

ANÁLISE E TRATAMENTO DA ÁGUA DO RIO DA LAJE EM SOMBRIO-SC

Orion Watywarawan Rodrigues de Souza¹

Carolina Resmini Melo Marques²

Resumo: A água é um dos recursos indispensáveis para a sobrevivência, sua escassez juntamente com a distribuição desigualitária no planeta tornam ela valiosa, porém fontes que são negligenciadas e depredadas não são uma raridade. Para o consumo humano a água deve atender uma série de parâmetros para que a mesma não seja um vetor de doenças ou substâncias que sejam nocivas ao funcionamento do corpo. Para garantir a qualidade da água existem as estações de tratamento de água que aplicam uma série de processos para garantir a sua qualidade. O seguinte trabalho se baseia na aplicação de uma metodologia fundada nos processos de coagulação, floculação, filtração, adsorção, desinfecção e correção do pH que compõem o tratamento convencional de água. Utilizando da implementação de Jar Test contemplando os três primeiros processos e a construção de um protótipo de filtro baseado nos empregados em ETA's assim verificando a possibilidade de tratamento da água do rio da Laje situado no município de Sombrio-SC, para o enquadramento na classe 3 da Resolução nº 357/2005 do CONAMA. Sendo que dos parâmetros abordados somente a concentração de nitrato apresentou resultados insatisfatórios deixando evidente a necessidade de processos mais complexos para o tratamento da água do rio.

Palavras-chave: Tratamento convencional. Protótipo de filtro. Poluição. Coagulação. Floculação. Filtração. Adsorção.

1 INTRODUÇÃO

Para a vida, tanto humana quanto de outras incontáveis espécies, a água é um recurso natural indispensável. Apesar de abundantemente encontrada na superfície do planeta a água própria para o consumo representa uma pequena parcela da água disponível. De acordo com Silva e Pereira (2019), da água distribuída na superfície da Terra, apenas 2,5% se encontram na forma de água doce, cuja maior parte, aproximadamente 68,9%, está congelada nas regiões do Ártico, da Antártica e das montanhas, em águas subterrâneas, cerca de 29,9%, e 0,9% está em pântanos,

¹Graduando em Engenharia Química. Ano 2023-2. E-mail: orionwatywarawan@gmail.com

² Professora do Centro Universitário UniSATC. E-mail: carolina.melo@satc.edu.br



permafrost e na forma de umidade do solo. Somente 0,3% está na superfície. E sua presença na superfície da Terra se fundamenta no ciclo hidrológico, que resulta no escoamento de 42.700 km³/ano de água pelos rios, sendo os mesmos distribuídos de forma irregular, gerando áreas de notável abundância como, por exemplo, a Amazônia e outras de elevada escassez hídrica como as regiões do norte da África e da Península Arábica.

Portanto, toda fonte de água deve ser tratada com o devido cuidado pois mesmo que não seja utilizada para consumo humano no momento, com o desenvolvimento de uma cidade, sua demanda pelo recurso hídrico pode mudar gerando assim a necessidade de empregar tal recurso, que se for negligenciado, pode inviabilizar o processo.

O crescimento populacional e elevados padrões de vida contribuem para o aumento pela demanda de água, além das demandas energéticas e na alimentação, que por sua vez consomem grandes quantidades de água. Geralmente esse incremento na população se concentra em cidades, que podem exaurir e contaminar seus recursos hídricos que abastecem áreas urbanas (UNICEF, 2021).

Deixando claro que o consumo tanto da água quanto dos alimentos por ela proporcionada estão diretamente ligados ao quão desenvolvida é a população sendo que uma fonte contaminada de água pode acarretar prejuízos para a população local.

Segundo Fortes, Barrocas e Kligerman (2019), a Organização Mundial da Saúde (OMS) estima que a baixa qualidade da água, e a precariedade no saneamento e das condições de higiene causam a morte de 200 pessoas por hora. Ainda segundo estatísticas da OMS, 80% das doenças nos países em desenvolvimento são disseminadas pelas águas; sendo de maneira direta, como a diarreia, ou indiretamente como a malária, dengue, febre amarela, e outras relacionadas com vetores que dependem da água para sua proliferação.

Quanto a escolha do objeto de estudo tem-se o Rio da Laje como foco, localizado na região Sul do Estado de Santa Catarina sendo que sua bacia hidrográfica abrange os municípios de Sombrio, Santa Rosa do Sul, Jacinto Machado e Ermo. Seus principais afluentes são os córregos Garuva e Peroba. Drenando uma área de 158,04 km², sendo o principal afluente da Lagoa do Sombrio (RAUPP, 2008).



Partindo desse pressuposto, este trabalho teve como objetivo a análise físico-química da água do Rio da Laje e desenvolvimento de uma metodologia experimental, e testes desta metodologia, para tratar a água poluída deste rio.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 RECURSOS HÍDRICOS E A QUALIDADE DA ÁGUA

Os recursos hídricos são essenciais para a vida na Terra, pois são responsáveis por garantir o abastecimento de água para diversos usos, como o consumo humano, a agricultura, a indústria e a geração de energia.

O volume de retirada de água doce das fontes renováveis no mundo é de 3.853 km³ e está distribuído da seguinte forma: 69% para agricultura, 19% para indústria e 12% para o consumo dos municípios. Na agricultura para se produzir 1 kg de arroz são necessários 3.500 litros de água, para produzir 1 kg de carne utiliza-se cerca de 15.000 litros, enquanto para produzir uma xícara de café, são necessários 140 litros. Com projeções sobre o aumento da população mundial, estima-se que haverá um aumento na demanda por alimentos, exigindo um crescimento na produção agrícola anual do mundo (SILVA; PEREIRA, 2019).

