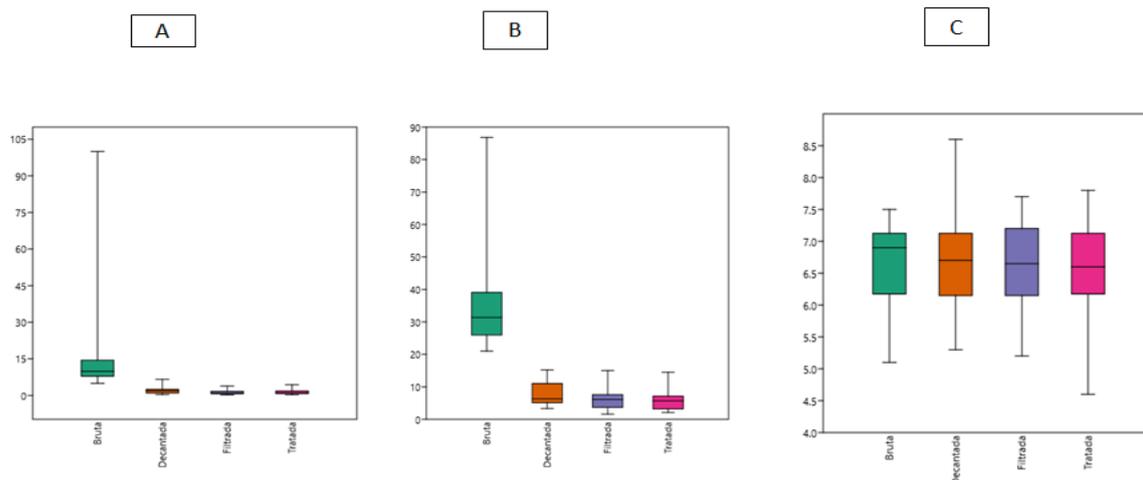
Tendo em vista os dados obtidos para Turbidez, Cor e pH as figuras 7 e 8 apresentam estas variáveis para as estações de Tratamento Boa Esperança e Traíras. A escolha representativa em gráficos Boxplot se deu pela possibilidade de visualizar a posição dos valores máximos e mínimos bem como a distribuição das demais amostras. Note que nas figuras 7A e 8A os valores de entrada (água bruta) são aqueles que mais destoam no processo. Isso é justificado pelas condições naturais dos reservatórios, sendo a Boa Esperança o menor dos dois.

Figura 7: (a) Turbidez (b) Cor e (c) pH para a estação Boa Esperança, dados quinzenais entre Abril de 2020 a Abril 2021.



Fonte: autor

Figura 8: (a) Turbidez (b) Cor e (c) pH para a estação Traíras, dados quinzenais entre Abril de 2020 a Abril 2021.



Fonte: autor

A redução da turbidez cabe principalmente a adição do Policloreto de alumínio (PAC) ($Al_n(OH)_mCl_{3n-m}$) que é o responsável pela aglomeração das partículas presentes na água. Como resultado ocorre a redução e estabilização dos valores de turbidez dentro dos índices aceitáveis, conforme a resolução Portaria GM/MS Nº 888 de 2021, com faixa de valor menor ou igual a 1,0 uT. A água bruta chega com materiais que elevam a turbidez e variação na cor, estas partículas em suspensão, tão pequenas para decantarem por gravidade e tendem por movimento aleatório a adquirir cargas negativas. A adição do PAC, que tem a carga positiva, gera a desestabilização do meio, por afinidade elétrica, ocorrendo à aglutinação das partículas em volta da molécula de alumínio.

