



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE-UFCG**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR-CCTA**  
**UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL-**  
**UACTA GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL**  
*CAMPUS DE POMBAL-PB*

**ERIKA CAMINHA ALMEIDA**

**MEDIDA MITIGADORA PREVENTIVA NA ÁGUA DE**  
**RIO ATRAVÉS DE FILTROS LENTOS**

POMBAL-PB

2023

ERIKA CAMINHA ALMEIDA

**MEDIDA MITIGADORA PREVENTIVA NA ÁGUA DE  
RIO ATRAVÉS DE FILTROS LENTOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Pombal - PB, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Andréa Maria Brandão Mendes de Oliveira.

## FICHA CATALOGRÁFICA

A447m Almeida, Erika Caminha.

Medida mitigadora preventiva na água de rio através de filtros lentos /  
Erika Caminha Almeida. – Pombal, 2023.  
50 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia  
Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de  
Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2023.

“Orientação: Profª. Dra. Andréa Maria Brandão Mendes de Oliveira”.  
Referências.

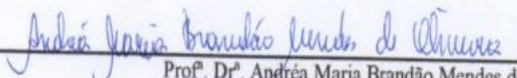
1. Tratamento de água. 2. Camada filtrante. 3. Filtros lentos. 4.  
Tratamento unifamiliar. I. Oliveira, Andréa Maria Brandão Mendes de. II.  
Título.

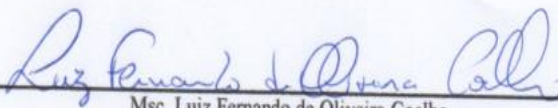
CDU 628.16 (043)

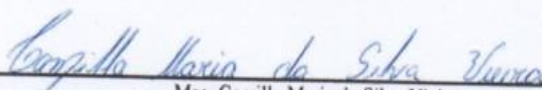
ERIKA CAMINHA ALMEIDA

**MEDIDA MITIGADORA PREVENTIVA NA ÁGUA DE  
RIO ATRAVÉS DE FILTROS LENTOS**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental, do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental, da Universidade Federal de Campina Grande, Pombal-PB, pela seguinte banca examinadora:

  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Andréa Maria Brandão Mendes de Oliveira  
(Orientadora) - UFCG/Campus de Pombal - PB

  
Msc. Luiz Fernando de Oliveira Coelho  
Examinador Interno - (CCTA/UACTA/UFCG)

  
Msc. Camilla Maria da Silva Vieira  
Examinador Externo - (SME-Pombal)

Pombal, 28 de junho de 2023.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por toda a força e todas as bênçãos derramadas sobre mim durante a minha trajetória no curso.

Aos meus pais, Debora (in memoriam) e Francisco por todo incentivo e esforço para que eu chegasse até aqui, pela força nas vezes que eu mais me sentia insegura. Essa conquista também é de vocês.

A minha tia Maria, tia Delma e seu esposo Iranildo, pelo apoio e cuidado comigo durante todo esse tempo.

As minhas primas, Sabrina e Samara, que sempre se fizeram presentes em todos os momentos de minha vida.

Ao meu namorado, Sony Anderson, que sempre esteve presente nessa reta final e não mede esforços para me amparar. Obrigada por me incentivar e acreditar em mim sempre. A minha amiga, Verônica Nádia, por todos os conselhos e apoio em todas as etapas da minha trajetória.

A minha orientadora, Dr. Andréa Maria Brandão Mendes de Oliveira, que sempre me apoiou desde o Projeto de Pesquisa e me inspira por sua simplicidade e carisma com a todos. Obrigada por todo ensinamento e por todos os momentos convvidos.

A Luiz Fernando, técnico do laboratório, por todos os conselhos, pelas as conversas e ensinamentos a mim repassados.

Ao LAAg, por ter me acolhido tão bem durante esses quase dois anos de vivência.

Aos meus colegas, por sempre me apoiarem, obrigada por terem feito parte da minha jornada acadêmica. Em especial a Denilson, Joalys, Emerson e Italo que se fizeram presentes em todas as etapas do meu trabalho e sempre estavam em prontidão para me ajudar, guardarei todas as lembranças.

A banca examinadora, por aceitarem o convite de participar desse momento ímpar para minha formação acadêmica.

ALMEIDA, E. C. **MEDIDA MITIGADORA PREVENTIVA NA ÁGUA DE RIO ATRAVÉS DE FILTROS LENTOS**. 2023. 48 pg. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande. Pombal-PB, 2023.