Segundo a Agência Nacional de Águas (2017), 87% dos municípios brasileiros apresentaram vazões de retirada de água para o setor industrial, sendo que 19 deles apresentaram vazões captadas superiores a 1 m³/s, correspondendo a 17% da demanda total. Oitenta e dois municípios apresentaram vazões de retirada superiores a 0,5 m³/s, correspondendo a 40% da demanda hídrica, o que evidencia a concentração da demanda industrial, principalmente nos grandes polos urbanos e agroindustriais. Sendo São Paulo e Rio de Janeiro os municípios de maior demanda com participação de 5,3% do total nacional.

Na geração de energia, a água e a energia estão intrinsecamente conectadas já que entre as fontes de energia e diferentes técnicas de geração de eletricidade, todas utilizam a água em vários processos, incluindo na extração de matéria-prima, resfriamento, limpeza, cultivo de biocombustíveis e movimentação de turbinas. Por outro lado, a utilização de energia permite que a água obtida das principais fontes esteja disponível para uso e consumo pelo ser humano, por meio de



bombeamento, transporte, tratamento, dessalinização e irrigação (SILVA; PEREIRA, 2019).

A água é a fonte mais importante de sustento vital para todo tipo de forma de vida, porém está constantemente em risco de poluição pela própria vida que ela sustenta. A rápida industrialização tem conseqüentemente levado à deterioração da qualidade da água em uma taxa alarmante. Os resultados de baixa qualidade da água são conhecidos por ser um dos principais fatores de escalonamento de doenças assustadoras. Como relatado, em países em desenvolvimento, 80% das doenças são transmitidas pela água ou com origem relacionada a ela (AHMED et al, 2019).

Segundo o Ministério da Saúde, (2006, p. 24):

A água pode veicular um elevado número de enfermidades e essa transmissão pode se dar por diferentes mecanismos. O mecanismo de transmissão de doenças mais comumente lembrado e diretamente relacionado à qualidade da água é o da ingestão, por meio do qual um indivíduo sadio ingere água que contenha componente nocivo à saúde e a presença desse componente no organismo humano provoca o aparecimento de doença. Um segundo mecanismo refere-se à quantidade insuficiente de água, gerando hábitos higiênicos insatisfatórios e daí doenças relacionadas à inadequada higiene dos utensílios de cozinha, do corpo, do ambiente domiciliar. Outro mecanismo compreende a situação da água no ambiente físico, proporcionando condições propícias à vida e à reprodução de vetores ou reservatórios de doenças. Um importante exemplo é o da água empoçada, contaminada por esgotos, como habitat para o molusco hospedeiro intermediário da esquistossomose. Outro exemplo desse mecanismo é o da água como habitat de larvas de mosquitos vetores de doenças, como o mosquito *Aedes aegypti* e a dengue.

Por isso, é fundamental que haja um planejamento e gestão adequados dos recursos hídricos, considerando as necessidades humanas e ambientais, para garantir a sustentabilidade e o uso racional desse recurso tão precioso.

2.2 SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA

Os sistemas de tratamento de água são projetados para remover ou reduzir a presença de contaminantes e impurezas na água, tornando-a adequada para consumo humano e outros usos. Esses sistemas utilizam diversas tecnologias e processos para remover contaminantes como bactérias, vírus, metais pesados, substâncias químicas, entre outros. O tratamento de água é um processo essencial para garantir a disponibilidade de água potável para a população e a proteção do meio ambiente (MIXTURA, 2022).

De acordo com Duarte (2022), para garantir água potável, conforme a Constituição, existem as Estações de Tratamento de Água (ETAs) que são instalações que fazem o tratamento da água que será distribuída ao consumo residencial. As mesmas captam água bruta de mananciais de abastecimento, sendo eles fontes de água doce superficiais ou subterrâneas, transformando-as em água potável por meio de processos físicos e químicos. De modo geral, as etapas que compreendem o processo são: captação, coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção ou cloração, alcalinização, fluoretação e distribuição.

2.2.1 Coagulação

A coagulação é um processo responsável pela desestabilização das partículas em um sistema aquoso. No tratamento de água, em arranjos que incluem coagulação, o objetivo dessa etapa é tornar as impurezas que se encontram em suspensão fina, estado coloidal ou solução, passíveis de remoção nas fases seguintes. Em um sistema coloidal, a fase dispersa, embora grande quando comparada com as moléculas, é tão pequena que as forças interfaciais e inerciais são significativas na estabilidade. É isso que confere aspecto turvo à água, ou uma dada cor. Com isso, sistemas coloidais não sedimentam. A coagulação depende das características da água a ser tratada e da quantidade de impurezas que ela contém, bem como de alguns parâmetros operacionais. No caso de parâmetros físico-químicos, tem-se a cor, turbidez, temperatura, pH, dentre outros. No caso dos parâmetros operacionais e de engenharia, há a dosagem de coagulante, o tempo de mistura rápida e o gradiente de velocidade utilizados no tratamento (JESSIE, 2020).

Na coagulação ocorre a desestabilização de partículas em suspensão na água, as quais se unem e formam flocos na etapa posterior, denominada floculação. A maior parte dos flocos é removida no decantador pela ação gravitacional (CÉ et al., 2019).