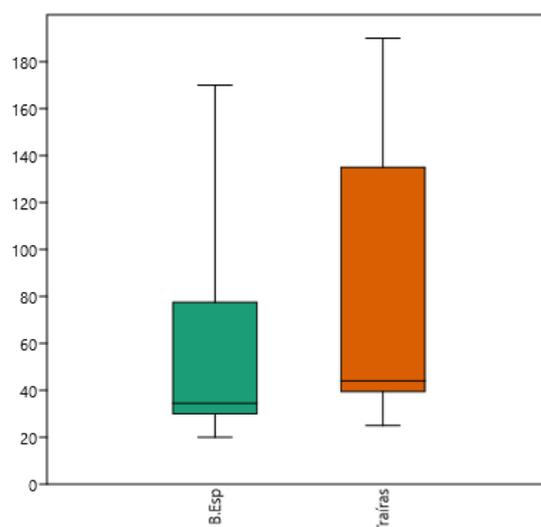
Segundo Pavanelli (2001) podemos considerar a coagulação como a desestabilização da dispersão coloidal, o que se dá pela redução das forças de repulsão entre as partículas (portadoras de cargas negativas). Isso se dá pela inclusão de produto químico apropriado, como sais de ferro ou de alumínio ou de polímeros sintéticos. Seguindo os gráficos das figuras 7A e 8A compreendemos a eficácia do processo de tratamento, focado na aglutinação pelas diferenças de cargas, ficando comprovado o decaimento de turbidez ao logo do processo de tratamento.

Nos gráficos das figuras 7B e 8B são apresentados os valores da variação do parâmetro de cor, nesse caso também é notável que a variação seja maior na fase bruta e que após o mesmo procedimento anterior (PAC) os índices são estabilizados e mantidos dentro da resolução Portaria GM/MS Nº 888/2021, com valor menor ou igual a 15 u.c. Na figura

7C e 8C estão inseridos os valores de pH, com a maior variação na água decantada devido a correção feita na fase bruta. Neste caso, a água chega na estação com o pH baixo, principalmente na estação seca com reservatório em queda, e com a adição do Policloreto de alumínio (PAC) ($Al_n(OH)_mCl_{3n-m}$), que tem o teor ácido, ocorre uma nova diminuição do pH. Isso acaba impossibilitando a coagulação (floculação), sendo necessária a adição de alcalinizante como o Cal Hidratado ($Ca(OH)_2$). Como resultado ocorre a correção do pH para uma faixa entre 6 e 8, estabelecendo finalmente a coagulação.

Ainda sobre o PAC (Figura 9), Segundo Arcioni et al (2009) este componente trabalha em uma faixa mais ampla de pH, se comparado com o Sulfato de Alumínio ou outros floculantes. Segundo o mesmo autor, geralmente é eficaz em uma faixa de pH compreendida entre 6 e 9, mas em alguns casos ele funciona bem em faixas que vão de pH 5 até pH 10.

Figura 9 – Policloreto de alumínio (PAC) Estações Boa esperança e Traíras.



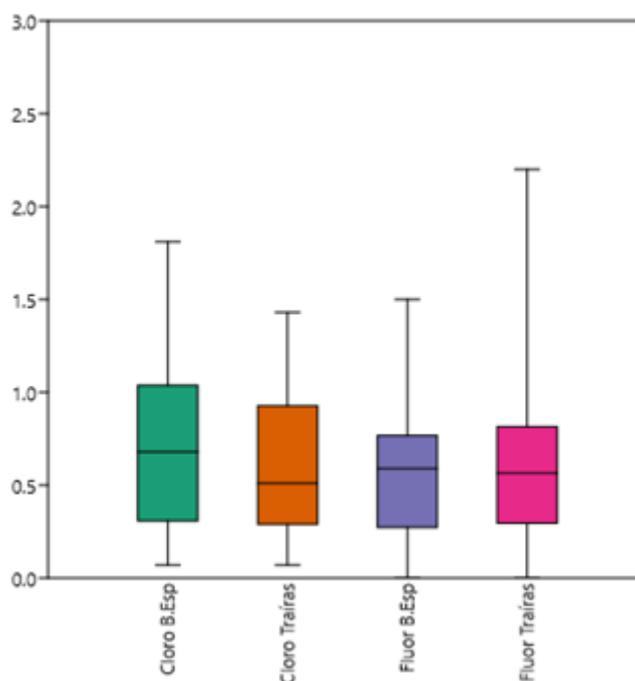
Fonte: autor

O Policloreto de alumínio (PAC) é um coagulante inorgânico polimerizado catiônico de baixo peso molecular e pré-polimerizado, apresentando-se na forma líquida com aparência viscosa (et al 2020 Lemos). Segundo et al Arcioni (2009) o Policloreto de Alumínio (PAC), é um complexo poli-nuclear de íons de alumínio polimerizados, um tipo de polímero inorgânico de peso molecular medido em várias centenas de unidades. Ele é geralmente formulado como: $Al_n(OH)_mCl_{3n-m}$, combinado com pequenas quantidades de outros compostos. A figura 9 apresenta justamente a variação nos valores de PAC