## RESUMO

A filtração é o processo que se dá através da passagem de um fluido através de um meio poroso, assim podendo deixar retido o material em suspensão e coloidal neste. A tecnologia envolvida no tratamento de água por meio de um filtro lento como produto alternativo ao fornecimento de água potável é o que move esta pesquisa. Neste intuito, objetiva apreciar três filtros com quatro materiais filtrantes diferentes como medida mitigadora preventiva na água de rio. Para a concepção dos filtros foi necessário o dimensionamento em três colunas em fluxo descendente projetados para um sistema unifamiliar para só então confeccioná-los com os quatro materiais filtrantes: caulim, argila verde, argila branca e areia. Para análise da eficiência dos protótipos foi analisado água do rio (bruta e tratada) segundo o Standard Methods visando a adequação aos limites preconizados na Portaria MS 888/21. A partir dos resultados obtidos conclui-se que é de fundamental importância a continuação dos estudos por um maior tempo de carreira de filtração devido ao potencial que o sistema apresentou para uma contribuição ao saneamento no Brasil, refletindo na saúde pública da população brasileira.

**Palavras-chave:** Camada filtrante; Filtros lentos; Tratamento unifamiliar.

ALMEIDA, E. C. **PREVENTIVE MITIGATION MEASURE IN RIVER WATER THROUGH SLOW FILTERS**. 2023. 48 pg. Completion of course work (Graduation in Environmental Engineering) – Federal University of Campina Grande. Pombal-PB, 2023.

### **ABSTRACT**

Filtration is the process that takes place through the passage of a fluid through a porous medium, thus being able to retain suspended and colloidal material in it. The technology involved in water treatment through a slow filter as an alternative product to the supply of drinking water is what drives this research. In this sense, the aim is to assess three filters with four different filtering materials as a preventive mitigation measure in river water. For the design of the filters, it was necessary to design three columns in descending flow designed for a single-family system and only then make them with the four filtering materials: kaolin, green clay, white clay and sand. To analyze the efficiency of the prototypes, river water (raw and treated) was analyzed according to the Standard Methods, aiming at adapting to the limits recommended in Ordinance MS 888/21. From the results obtained, it is concluded that it is of fundamental importance to continue the studies for a longer filtration career due to the potential that the system presented for a contribution to sanitation in Brazil, reflecting on the public health of the Brazilian population.

**Keywords:** Filter layer; Slow filters; Single Family treatment.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Fluxograma das etapas desenvolvidas.....	26
<b>Figura 2</b> - Esquema do filtro.....	27
<b>Figura 3</b> - Esquema dos filtros cheios.....	28
<b>Figura 4</b> - (a) Água de lavagem da areia; (b) Areia após lavagem.....	29
<b>Figura 5</b> - (a) Sistema de lavagem do caulim; (b) Caulim in natura; (c) Água durante a primeira lavagem; (d) Água durante as lavagens; (e) Água da última lavagem.....	29
<b>Figura 6</b> - (a) Material filtrante em conformação de esferas; (b) Material filtrante após tratamento térmico em contato com água.....	30
<b>Figura 7</b> - (a) Pastilhas in natura e submetidas a tratamento térmico; (b) pastilhas em contato com água.....	31
<b>Figura 8</b> - Estrutura da camada suporte dos filtros.....	32
<b>Figura 9</b> - Protótipos estruturados conforme dimensionamento.....	32
<b>Figura 10</b> - Esquema geral das instalações dos protótipos.....	33
<b>Figura 11</b> - Ponto de coleta da água em estudo.....	34
<b>Figura 12</b> - Análises de cor (uH) do experimento.....	37
<b>Figura 13</b> - Análises de turbidez (uT) do experimento.....	38
<b>Figura 14</b> - Análises de STD (mg/L) do experimento.....	39
<b>Figura 15</b> - Análises de pH do experimento.....	39
<b>Figura 16</b> - Análises de Sódio (mg/L) do experimento.....	40
<b>Figura 17</b> - Análises de Dureza Total (mg/L) do experimento.....	41
<b>Figura 18</b> - Análises de Dureza do Cálcio (mg/L) do experimento.....	41
<b>Figura 19</b> - Análises de Dureza do Magnésio (mg/L) do experimento.....	42



## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> -Valores máximos permitidos para os parâmetros de qualidade de água potável de acordo com a Portaria n° 888 do Ministério da Saúde.....	17
<b>Quadro 2</b> - Classificação da dureza.....	18
<b>Quadro 3</b> - Representação do tratamento térmico das pastilhas.....	30
<b>Quadro 4</b> - Parâmetros físico-químicos analisados.....	35
<b>Quadro 5</b> - Monitoramento da vazão (m <sup>3</sup> /dia) e taxa de filtração (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .dia).....	36
<b>Quadro 6</b> - Composições mineralógicas das argilas branca e verde.....	37