2.2.2 Floculação

Segundo Davis e Mastem (2016), a floculação é um processo que envolve a adição de um agente químico, o floculante, que propicia as condições necessárias para que as partículas atinjam o tamanho ótimo, tornando-as mais pesadas, precipitando de forma eficaz. Dito de outro modo, a floculação faz com que as

partículas colidam, aderindo umas às outras. Com isso, elas atingem o tamanho ideal e iniciam o seu percurso até o fundo do tanque. A mistura precisa ser intensa o bastante para que as partículas tenham a energia necessária para aderirem umas às outras no momento da colisão. Por outro lado, a mistura de velocidade excessiva aumenta o risco de as partículas se romperem e, portanto, diminuem de tamanho. Nesses casos, as partículas rompidas são demasiadamente pequenas para que a precipitação ocorra com sucesso.

Dentre os floculantes utilizados no tratamento da água os mesmos podem ser divididos em três grupos, como apresentado no Qd. 1.

Quadro 1: Classificação de floculantes.

| Floculantes metálicos | Floculantes orgânicos sintéticos | Floculantes orgânicos naturais |
|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Eles têm a capacidade de atuar como coagulante e floculante. • Quando dissolvidos, formam compostos complexos. • Entre os mais utilizados estão: sulfato de alumínio, sulfato férrico, sulfato ferroso e cloreto férrico. • Essas substâncias químicas podem ser prejudiciais à saúde humana e ao meio ambiente em grandes concentrações. | <ul style="list-style-type: none"> • Geralmente, são classificados em catiônico, aniônico, anfótero e não iônico. • A capacidade coagulante é influenciada principalmente por parâmetros como a natureza das cargas, seguida pelo peso molecular e densidade de carga. | <ul style="list-style-type: none"> • Eles são uma fonte alternativa com grande potencial, pois são biodegradáveis, apresentam mínima ou nenhuma toxicidade e não causam danos ao meio ambiente. • Em sua maioria, são de origem vegetal com presença de agentes coagulantes-floculantes que agem de forma semelhante aos coagulantes sintéticos, aglomerando as partículas em suspensão presentes na água bruta. |

Fonte: Adaptado de Barragan, Chahuara (2020)

2.2.3 Decantação e filtração

A decantação é um processo físico de separação de misturas heterogêneas, no qual as partículas sólidas ou líquidas em suspensão se separam por meio da ação da gravidade. Técnica amplamente utilizada no tratamento de água, no qual a água coletada passa por um processo de decantação para remover as



partículas em suspensão. Durante a decantação, a água é deixada em repouso em um tanque, permitindo que as partículas sólidas ou líquidas mais densas se depositem no fundo. Após o período de decantação, a água é transferida para outro tanque ou processo de tratamento, enquanto as partículas sedimentadas são removidas do fundo do tanque. Como reitera Spier (2023) “Decantação utiliza a diferença de densidade e a insolubilidade entre os componentes, pois, assim, o sólido se deposita no fundo do recipiente e o líquido pode ser removido”.

A decantação é uma etapa importante no processo de tratamento de água, pois remove uma grande quantidade de partículas em suspensão e pode facilitar a ação de outros processos de tratamento, como a filtração.

Já a filtração é uma técnica aplicada na separação de sólidos suspensos de meios líquidos, sendo a mais importante técnica na análise gravimétrica. Trata-se essencialmente de uma separação por permeação onde o sólido é separado do líquido fazendo a mistura passar através de uma superfície porosa, chamada meio filtrante. Os poros do filtro devem ser menores que o tamanho das partículas a serem filtradas. Como os tamanhos das partículas menores variam para cada tipo de sólido, é necessário avaliar o tamanho dos poros do filtro a ser usado no processo de filtração. Existem três tipos básicos de filtração, à vácuo, sob pressão positiva, como os filtros-prensa de uso industrial, e filtração por meio da ação da gravidade. Cada um destes tipos de filtração exige uma montagem característica, bem como um meio filtrante apropriado à sua aplicação (BASTOS; AFONSO, 2014).

Durante o processo de filtração, a água é forçada a passar por um meio filtrante, que pode ser composto por diferentes materiais, como areia, carvão ou terra diatomácea. As partículas sólidas presentes na água ficam retidas no meio filtrante, enquanto a água limpa passa através do filtro e é coletada. Dependendo da qualidade da água bruta, é possível utilizar diferentes tipos de filtros para remover tipos de partículas, odor, sabor, microrganismos e materiais orgânicos. A filtração é uma etapa essencial no processo de tratamento de água, pois ajuda a remover impurezas e a melhorar a qualidade da água tratada (MARQUES, 2017a).

2.2.4 Desinfecção ou cloração, alcalinização e fluoretação

A desinfecção, também conhecida como cloração, é uma etapa em que se adiciona um agente oxidante, como o cloro para matar microrganismos patogênicos como a *Salmonella sp*, a *Escherichia coli* e a *Giardia lamblia*, assim reduzindo o risco de transmissão de doenças através da água (MAIOLI, 2019).

O cloro é uma substância utilizada para oxidar a matéria orgânica proveniente dos mananciais e que possam aparecer na rede de distribuição. Isso significa que ele elimina ou impede que bactérias, vírus e protozoários causadores de doenças surjam e se multipliquem no percurso da estação de tratamento até as residências. A cloração pode acontecer em diferentes etapas: no início do tratamento para fins de oxidação da matéria orgânica, eliminando cor, turbidez e outros compostos, juntamente com a desinfecção por meio do tempo de contato ao longo de todo o processo. Nesse caso, ao chegar ao fim do processo, a concentração já está reduzida. Ela também pode ocorrer na última etapa do tratamento antes da água sair da ETA. A quantidade de cloro adicionada na saída também assegura que a água chegue à sua casa desinfetada, mesmo passando pelas tubulações. Ainda, há um ponto de dosagem que é denominado de pós-cloração, para garantir a desinfecção dos reservatórios até a casa das pessoas. É interessante destacar que o cloro adicionado à água é, na verdade, uma solução de hipoclorito de sódio, conhecida como “cloro líquido”. O objetivo da adição de hipoclorito é manter a água limpa e desinfetada (BRK, 2019).