empregados nesse procedimento, sendo nítido que na estação Traíras os valores empregados foram maiores (estação Traíras tem vazão de 75 L/s e a Boa Esperança de 25 L/s – conforme Portaria nº 727 de 13 de setembro de 2017 – Secretaria de Estado do Meio Ambiente – MT). Maiores vazões justificam a maior dosagem do PAC, sendo também necessárias alterações nos volumes aplicados devido a variação no valor de turbidez de entrada da água bruta, em época de estiagem ou épocas de chuva devido ao arraste de matérias.

A figura 10 apresenta para as estações outras duas inserções químicas importantes, o cloro e o flúor. Segundo Jordan (2019) a desinfecção é uma etapa de suma importância no tratamento convencional da água destinada ao abastecimento doméstico, sendo a técnica por cloração amplamente empregada por conseguir mesclar capacidade germicida, segundo o Art. 32 da Portaria GM/MS Nº 888, sendo obrigatória à manutenção de no mínimo 0,2 mg/L de cloro residual livre. Como observado na figura 10, a cloração ficou dentro do permitido pela portaria vigente.

Figura 10 – Cloro e Flúor nas Estações Boa Esperança e Traíras

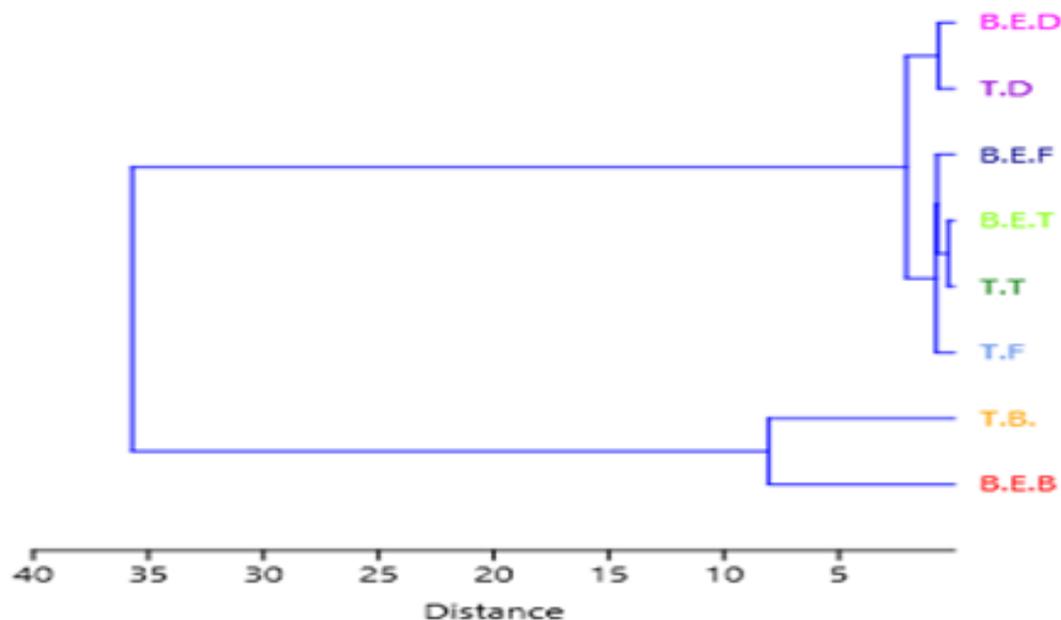


Fonte: autor

Segundo Souza e Gil, 1998 a fluoretação é de suma importância por coibir a cárie dentária, que é uma doença multifatorial que aflige várias populações e vem sendo investigada quantitativamente com a finalidade de minimizar seus efeitos incapacitantes