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Valores máximos recomendados para tratamento de água em filtros lentos.....	21
---	----

## SUMÁRIO

<b>1.0 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2.0 OBJETIVOS.....</b>	<b>15</b>
2.1 GERAL.....	15
2.2 ESPECÍFICOS.....	15
<b>3.0 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>16</b>
3.1 MÉTODOS DE TRATAMENTO DE ÁGUA.....	16
<b>3.1.1 Filtração rápida.....</b>	<b>18</b>
<b>3.1.2 Filtração lenta.....</b>	<b>19</b>
3.1.2.1 Limitações da filtração lenta.....	20
3.2 LIMPEZA DOS FILTROS LENTOS.....	21
3.3 CAMADA FILTRANTE .....	22
<b>3.3.1 Materiais filtrantes.....</b>	<b>22</b>
3.3.1.1 Areia.....	22
3.3.1.2 Caulim.....	23
3.3.1.3 Argilas: verde e branca.....	24
<b>4.0 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>26</b>
4.1 LOCAL DA PESQUISA.....	26
<b>4.1.1 Dimensionamento dos filtros.....</b>	<b>26</b>
<b>4.1.2 Projeção dos filtros.....</b>	<b>27</b>
<b>4.1.3 Confeção dos filtros.....</b>	<b>27</b>
<b>4.1.4 Parâmetros hidráulicos analisados.....</b>	<b>33</b>
4.2 COLETA DA AMOSTRA.....	34
<b>5.0 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>36</b>
5.1 PARÂMETROS HIDRÁULICOS AVALIADOS.....	36
5.2 DESEMPENHO DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS.....	36
<b>5.2.1 Desempenho dos filtros quanto a remoção de cor aparente.....</b>	<b>36</b>
<b>5.2.2 Desempenho dos filtros quanto a remoção de turbidez.....</b>	<b>38</b>
<b>5.2.3 Desempenho das análises de Sólido Totais Dissolvidos (STD) durante o experimento.....</b>	<b>38</b>
<b>5.2.4 Desempenho das análises de pH durante o experimento.....</b>	<b>39</b>
<b>5.2.5 Desempenho das análises de Sódio durante o experimento.....</b>	<b>40</b>
<b>5.2.6 Desempenho das análises de Dureza total e parcial durante o experimento.....</b>	<b>41</b>

<b>6.0 CONCLUSÃO.....</b>	<b>43</b>
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44

## 1.0 INTRODUÇÃO

A água é um bem fundamental, quando se trata de garantir a saúde e bem-estar da população, esta, tem suas inúmeras finalidades de uso, das mais simples até as mais complexas, e, se torna indispensável quando está relacionada a sobrevivência humana (SILVA; SILVA; PIRES,2014). Assim, a água que será consumida pelo ser humano deve-se atender aos critérios definidos pelas normas nacionais ou internacionais e as legislações vigentes (DI BERNARDO et al., 1999). Portanto, ao obedecer a estes critérios, a partir da tecnologia de tratamento adotada, considera-se dois fatores: a qualidade da água a ser tratada e a característica da comunidade a ser beneficiada (DI BERNARDO et al., 1999).

O Filtro Lento de Areia é considerado uma das formas mais antigas de tratamento de água para fins de potabilidade e visto como um importante método de purificação de água em todo o mundo (CAMPOS et. al., 2002). “Utilizado no tratamento de água para abastecimento, é efetivo na remoção da turbidez e microrganismos (patógenos). A sua performance depende dos parâmetros da qualidade da água bruta, temperatura e sazonalidade da água superficial” (WORMA, 2018).

Os filtros lentos são principalmente constituídos por: sistema de drenagem, camada suporte, camada filtrante, tubulação de descarga do sobrenadante, válvulas e acessórios de saída (HUISMAN; WOOD, 1974).

Os meios filtrantes geralmente são compostos de camada simples ou dupla. Comumente, são formados por areia ou por areia e antracito como estabelecido pela NBR 12216, onde a espessura da camada suporte depende do tipo de leito filtrante e do sistema de coleta de água filtrada, na qual deve-se seguir a exigência estabelecida pela NBR 12216 (GEHLING, 2017).

Considerando que a aplicação do método de tratamento de água convencional em âmbito unifamiliar é inviável devido ao alto custo de implementação, pois em diversos países em desenvolvimento a disponibilidade de recursos financeiros para construir estações de tratamento convencional é escassa, logo, se faz necessário que pesquisadores explorem novos métodos de aprimorar inovações já existentes, bem como encontrar novas tecnologias apropriadas para o desenvolvimento de projetos realistas, econômicos e confiáveis (DI BERNARDO et al., 1999).