Após a desinfecção pode-se determinar se há necessidade ou não de corrigir ou alterar o pH da água a fim de atender a determinadas exigências, adicionando compostos químicos que aumentam ou diminuem o pH da água. Isso ajuda a controlar a corrosão de tubulações e equipamentos (SOUZA, 2018).

A fluoretação é outra etapa importante do tratamento de água, na qual se adiciona flúor na água para prevenir a cárie dentária. O flúor é um mineral que ajuda a fortalecer o esmalte dos dentes, tornando-os mais resistentes aos ácidos produzidos pelas bactérias na boca. Em conjunto, a desinfecção, alcalinização e fluoretação ajudam a garantir a segurança e a qualidade da água tratada antes de ser distribuída para consumo humano (MARQUES, 2017b).

2.2.5 Adsorção

A adsorção é um processo em que moléculas de uma substância são atraídas e retidas na superfície de outra substância. Esse fenômeno ocorre devido às forças de atração entre as moléculas da substância adsorvida e as da substância adsorvente (LIMA, 2019).

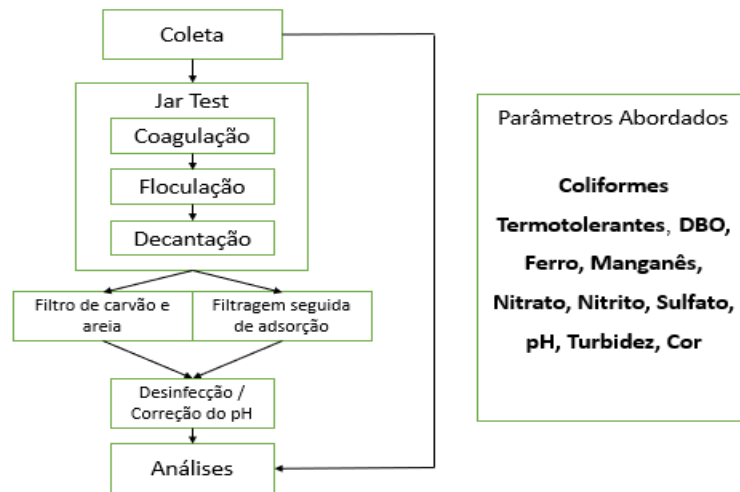
Segundo Nascimento et al. (2020) adsorção é uma operação de transferência de massa, a qual estuda a habilidade de certos sólidos em concentrar na sua superfície determinadas substâncias existentes em fluidos líquidos ou gasosos, possibilitando a separação dos componentes desses fluidos. Uma vez que os componentes adsorvidos se concentram sobre a superfície externa, quanto maior essa superfície externa por unidade de massa sólida, tanto mais favorável será a adsorção. Por isso, geralmente os adsorventes são sólidos com partículas porosas. A espécie que se acumula na interface do material é normalmente denominada de adsorvato ou adsorbato, e a superfície sólida na qual o adsorvato se acumula chama-se adsorvente ou adsorbente.

A adsorção é um processo comum em muitas áreas da ciência e da tecnologia, sendo amplamente utilizado em processos de purificação de água e ar, na produção de catalisadores, na separação de substâncias, entre outros. A compreensão da adsorção é importante para a concepção e otimização de muitos processos industriais.

3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

O procedimento experimental foi dividido em três principais partes, a coleta de amostras da água que foi foco do trabalho, as análises que embasaram a comparação entre a água antes e depois do tratamento e, por fim, o tratamento da água em questão como mostra o fluxograma da Fig.1.

Figura 1: Fluxograma do procedimento experimental.



Fonte: O autor (2023)

3.1 COLETA DA ÁGUA

A coleta da água a ser analisada e posteriormente tratada foi realizada no ponto de acesso ao rio na intersecção da rua Padre João Reitz com a rua Joaquim da Cunha. Aproximadamente no ponto onde o rio já passou pelo perímetro urbano e entra em uma área mais ruralizada da cidade, podendo assim observar os impactos causados a água após passar pela área mais populosa do município. A Fig. 2 apresenta o local da coleta das amostras.

Figura 2: Local da coleta das amostras.



Fonte: O autor (2023)

3.2 ANÁLISE DA ÁGUA, PRÉ-TRATAMENTO E PÓS-TRATAMENTO

A análise da água foi realizada em duas frentes; a primeira, mais complexa, foi feita antes da água passar pelo tratamento, a segunda foi após o tratamento junto ao Laboratório Hidroambiental, que é uma Empresa situada em Criciúma-SC que presta serviços de análises ambientais na área físico-química, microbiológica em águas e efluentes. Já os testes mais simples como cor, turbidez e pH foram realizados pelo acadêmico utilizando um espectrofotômetro com análises antes do tratamento, durante e logo após o tratamento, no qual foram realizados no Laboratório de Química II do curso de Engenharia Química, da UNISATC.

3.3 METODOLOGIA DE TRATAMENTO

A metodologia seguida foi inspirada na metodologia aplicada em estações de tratamento de água (ETA) por todo o país, adotando principalmente o modelo seguido pela Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB, 2023), porém, em uma menor escala e com algumas alterações. Sendo as etapas abordadas:

- Coagulação e floculação;
- Filtragem e adsorção;
- Desinfecção e correção do pH.