e assim proporcionar melhor qualidade de vida. Nesta doença se verifica principalmente a interação de fatores tais como hospedeiro, dieta, tempo e microbiota (SOUZA e GIL, 1998). As normas e padrões para a fluoretação, seguidas em todo o território nacional, são estabelecidos pela Portaria GM/MS N° 888/2021. Sendo obrigatória à manutenção de no máximo 1,5 mg/L, como mostra o gráfico, a dosagem de flúor apresenta variações, porém sempre dentro do definido por esta portaria. Para a figura 11 tem se o Dendograma que permite comparar os dados das diferentes etapas desenvolvidas ao longo do tratamento químico. Esta etapa é importante na análise para conferir se a qualidade da água na etapa final é comparável entre as duas estações, revelando que os consumidores de água em Primavera do Leste são atendidos por um mesmo padrão hídrico, independente de qual estação seja a fornecedora do recurso.

Figura 11 – Dendograma com as distancias entre os dados sintetizados para as estações Boa Esperança e Traíras. Onde B.E é estação Boa esperança; T é a estação Traíras; B é a água n fase bruta, D é a água na fase decantada, F é a água na fase filtrada e T.T é a água tratada na estação traíras e B.E.T a água tratada na estação Boa esperança.



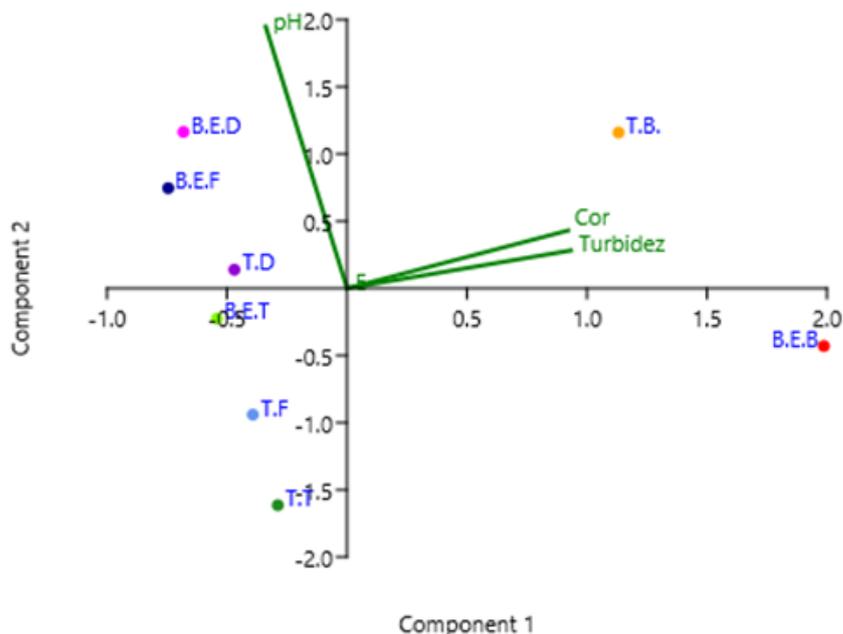
Fonte: autor

No caso foi realizado o monitoramento de três parâmetros principais, sendo o primeiro a proximidade dos valores na fase Bruta, de fato, mesmo os reservatórios sendo diferentes os comportamentos dos parâmetros na fase bruta foram próximos. Está proximidade deve ser associada principalmente as questões ambientais da região, as bacias fornecedoras correm sobre o mesmo tipo de geologia, dinâmica de ocupação adjacente e clima sazonal.

No segundo clado as fases filtrada e tratada estão próximas devido à água filtrada ser destinada para o reservatório em que se realiza uma nova análise do tratamento, no caso a tratada, antes da distribuição. Já a terceira ramificação reúne os valores dos parâmetros da fase decantada. Dessa forma o dendograma revela que existem similaridades desde a fase de captação, o que sugere que as metodologias utilizadas para o tratamento do recurso hídrico serão também próximas e, o mais importante, a água fornecida aos consumidores está dentro dos parâmetros qualitativos, alinhados a resolução vigente para a qualidade de água.