Todos os filtros apresentam a necessidade de um meio filtrante para a ação efetiva de retenção de sólidos. Geralmente a porosidade desses meios apresenta ordem de

grandeza igual ou superior à das partículas que se pretende reter. Um meio filtrante que apresente poros menores, ou seja, uma malha de filtração mais fechada certamente apresentará um filtrado com aspecto mais puro, pois há uma maior remoção de pigmentos, em contrapartida esse tipo de malha apresenta problemas de obstrução em seus poros com maior frequência quando comparado aos meios com poros maiores (JUNIOR, 2005).

Na escolha do tipo de meios filtrantes alguns parâmetros são de extrema importância, tais como: a velocidade de filtração, a capacidade de retenção de sólidos em toda a superfície do filtro, taxa de obstrução nos interstícios do meio filtrante, resistência a ação de produtos químicos que compõem o processo bem como a pressão exercida pela torta (resíduo) acumulada, pouca resistência ao fluxo de filtrado e o custo benefício do material utilizado também deve ser avaliado.

Neste intuito, este trabalho abordará materiais diversos como meios filtrantes no tocante a qualidade da água para fins mais nobres.

## 2.0 OBJETIVOS

### 2.1 GERAL

- Apreciar três filtros com materiais filtrantes diferentes como medida mitigadora preventiva na água de rio.

### 2.2 ESPECÍFICOS

- Dimensionar, projetar e confeccionar três protótipos de filtros lentos;
- Caracterizar a água bruta e tratada de acordo com os parâmetros físico-químicos;
- Avaliar os parâmetros hidráulicos como vazão e taxa de filtração;
- Discorrer a alternativa mais viável do filtro com base em método comparativo.

### 3.0 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 MÉTODOS DE TRATAMENTO DE ÁGUA

No Brasil existe a predominância do emprego de estações de tratamento convencional ou de ciclo completo para águas de abastecimento. Porém, a implantação e operação desse sistema não é tão simples, resultando um custo elevado nessas etapas ao serem comparados com outras tecnologias (SILVA, 2020). Vários estudos sobre tecnologias de tratamento não convencional na literatura mostram que a eficiência desse tratamento é “tal qual o convencional, e demonstram que esses tipos de tratamentos apresentam simplicidade e custos reduzidos de implantação, operação e manutenção frente ao tratamento de ciclo completo” (SILVA, 2020).

Há um destaque para a importância no tratamento de água para o processo de filtração, pois é nessa etapa que não só remove a cor e turbidez da água, mas também inicia a remoção de microrganismos patogênicos (STUPP, 2016). A filtração age como uma barreira sanitária de tratamento, pois “não se pode garantir uma adequada segurança da água com relação à presença de patogênicos, se ela não passar pelo filtro” (CASTELLARI, 2021).

Os processos de filtragens podem utilizar-se de diferentes modelos de filtros (rápidos ou lentos) dependendo da cadeia de processamento da estação. Em estações de tratamento convencionais geralmente são empregados filtros rápidos apresentando maiores taxas de processamento com taxas entre 150 e 600 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. dia, já para os filtros lentos operam-se geralmente com taxas de 6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. dia (DI BERNARDO et al., 1999).

Tendo em vista que a água é de fundamental importância para a existência humana, torna-se imprescindível o controle da sua qualidade, para tanto, esse monitoramento é feito baseado em normas e portarias vigentes, estas garantem que se atendidos os valores preconizados por elas a saúde e bem-estar dos consumidores está assegurada (BIRKHEUER et al., 2017).

Esse processo se dá por meio de análises laboratoriais e podem ser divididas em físico-químicas (cor, sabor, turbidez, odor, condutividade elétrica, temperatura, pH, alcalinidade, dureza total, nitrogênio e fósforo total, entre outros) e microbiológicas (coliformes totais e termotolerantes, e microrganismos heterotróficos). Para a potabilidade da água, tem-se como referência a Portaria GM/MS no 888, de 4 de maio de 2021, do Ministério da Saúde (MS) (XAVIER, QUADROS, SILVA, 2022) que dispõe



“sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade” (BRASIL, 2021) esse documento também aborda os valores máximos permitidos para estes parâmetros, alguns deles podem ser observados no Quadro 1, alguns deles.