Na coagulação e floculação foi implementado o *Jar Test*, procedimento esse que consistiu na adição gradual do coagulante ao frasco que contém a amostra da água a ser tratada, que foi agitado suavemente para promover a formação de flocos, que são partículas maiores e agregadas que se formam quando os coagulantes reagem com as impurezas presentes na água. Após a agitação, os frascos foram deixados em repouso para permitir que os flocos se depositassem no fundo. Quanto ao coagulante implementado, foi utilizado o sulfato de alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) na forma de soluções de 10 e 1 p.p.m. para um melhor controle da dosagem de coagulante.

Nas etapas de filtragem e adsorção duas opções foram abordadas e comparadas, a primeira foi uma simples filtragem da água clarificada utilizando papel filtro e posteriormente utilizando carvão ativado na qual a água passou por um processo de adsorção no qual foi adicionado carvão ativado diretamente na amostra

clarificada e manteve-se a mistura em agitação em diferentes concentrações de carvão por períodos diferentes para definição de quais parâmetros performaram melhor. Por fim a água foi novamente filtrada para a separação do meio filtrante, o carvão. Já a segunda foi a confecção de um filtro de areia e carvão ativado similar aos empregados em algumas estações de tratamento de água como mostra a Fig.3. Filtro esse construído utilizando uma garrafa de Polietileno de alta densidade devidamente higienizadas com a base perfurada para a passagem do líquido, uma camada de algodão, para reter as partículas menores do filtro que podem ser carregadas, uma camada de cascalho ou areia de maior granulometria, seguido de uma camada de areia mais fina e por fim no topo uma camada de altura considerável de carvão ativado.

Figura 3: Filtro de carvão ativado e areia.



Fonte: O autor (2023)

A desinfecção da água foi realizada com cloro. O cloro é um desinfetante eficaz devido às suas propriedades oxidantes, que destroem a estrutura celular dos microrganismos, incluindo bactérias, vírus e protozoários. Durante a desinfecção, o cloro foi adicionado à água na forma de hipoclorito de sódio (NaClO) a uma concentração de 0,2 mg/L, esse composto libera íons de cloro ativo, que reagem com as células dos microrganismos, danificando suas membranas e componentes vitais.



3.4 CONSTRUÇÃO DO FILTRO DE CASCALHO AREIA E CARVÃO

O filtro foi construído a partir de uma garrafa feita de PEAD higienizada, a garrada já possuía um dosador que foi mantido para aumentar o tempo de permanência da água clarificada no filtro. Com o recipiente de cabeça para baixo foi posto uma camada de 0,5 cm de algodão limpo. Depois de colocado o algodão foi posto uma camada de cascalho com diâmetro que variou de 4 a 10 mm, depois de passar por uma lavagem até que o mesmo não sujasse a água, em seguida foi peneirada areia fina, que geralmente é usada em argamassas e concretos, e posta sobre o cascalho formando uma camada de aproximadamente 1 cm e, por fim, o carvão ativado foi posto por cima da areia formando uma camada de 12 cm e completando o filtro.

3.5 PARÂMETROS DO CONAMA ABORDADOS

Nesta seção serão abordados os principais parâmetros que foram analisados bem como os limites estabelecidos pelo CONAMA na Resolução nº 357/2005 (BRASIL, 2005), todos expostos na Tabela 1. Para o valor limite de coliformes termotolerantes o valor utilizado foi referente a águas destinadas a dessedentação de animais já que a resolução estipula diferentes limites para as diferentes atividades que a classe 3 contempla e a dessedentação possui o menor valor limite.

Esses parâmetros foram escolhidos tendo como base trabalhos anteriores utilizando como objeto de estudo o Rio da Laje como o trabalho Avaliação ambiental do Rio da Laje e suas interações com o ecossistema costeiro no município de Sombrio de Grasielle Raupp e foram escolhidos parâmetros que apresentaram em algum momento valores elevados.

Tabela 1 – Parâmetros físico-químicos abordados.

| Parâmetros | Valor Máximo |
|--------------------------------------|---------------------|
| Coliformes Termotolerante | 1000 por 100 mL |
| Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO | 10 mg/L |
| Ferro | 5,0 mg/L |
| Manganês | 0,5 mg/L |
| Nitrato | 10,0 mg/L |
| Nitrito | 1,0 mg/L |
| Sulfato | 250 mg/L |
| pH | 6,0 a 9,0 |
| Turbidez | 100 UNT |
| Cor | Até 75 mg Pt/L |

Fonte: BRASIL (2005)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nessa seção serão apresentados resultados do tratamento onde foi empregada a metodologia de tratamento baseada nas metodologias comumente empregadas em várias ETA's para verificar a viabilidade do tratamento da água do rio, a classificação da mesma conforme estabelecido pelo CONAMA na Resolução nº 357/2005 (BRASIL, 2005) e as possíveis aplicações dessa água.

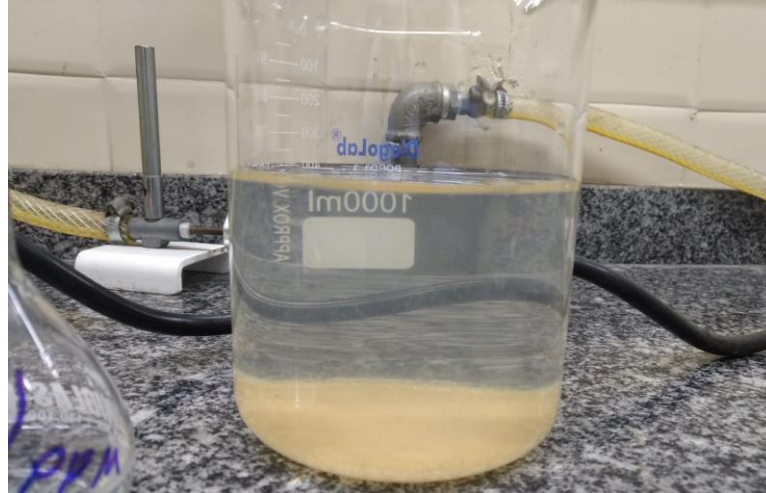
Além dos pontos elucidados acima também haverá uma breve comparação da eficácia de um filtro de carvão ativado quando comparado com um simples ensaio de adsorção usando o mesmo carvão.