Finalmente, o gráfico bi plot (Figura 12) permite observar quais parâmetros foram mais significativos em cada uma das etapas do tratamento de água. Com isso é perceptível à afinidade de determinadas variáveis com os setores levantados e com os processos de tratamento empreendidos nesta dinâmica.

Figura 12: Gráfico Bi plot considerando os locais de controles dos parâmetros Turbidez, Cor e pH. Onde B.E é estação Boa esperança; T é a estação Traíras; B é a água n fase bruta, D é a água na fase decantada, F é a água na fase filtrada e T.T é a água tratada na estação traíras e B.E.T a água tratada na estação Boa esperança.



Fonte: autor

Como se esperava os valores de Cor e Turbidez foram os mais marcantes nos setores de águas Brutas e insignificantes nas fases seguintes, um atestado da eficiência da metodologia de tratamento escolhida. Já os maiores valores de pH foram notados na fase Boa Esperança Decantada e Traíras Bruta devido a correção dessa variável, realizada na

fase anterior, como já discutido isso se deve a inserção de Cal Hidratada (Ca(OH)_2) alcalinizante. Veja que os setores tratados aparecem com baixas variações de turbidez, cor e pH o que é fundamental e atesta a estabilização destes parâmetros na água que é fornecida a comunidade de Primavera do Leste/MT.

4. Conclusões

Pela discussão dos aspectos analisados o trabalho alcançou o objetivo de investigar o padrão de qualidade da água tratada dos córregos Traíras e Boa Esperança, localizados na cidade de Primavera do Leste/MT. Estes córregos são motivos de vários questionamentos realizados pela população consumidora, tendo sido aqui indicado que a qualidade da água é garantida pelo processo de tratamento, independente de qual estação de tratamento seja a fornecedora do recurso. Disponibilizando a população acesso a água de qualidade, os estudos realizados nas ETA's fornecem essa confiança.

Novos estudos podem ocorrer para continuar a monitorar essa qualidade, devido a expansão urbana que promove novas intervenções antrópica podendo ocorrer nos córregos alterações nas suas águas e consequente mudanças nos esforços de alcançarem os padrões de potabilidade. Cabe ainda o trabalho de alcançar a comunidade, com pesquisas como esta, para que a mesma sinta-se segura e bem servida pelos recursos hídricos tratados que são seu direito. Para todas estas questões é visível a importância dos profissionais de química, sejam no tratamento de água ou na conscientização da comunidade da importância desses procedimentos e no consumo sustentável dos recursos hídricos tratados.

5. Referências

ALLAN SILVA, G. Dinâmica hidrogeomorfológica e cenários sazonais em nascentes do rio São Francisco, Serra da Canastra, Minas Gerais, (Tese de Doutorado), UFU. 2019.

BARRETO, Luciano Vieira et al. Relação entre vazão e qualidade da água em uma seção de rio. **Revista Ambiente & Água**, v. 9, p. 118-129, 2014. ONU, Organização das Nações Unidas. Relatório para escassez de água, 2020. Disponível em: <https://brasil.un.org/> Acesso em: 01/07/2021

BRITTO, Ana Lucia; REZENDE, Sonaly Cristina. A política pública para os serviços urbanos de abastecimento de água e esgotamento sanitário no Brasil: financeirização, mercantilização e perspectivas de resistência. **Cadernos Metrópole**, v. 19, p. 557-581, 2017.

CAMPOS, J. R.; REALI, M. A. ,DANIEL, L. A. Conceitos gerais sobre técnicas de tratamento de águas de abastecimento, esgotos sanitários e desinfecção. São Carlos: USP, 1999.

CARVALHO, M. J. H., Uso de Coagulantes Naturais no Processo de Obtenção de Água Potável, Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, 2008

CONSTANTINO, Arcioni Ferrari; YAMAMURA, Victor Docê. Redução do gasto operacional em estação de tratamento de água utilizando o PAC. **Simpósio de Pós-Graduação em Engenharia Urbana. Anais. Maringá-PR**, 2009.