**Quadro 1** - Valores máximos permitidos para os parâmetros de qualidade de água potável de acordo com a Portaria nº 888 do Ministério da Saúde

PARÂMETRO	VALOR MÁXIMO PERMITIDO
pH	6 a 9,5
Turbidez	5 uT
Cor aparente	15 uH
Sólidos Totais Dissolvidos (STD)	500 mg/L
Cloretos (Cl <sup>-</sup> )	250 mg/L
Sódio (Na <sup>+</sup> )	200 mg/L
Dureza Total	300 mg/L
Cobre (Cu)	2 mg/L

Fonte: Adaptado de Brasil (2021)

Segundo Filho (2019), o parâmetro cor pode ser classificada como cor verdadeira (considerada aquela na qual não sofre com a presença de partículas suspensas, pois estas já passaram por um processo de remoção) e cor aparente (aquela na qual ocorre a dispersão de partículas suspensas, assim alterando sua coloração real).

Outro parâmetro de grande importância é a turbidez, esta indica que há uma disseminação de partículas em suspensão e estas dificultam a passagem da luz pela água (BIRKHEUER ET AL., 2017). Tendo como prioridade a saúde humana, é necessário analisar os sólidos totais dissolvidos, pois estes tanto em baixa quanto em grande quantidade podem acarretar problemas a saúde humana (LIMA et al., 2019).

Tratando-se da presença de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) na água, a presença destes pode estar correlacionada com a turbidez da água, onde este fator interfere na quantidade de luz que se pode traspasar (SILVA et. al., 2018), indicando que a presença de sólidos na água se dá através da presença de matéria existente nela, como por exemplo compostos orgânicos (PIVELI e KATO, 2006).

Analisar o pH é de fundamental importância, pois este indica como está a qualidade dos efluentes e o seu equilíbrio químico natural (TERRANÁLISES, 2021), quando expresso em valores muito baixos, indicando acidez na água, pode-se acarretar corrosividade para determinados metais, já quando apresenta valores muito altos, indicando alcalinidade na água, podem aparecer nas tubulações e reservatórios algumas incrustações, além de que os extremos desses teores podem causar danos à saúde humana (DI BERNARDO; PAZ, 2009).

Um mineral considerado importante quando se trata de consumo humano é o sódio, este é apontado como vilão quando associado a algumas doenças, como: hipertensão e outras doenças cardiovasculares (PINHEIRO, 2019), assim se faz necessário realizar a análise do teor de sódio para atentar-se a quantidade que está sendo ingerida a fim de evitar danos à saúde humana.

Definida como a soma das concentrações de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) na água, a dureza, é um parâmetro geralmente associado a dificuldade de precipitação do sabão devido ao efeito causado pela presença desses elementos (ABDALLA et. al., 2010). Analisando separadamente os compostos da dureza em água para consumo humano, para o cálcio não existem restrições desse parâmetro em relação a suas concentrações na água, tendo em vista que características benéficas a saúde humana podem ser encontradas nele (ABDALLA et. al., 2010). Para o magnésio, também não são apontadas restrições específicas, portanto se a água for muito dura, a presença desse mineral pode apresentar um efeito laxativo em humanos (ALVES et. al., 2018). De acordo com o Quadro 2 é possível classificar os resultados das amostras obtidos nas análises em branda, pouco dura, dura ou muito dura.

**Quadro 2** – Classificação da dureza

<b>Dureza</b>	<b>Concentração de <math>\text{CaCO}_3</math> (mg/L)</b>
Branda	Menor que 50
Pouco dura	Entre 50 e 100
Dura	Entre 100 e 200
Muito dura	Acima de 300

Fonte: RUBIM, 2012.

Segundo Mello (1991), desde o final do século XVI, já se utilizava a filtração como técnica para melhoria da qualidade da água no Brasil. O tratamento da água nesse processo se dá através da retenção de partículas presentes na água por meio de um material filtrante poroso.

### **3.1.1 Filtração rápida**

Gehling (2017) esclarece que o processo de filtração rápida visa a remoção de partículas e microrganismos que não foram retidas num sistema de pré tratamento, pois de acordo com Burgardt (2015) “para o uso eficiente da filtração rápida, é necessário o pré-tratamento da água bruta com a adição de um coagulante, podendo ou não haver a floculação ou flotação”, contudo, a realização desse processo depende da qualidade da

água que será tratada (DI BERNARDO et. al., 1999).

Esse sistema possui como características a operação com taxas de filtração entre 120 e 400 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.d., e a direção do fluxo podendo ser de fluxo ascendente ou descendente (BURGARDT, 2015). Relacionando-se a eficiência na remoção de partículas, a filtração rápida ascendente é menos eficiente que a de fluxo descendente (DI BERNARDO e DANTAS, 2005). A aplicação dessa tecnologia atualmente está voltada para os centros urbanos, tendo em vista a alta demanda para o uso, porém para comunidades rurais e/ou isoladas é um sistema inviável de implantação devido a suas condições operacionais (AMUI; MORUZZI, 2016).