4.1 RESULTADOS DO TESTE DE JARRO (*JAR TEST*)

Os dados obtidos a partir do teste de jarro da amostra de água bruta coletada foi de 150 ppm, ou seja, para cada litro de amostra seria necessário 150 mg de sulfato de alumínio para que os sólidos dissolvidos formem flocos e decantem. Sendo que cada litro leva em média para o processo de floculação 20 minutos formando flocos finos, que após interrupção da agitação decantam completamente no

decorrer de 30 minutos como mostra a Fig. 4, apresentando a amostra já decantada após o *Jar Test*.

Figura 4: Amostra do *Jar test* já decantada.



Fonte: O autor (2023)

4.2 FILTRAGEM E ENSAIO DE ADSORÇÃO

Após o processo de Floculação da amostra a mesma foi filtrada usando papel filtro obtendo uma água de aparência cristalina, como visto na Fig. 5. Subsequentemente parte da amostra filtrada foi despejada no protótipo do filtro construído e outra parte foi dividida em 5 béqueres com quantidades diferentes de carvão contendo 5, 10, 15, 20 e 25 g para que a adsorção do filtro fosse comparada, porém o carvão liberou partículas na água piorando sua qualidade quando comparado com a sua antes da adição do carvão sendo o que performou de forma menos prejudicial foi a amostra contendo 5 g que devido ao fato de ser a menor concentração observada foi a que menos sujou a água. por outro lado, o filtro apresentou melhora na água.

4.3 RESULTADOS DAS ANÁLISES DA ÁGUA TRATADA

Os dados dispostos na Tab. 2 foram obtidos a partir da análise da amostra após o tratamento.

Tabela 2: Parâmetros físico-químicos da água tratada.

| Parâmetros | Valores |
|------------------------------------|----------------|
| pH pós floculação | 6,73 |
| Cor pós floculação | 12 mg Pt/L |
| Turbidez pós floculação | 5 UNT |
| Cor Amostra com 5 g de carvão | 15 mg Pt/L |
| Turbidez Amostra com 5 g de carvão | 21 UNT |
| Cor Filtragem com o Protótipo | 6 mg Pt/L |
| Turbidez Filtragem com o Protótipo | 5 UNT |

Fonte: O autor (2023)

Pelos dados observados chegou-se à decisão de encaminhar a amostra filtrada com o protótipo para uma análise mais profunda junto ao Laboratório Hidroambiental compondo os resultados apresentados na Tab. 3 juntamente com os resultados das análises da água bruta

Tabela 3: Parâmetros físico-químicos da água analisados.

| Parâmetros | Valores Água Tratada | Valores Água Bruta |
|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| Coliformes Termotolerante | <1,8 NMP/100 mL | 94000 NMP/100mL |
| DBO | < 3 mg/l | 4,98 mg/L |
| Ferro | < 10 mg/l | 1,242 mg/L |
| Manganês | < 0,02 mg/l | <0,02 mg/L |
| Nitrato | 33,4 mg/l | 27,1 mg/L |
| Nitrito | < 0,1 mg/l | <0,1 mg/L |
| Sulfato | 55,2 mg/L | 10,13 mg/L |
| pH | 6,73 | 7,3 |
| Turbidez | 5 UNT | 23 UNT |
| Cor | 6 mg Pt/L | 141 mg Pt/L |

Fonte: O autor (2023)

Comparando os resultados das análises percebe-se que o tratamento convencional obteve êxito na redução de parâmetros como o de coliformes



termotolerantes, DBO e cor para valores que se enquadram nos valores máximos estipulados pelo CONAMA na Resolução nº 357/2005.

Além disso os resultados de pH, ferro, manganês, nitrito, sulfato e turbidez se mantiveram dentro dos valores máximos sendo que os valores de pH, ferro e turbidez apresentaram uma redução sendo que o tratamento convencional com floculantes geralmente apresenta diminuição nesses parâmetros.

Os valores de nitrato e sulfato apresentaram elevação nos seus valores sendo que o sulfato provavelmente teve um incremento em sua concentração pela adição do sulfato de alumínio em demasia, porém ainda se manteve abaixo do máximo estipulado.

Já os parâmetros de nitrito e manganês se mantiveram abaixo do limite mínimo de observação dos aparelhos e conseqüentemente abaixo do máximo permitido para águas de classe 3.

Dentre os parâmetros abordados o único que não atingiu o objetivo de estar abaixo do estipulado pelo CONAMA foi o de nitrato, que segundo Costa et al. (2016) o nitrato possui grande mobilidade no solo sendo extremamente solúvel na água podendo facilmente contaminar as águas, suas principais fontes de contaminação são derivadas de atividades agrícolas sendo os excrementos de animais; fertilizantes nitrogenados e também efluentes domésticos. A aplicação de resíduos animais para a fertilização do solo é uma potencial fonte de contaminação por nitrato além disso a criação de animais pode gerar problemas de contaminação devido a suas fezes. Sendo essas as prováveis fontes de nitrato alterando a concentração dele no rio já que nos primeiros quilômetros é circundado por uma área ruralizada como mostra na Fig. 5 abaixo sendo o rio destacado pela cor vermelha.