DI BERNARDO, Luiz; DANTAS, Ângela Di Bernardo. Métodos e técnicas de tratamento de água. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 11, n. 2, p. 107-107, 2006.

DI BERNARDO, Luiz; DI BERNARDO, Angela; CENTURIONE FILHO, Paulo Luiz. Ensaio de tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água. 2002.

KAWAMURA, S. Optimization of basic water-treatment processes design and operation: Coagulation and flocculation. *Aqua*, v. 45, n. 1, p. 35-47, 1996.

LEMO, Karita Santos; DE AGUIAR FILHO, Silvio Quintino; CAVALLINI, Grasielle Soares. Avaliação comparativa entre os coagulantes sulfato de alumínio ferroso e policloreto de alumínio para tratamento de água: estudo de viabilidade econômica. **DESAFIOS-Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins**, v. 7, n. 1, p. 109-119, 2020.

LICSKÓ, I. Realistic coagulation mechanisms in the use of aluminium and iron (III) salts. *Water Science Technology*, v. 40, n. 4-5, p. 103-111, 1997.

LIMA, E. B. N. R. Modelação integrada para gestão da qualidade da água na bacia do rio cuiabá. 2001. 184 f. Tese (Doutorado em Ciências e Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

MEIRELLES, Maria Paula Maciel Rando; DE SOUSA, Maria da Luz Rosário. Importância da Fluoretação das águas de abastecimento público em municípios de pequeno porte na região sudeste do Estado de São Paulo. **Revista da Faculdade de Odontologia de Porto Alegre**, v. 46, n. 2, p. 15-19, 2005.

PAGNOCCHESCHI, B.; Governabilidade e governança das águas no Brasil. In: MOURA, A. M. M.; Governança ambiental no Brasil : instituições, atores e políticas públicas / organizadora: Brasília : Ipea, 2016.

PAVANELLI, Gerson. **Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor ou turbidez elevada**. 2001. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

PEIXOTO e CAVALCANTE, Vulnerabilidade aquífera e risco de contaminação da água subterrânea em meio urbano. *Geologia USP, Série Científica*, V. 19. N2, 2019

RICHTER, Carlos A; NETTO, José M. de Azevedo. *Tratamento de Água*. São Paulo: Editora

SCHMIDT, Aline Ruth. Análise da utilização de policloreto de alumínio (PAC) e sulfato de alumínio na eliminação de turbidez de água de abastecimento. 2014.

SILVA, R. E. Assinaturas Topográficas Humanas (ATH's) No contexto dos canais derivados multifuncionais e suas repercussões hidrogeomorfológicas (Tese de Doutorado). UFU. 2018

SILVA, R.E. Disponibilidade e demanda hídrica a partir da análise ambiental da região do alto curso do rio Dourados em Patrocínio/MG, (Dissertação de Mestrado) UFU. 2014.

SOUZA, APC; SOUZA, EAM; PEREIRA, N. C. Análise da utilização do coagulante policloreto de alumínio (pac) na remoção da cor, turbidez e dco de efluente de lavanderia textil. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, v. 1, n. 2, p. 9566-9572, 2015.

TUNDISI, José Galizia; MATSUMURA-TUNDISI, Takako. **Recursos hídricos no século XXI**. Oficina de Textos, 2011.

VIANNA, M. R. Hidráulica aplicada às estações de tratamento de água. Belo Horizonte: Instituto de Engenharia Aplicada, 1992. 2 ed. 344 p

6. Agradecimentos

A empresa Água de Primavera pela disponibilidade de dados e oportunidade de tratamento das informações.

Ao Instituto Federal do Mato Grosso pela oportunidade de cursar um curso superior.

Aos membros do curso de Licenciatura em Química pela formação.

Aos professores Douglas Sete, Francisco Xavier, Renata Sobral e Renato Emanuel Silva pelos apontamentos fundamentais ao desenvolvimento desta pesquisa.

A minha família por todo o apoio.