### 3.1.2 Filtração lenta

Utilizada desde o começo do século XX como finalidade para tratamento de água de abastecimento público, consiste no processo de remoção de impurezas contidas na água bruta que “não requer a adoção de coagulante, trabalha com taxas de filtração baixas e utiliza meio filtrante de granulometria fina”, apresenta eficiência em relação ao tratamento desde que seja projetado em condições favoráveis para um bom funcionamento, seu processo de montagem é simples e dispõe de “elevada eficiência de remoção de bactérias, vírus e cistos de Giardia” (DI BERNARDO et. al., 1999).

O processo de filtração lenta se dá através de mecanismos que podem ser físicos e biológicos e que atuam em conjunto na retenção e remoção de impurezas (HAARHOFF e CLEASBY, 1991). No mecanismo físico, “geralmente é feita a extrapolação dos conceitos desenvolvidos na filtração rápida (mecanismos de transporte e de aderência) para a filtração lenta” (FARIAS, 2011). Já o mecanismo biológico, é considerado por Di Bernardo e Dantas (2005) como a ação mais importante do processo de filtração lenta, pois ocorre a formação da camada biológica, “schmutzdecke”, logo nos primeiros centímetros da camada filtrante. Assim, quando o fluxo de água já não atender mais a demanda do usuário, indica-se que será necessária a realização de uma limpeza no filtro.

A composição dos filtros lentos apresenta uma estrutura “para entrada de água bruta, uma camada de água (sobrenadante) que será filtrada através da passagem por um meio poroso composto por uma camada de areia e uma camada suporte [...], e coletada por um sistema de drenagem” (FARIAS 2011). No entanto, Poersch (2012) complementa a estrutura citada anteriormente e diz que em um filtro lento deve ter “uma estrutura de entrada, contendo o medidor de vazão, câmara filtrante, descarga do sobrenadante,

dispositivo para permitir o enchimento da câmara com água, meio filtrante, camada suporte, sistema de drenagem, válvulas e acessórios de saída”. E por fim, a saída da água se dá por meio de canais conectados a um vertedor ou por meio de caixas individuais (DI BERNARDO et. al., 1999).

Outro fator importante nesse processo, é a taxa de filtração onde “o uso de baixas taxas de filtração levam a um maior tempo de detenção da água sobre o meio filtrante e no seu interior, o que favorece uma intensa atividade biológica no filtro lento”. Esse tipo de tratamento apresenta limitações para um bom funcionamento e para que haja uma garantia que a água tratada esteja em boa qualidade para consumo humano, assim, está “restrita a águas que apresentam valores de cor verdadeira, turbidez e teor de sólidos suspensos relativamente baixos” (DI BERNARDO et al, 1999). Souza et. al. (2018) cita que esse fator é o que caracteriza o processo de filtração lenta e afirma que ela deve estar entre 2 e 14 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.d.

Segundo Nascimento et. al. (2012), a filtração lenta apresenta uma “facilidade de operação, manutenção e instalação, com custos considerados acessíveis ao produtor rural, grande eficácia na remoção de microrganismos e sem adição de agentes químicos são suas principais vantagens em relação a outras tecnologias”. Porém, uma de suas desvantagens, é o tamanho da área necessária para implementação desses filtros, pois faz-se necessário um espaço relativamente grande, o que muitas vezes, torna-se um empecilho nas comunidades rurais, principalmente (REINBRECHT E LICKS, 2016).

Com isso, dentre as tecnologias para tratamento de água em âmbito unifamiliar o processo de filtração lenta em pequena escala é capaz de produzir água suficiente para o consumo humano diário e requer apenas do investimento familiar para o andamento e implementação do projeto (MACIEL, 2018).

### 3.1.2.1 Limitações da filtração lenta

Apesar de ser uma técnica de simples implementação, confiável e que apresenta eficácia em seu tratamento, este processo apresenta algumas limitações em relação ao seu tratamento, uma delas está relacionada a qualidade da água bruta (GALVIS, 1999). Segundo Cleary (2005), a principal delas está relacionada a turbidez da água bruta, ou seja, da água que será filtrada, onde esta não pode apresentar uma turbidez elevada. De acordo com a Tabela 1 estão elencados alguns parâmetros de análise e seus respectivos valores máximos recomendados.