Figura 5: Área ruralizada ao redor do Rio.



Fonte: Modificada do software Google Earth® (2023)

Para uma remoção eficiente do nitrato o tratamento convencional não é o mais indicado devido a sua alta solubilidade como reitera Torres (2011). Dentre os vários métodos disponíveis para a remoção de nitrato, os mais utilizados são: troca iônica, tecnologia de membranas e tratamento biológico. A utilização de processos físico-químicos na remoção de nitrato em água de abastecimento é considerada limitada, devido ao alto capital de instalação, operação e custos de energia. Fato esse que pode explicar a não redução dos valores.

5 CONCLUSÃO

Com o que foi apresentado anteriormente pode-se concluir que o tratamento convencional que geralmente é aplicado nas estações de tratamento pode ser uma forma eficaz para a redução dos poluentes presentes na água como coliformes e na diminuição da cor e turbidez da água, e apresentou um desempenho superior quando comparado somente com a adição de carvão para adsorção por isso é amplamente empregado no mundo, porém o processo tem suas limitações.

Monitorar a qualidade da água é fundamental por diversos motivos, pois a água é essencial para a vida, para a natureza e para uma série de atividades humanas, a gestão integrada e sustentável dos recursos hídricos serve para proteger



a saúde, preservar o meio ambiente e garantir a disponibilidade de água de qualidade para as gerações presentes e futuras. Infelizmente não é possível afirmar que a metodologia empregada nesse trabalho é a correta para o tratamento da água do Rio da Laje já que dos 10 parâmetros considerados no trabalho 1 não se enquadrou nos objetivos propostos sendo assim necessário um processo mais complexo para que o rio se enquadrasse na classe 3 da Resolução nº 357/2005 do CONAMA.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. *Água na indústria: uso e coeficientes técnicos*, Brasília: Agência Nacional de Águas, 2017. Disponível em: < http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/snirh-1/acesso-tematico/usos-da-agua/aguanaindustria_usoecoeficientestecnicos.pdf >. Acesso em 16 maio.2023.

AHMED, Umair. et al. *Efficient Water Quality Prediction Using Supervised Machine Learning*. **Water**, v. 11, n. 11, p. 2210, 24 out. 2019. Disponível em: < <https://doi.org/10.3390/w11112210>> Acesso em 15 abr.2023.

BARRAGAN, Luz Melynca Villanueva; CHAHUARA, Luz Clarita Quispe. *Polímeros naturales para sustituir floculantes químicos en el tratamiento de aguas para consumo humano*. Una revisión. 17 f. 2020. Disponível em: < https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/3323/Luz_Trabajo_Bachiller_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 21 abr.2023.

BASTOS, Alexander Rangel; AFONSO, Júlio Carlos. *separação sólido-líquido: centrífugas e papéis de filtro*. **Química Nova**, v. 38, n. 5, p. 749–756, jun. 2015. Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/qn/a/kYtGtdq8JdBmjrvZfZdTmqK/?format=pdf&lang=pt> > Acesso em 21 abr.2023.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005.

BRK. *Afinal, colocar cloro na água durante o tratamento é uma boa opção? Entenda*, BRKambiental, 2019 Disponível em: < <https://blog.brkambiental.com.br/cloro-na-agua/> > Acesso em 21 abr.2023.

Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal. *Como a Água é Tratada*. CAESB, 2023 Disponível em: < <https://www.caesb.df.gov.br/como-a-agua-e-tratada.html> >. Acesso em 17 jun.2023.

CÉ, Ana et al. *Pós-tratamento de efluente doméstico por coagulação, floculação, sedimentação, filtração e desinfecção, visando o reuso*. **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales. Investigación, desarrollo y práctica**, [S. l.], v. 12, n. 3, p. 482–495, 2019. Disponível em: < <https://revistas.unam.mx/index.php/aidis/article/view/62797> > Acesso em: 21 abr. 2023.

COSTA, Darleila Damasceno; KEMPKA, Aniela Pinto; SKORONSKI, Everton. A CONTAMINAÇÃO DE MANANCIAIS DE ABASTECIMENTO PELO NITRATO: O PANORAMA DO PROBLEMA NO BRASIL, SUAS CONSEQUÊNCIAS E AS



SOLUÇÕES POTENCIAIS. **REDE - Revista Eletrônica do PRODEMA**, Fortaleza, v. 10, n. 2, p. 49-61, jul. 2016. DOI 10.22411/rede2016.1002.04. Disponível em < <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjW27H-pdiCAXVzqJUChRkvCfYQFnoECCwQAQ&url=http%3A%2F%2Fwww.revistarede.ufc.br%2Frede%2Farticle%2Fview%2F338%2F105&usg=AOvVaw2cefmbHERfoY6EGXF4NRKy&opi=89978449>. > Acesso em: 22 nov. 2023.

DAVIS, Mackenzie L.; MASTEN, Susan j. **Princípios de engenharia ambiental**. 3. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016. 876 p. ISBN 978-85-8055-591-2.

DUARTE, Caroline de Barros. *Avaliação do desempenho de membranas cerâmicas tubulares para pós-tratamento de água potável*. 2022. 47 f. Trabalho de conclusão de Curso (graduação em engenharia química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível em: < <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/255914> > Acesso em 21 abr. 2023.

FORTES, Ana Carolina Chaves; BARROCAS, Paulo Rubens Guimarães; KLIGERMAN, Debora Cynamon. *A vigilância da qualidade da água e o papel da informação na garantia do acesso*. **Saúde em Debate**, v. 43, n. Saúde debate, p. 20–34, dez. 2019. Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/sdeb/a/MScwKFMGMHc9j5yv49ZwhHM/?lang=pt#> > Acesso em 11 abr.2023.