**Tabela 1** – Valores máximos recomendados para tratamento de água em filtros lentos

Parâmetro	Valores máximos recomendados	
	Di Bernardo; Dantas (2005)	Cleasby (1991)
Turbidez (uT)	100% < 15 95% < 10 90% < 5	5
Cor verdadeira (uC)	100% < 10 95% < 5	-
Ferro (mg Fe/L)	100% < 1,5 95% < 1,0 90% < 0,5	0,3
Manganês (mg Mn/L)	100% < 0,7 95% < 0,5 90% < 0,2	0,05
Algas	100% < 500 (UPA/mL) 95% < 250 (UPA/mL) 90% < 100 (UPA/mL)	5µg clorofila-a/L
Coli. Totais (NMP/100mL)	100% < 1000 95% < 250 90% < 100	-
<i>E. coli</i> (NMP/100mL)	100% < 500 95% < 250 90% < 100	-

Fonte: Adaptado de Di Bernardo e Dantas (2005).

Outro fator limitante, é que a utilização da areia como meio filtrante para a remoção de cor verdadeira não é uma boa alternativa, pois como esse parâmetro estar relacionado com a presença de substâncias dissolvidas ou coloidais na água, os processos e mecanismos físicos de separação não realizam uma remoção eficaz, assim dependem da aplicação de coagulantes químicos (DI BERNARDO et. al., 1999).

Levando em consideração a importância dos microrganismos para a realização da atividade biológica, estes quando se encontram em elevadas concentrações podem agir de forma prejudicial ao filtro e impedir que sua carreira de filtração seja reduzida (PIZZOLATTI, 2010) como também podem transmitir a água sabor, odor, trihalometanos e até toxinas, no caso das algas (DI BERNARDO et. al., 1999). Assim quando diminui a carreira de filtração é necessário realizar a limpeza dos filtros.

### 3.2 LIMPEZA DOS FILTROS LENTOS

A limpeza dos filtros é uma etapa significativa quando se trata de tratamento de águas para abastecimento, efetua-se quando ocorre a perda de carga estipulada para o projeto, ou seja, quando este começa a operar com a quantidade de água de entrada diferente da água de saída (filtrada) (PIZZOLATTI, 2010).

Para a realização desse processo, existem alguns métodos, de forma tradicional e aplicada a mais tempo para filtros lentos, Pizzolatti (2010) cita o procedimento realizado

através da raspagem do *Schmutzdecke*, onde raspa-se os primeiros de 1 a 5cm da camada filtrante, após a drenagem da água para que esta fique com um nível abaixo da superfície, em seguida esse material é lavado e adicionado novamente ao filtro, para que seja retomado o processo de filtração novamente.

Portanto, esse processo de raspagem, como é mais conhecido, é usualmente empregado para filtros de grandes dimensões. Já para filtros lentos, em pequenas dimensões, geralmente empregados em áreas rurais e/ou isoladas e em escala domiciliar, Sens (1992) propôs um sistema de retrolavagem com a água do próprio filtro.

A retrolavagem é feita de forma contrária ao fluxo de água que está sendo filtrada, esta “retorna do reservatório elevado com carga hidráulica suficiente para expandir e limpar o meio filtrante” (SOUZA, 2015). Deste modo, Marnoto (2008) desenvolveu um sistema piloto de bancada e a partir dele avaliou critérios como a qualidade da água filtrada, o intervalo de tempo em que a camada biológica se formava e a influência na vida útil das carreiras de filtração a partir de variadas expansões no decorrer do processo de retrolavagem.

### 3.3 CAMADA FILTRANTE

A camada filtrante ou meio filtrante como também é conhecida, é um meio poroso que tem relação com os mecanismos de filtração, onde suas características e propriedades são importantes para a eficiência do processo, como por exemplo, tamanho do grão, dureza, formato e densidade (BRINCK, 2009).

Conforme Cabelo (1996), a ação do meio granular ou poroso ocorre de três formas distintas: peneiramento ou coamento (retenção de partículas maiores que o tamanho dos grãos do material filtrante), sedimentação (retenção de sólidos suspensos pelos poros), adesão e coesão (contato entre a partícula em suspensão com os grãos do material filtrante criando forças de atração elétrica). Estudos comprovam que a remoção de sólidos e bactérias prevalecem nos primeiros 30cm de profundidade da camada filtrante (MURTHA; HELLER, 1999).

#### 3.3.1 Materiais filtrantes

##### 3.3.1.1 Areia

Utilizada no processo de filtração lenta desde o século VI, inicialmente em Veneza, onde constituía os filtros para tratamento de água da chuva e posteriormente ser encaminhada para cisternas, é considerada como o material mais comumente utilizado nos filtros lentos (BIOTRAKTI, 2018).