Google. Google Earth [Software de mapeamento]. Disponível em: Disponível em: < <https://earth.google.com/web/@-29.09454477,-49.71140387,12.7860918a,13609.86557693d,35y,360h,0t,0r/data=OgMKATA> > Acesso em 22 nov.2023.

JESSIE, Kamila. *O que é coagulação e por que é tão importante para o tratamento de água*. ENGENHARIA360, 2020. Disponível em: < <https://engenharia360.com/o-papel-da-coagulacao-no-tratamento-de-agua/> >. Acesso em 21 abr.2023.

LIMA, Cleane. *Adsorção*. EDUCAMAISBRASIL, 2019 Disponível em: < <https://www.educamaisbrasil.com.br/enem/quimica/adsorcao> >. Acesso em 14 maio.2023.

MAIOLI, Domênica. *Conheça as etapas de cloração e de cloração de água na indústria de alimentos*. AFREBRAS. 2019. Disponível em: < <https://afrebras.org.br/noticias/conheca-as-etapas-de-cloracao-e-decloracao-de-agua-na-industria-de-alimentos/> > acesso em 14 maio 2023.

MARQUES, Flavia. *O que é e para que serve a filtração no tratamento de água*. ACQUASOLUTION, 2017a. Disponível em: < <https://acquablog.acquasolution.com/o->



que-e-e-para-que-serve-a-filtracao-no-tratamento-de-agua/ >. Acesso em 14 maio 2023.

MARQUES, Flavia. *Conheça o mecanismo de ação do flúor no combate à cárie*. ACQUASOLUTION, 2017b. Disponível em: < <https://acquablog.acquasolution.com/acao-do-fluor-no-combate-a-carie/> >. Acesso em 14 maio 2023.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. *Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano*, Brasília. Secretaria de Vigilância em Saúde. Ministério da Saúde, 2006. 212 p. Disponível em: < https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia_controle_qualidade_agua.pdf > Acesso em 11 abr.2023.

MIXTURA. *Qual a importância do tratamento de água*. MIXTURA, 2022. Disponível em: < <https://mixture.ind.br/qual-a-importancia-da-estacao-de-tratamento-de-agua/> > Acesso em 11 abr.2023.

NASCIMENTO, Ronaldo Ferreira et al. *Adsorção: aspectos teóricos e aplicações ambientais*. 2020. Disponível em: < <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/53271> > Acesso em 23 abr.2023.

RAUPP, Grasielle. *AVALIAÇÃO AMBIENTAL DO RIO DA LAJE E SUAS INTERAÇÕES COM O ECOSSISTEMA COSTEIRO NO MUNICÍPIO DE SOMBRIO – SC*. 2008.113 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma. Disponível em: < <https://livros01.livrosgratis.com.br/cp062436.pdf> > Acesso em 10 mar 2023.

SILVA, J. F. A.; PEREIRA, R. G. *Panorama global da distribuição e uso de água doce*. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.10, 2019. disponível em: < <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2019.003.0023> > Acesso em 11 abr. 2023.

SNATURAL. *Filtros e Filtração de Água – Carvão Ativado*. [imagem]. Snatural, 2022. Disponível em < <https://www.snatural.com.br/filtro-agua-carvao-ativado/> > acesso em 19 maio 2023.

SOUZA, Émilin Casagrande de. *O que significa pH e qual sua influência na Qualidade da Água*. 2ENGENHEIROS. 2018. Disponível em: < <https://2engenheiros.com/2018/03/20/ph-e-qualidade-da-agua/> > acesso em 14 maio 2023.



SPIER, Vivian Cristina. *Fundamentos de química*. 1. ed. Curitiba: Editora Intersaberes, 2023. p. 133-134.

TORRES, Rafael Melo. Remoção biológica de nitrato em água de abastecimento humano utilizando o endocarpo de coco como fonte de carbono. 2011. 119 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento Ambiental; Meio Ambiente; Recursos Hídricos e Hidráulica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011. Disponível em: < <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/15978> > Acesso em 22 nov.2023.

UNICEF. *Reimagining Wash - Water Security for All*. UNICEF for every child, Nova Iorque. Programme Division United Nations Children's Fund. New York, NY, USA, Mar. 2021. Disponível em: < <https://www.unicef.org/reports/reimagining-wash-water-security-for-all> > Acesso em 11 abr.2023.

ABSTRACT

Water is one of the indispensable resources for survival; its scarcity, coupled with unequal distribution across the planet, renders it valuable. However, sources that are neglected and degraded are not uncommon. For human consumption, water must meet specific parameters to prevent it from becoming a vector for diseases or containing substances harmful to bodily functions. Water treatment plants exist to ensure water quality by employing a series of processes. This study is based on a methodology founded on the processes of coagulation, flocculation, filtration, adsorption, disinfection, and pH correction, which constitute conventional water treatment. It involves implementing the Jar Test encompassing the first three processes and constructing a prototype filter based on those used in Water Treatment Plants (WTPs). The aim is to assess the feasibility of treating water from the Laje River, located in the municipality of Sombrio, Santa Catarina, Brazil, to meet the Class 3 standards outlined in Resolution No. 357/2005 of CONAMA (National Environmental Council). Of the parameters evaluated, only the nitrate concentration showed unsatisfactory results, highlighting the need for more complex processes for treating water from the river.

Key-words: Conventional Treatment. Prototype Filter. Pollution. Coagulation. Flocculation. Filtration. Adsorption.



AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer principalmente à minha orientadora pelo suporte no decorrer deste ano e a minha família e amigos pelo incentivo e apoio.