Esse material apresenta granulometrias variadas, porém segundo a ABNT 12216/1992 o tamanho efetivo do grão de areia para composição do filtro lento deve estar entre 0,25 e 0,35 mm, devendo apresentar uma espessura mínima de 0,90 m e coeficiente de uniformidade menor que 3.

Nesse caso, a água passa pelo meio filtrante (areia) que vai reter as partículas e ele juntamente com suas propriedades (tamanho, formato, densidade e dureza) irão influenciar na qualidade do processo de filtração e da água tratada (HIRT e SANTOS, 2011).

#### 3.3.1.2 Caulim

Utilizado para denominar a rocha composta por caulinita, o seu principal constituinte, nesse caso sendo o principal produto do seu beneficiamento, o caulim é uma rocha que possui uma granulometria fina e possui um baixo teor de ferro, assim explicando a sua coloração branca (LUZ et. al., 2008).

Comumente utilizado nas indústrias de fabricação de papel comum e revestido, cerâmicas e refratários (INDUSTRIAL MINERALS, 2001), este, por sua vez em seu processo de extração apresenta altos índices de impactos ambientais negativos, apesar de sua extração apresentar uma boa rentabilidade, pois os resíduos gerados ainda não têm uma destinação correta e não são procurados para fins de aplicabilidade e reutilização (MONTE, 2020).

Segundo Cavalcanti (2009) o rejeito do caulim produzido na mineração possui uma particularidade na sua composição, demonstrando uma capacidade de adsorção, assim como a disponibilidade é em larga escala, pode-se ter um adsorvente de baixo custo e com alta viabilidade.

E, tendo em vista o aumento pela demanda de água, devido ao crescimento populacional e a constante produção de rejeito de caulim pelas mineradoras, sem apresentar finalidade específica de uso, este material está sendo visado para utilização como material filtrante, na busca de realizar o seu reaproveitamento e trazer uma

alternativa viável e barata para a população no tratamento de água, desde que essa atenda aos padrões de potabilidade.

### 3.3.1.3 Argilas: verde e branca

As argilas segundo Amorin e Piazza (s.d.) são materiais naturais e terrosos com granulometria fina e quando adicionados a água geram uma certa plasticidade. Nas argilas, são encontrados minerais que fazem parte da sua composição e estes têm a função de potencializar alguns efeitos a depender da sua concentração. Estas, por sua vez apresentam diversas colorações e Bourgeois (2006) afirma que o que pode diferenciar essas cores apresentadas por elas é a quantidade de ferro hidratado (limonita) que estão presentes nelas.

Comumente, sua aplicabilidade é mais conhecida na indústria cosmética e no ramo farmacêutico, onde devem cumprir o número de exigências necessárias para garantir a segurança de quem está usando, ou seja, deve apresentar inocuidade química e microbiológica.

As argilas verde e branca apresentam características distintas, pois a argila branca “é formada majoritariamente por caulinita e em menores proporções por ilita e barita”, já a argila verde possui “o argilomineral mica muscovita como argilomineral majoritário de formação, bem como a presença dos argilominerais haloisita e caulinita ambas compostas pelas mesmas espécies, porém com disposição estrutural diferente” segundo estudos realizados por difração de raios x convencional (BALDUINO, 2016).

São formadas fundamentalmente por argilominerais, onde estes apresentam propriedades químicas distintas, como por exemplo, possuir aplicações em processos de adsorção (SALES, 2013). Quando se trata do uso das argilas, Carretero e Pozo (2009) enfatiza que há uma correlação entre as propriedades físicas e físico-químicas com a composição química dos minerais presentes nelas, ou seja, a escolha de um determinado componente para um fim específico irá depender de sua estrutura e sua característica química.

Composta por alumínio, óxido de magnésio, óxido de cálcio, enxofre, ferro, boro, potássio, cálcio, silício e óxido de enxofre (MEDEIROS, 2013; SAMPAIO et. al., 2008) a argila branca, possui em sua composição uma mistura de caolinita e quartzo e geralmente é utilizada em conjunto com as outras tonalidades mais escuras para atenuar a pigmentação (SOUZA, 2005).



Considerada a argila mais utilizada atualmente, a argila verde, possui óxido de ferro em sua composição, característico da formação da sua cor e material ligante com outros minerais como: quartzo, ilita e caolinita (RIBEIRO, 2010) nela são encontrados os seguintes elementos: zinco, monóxido de potássio, manganês, cobre, alumínio, silício, molibdênio, óxido de titânio, lítio, sódio e potássio (SAMPAIO et al, 2008; MEDEIROS, 2013).

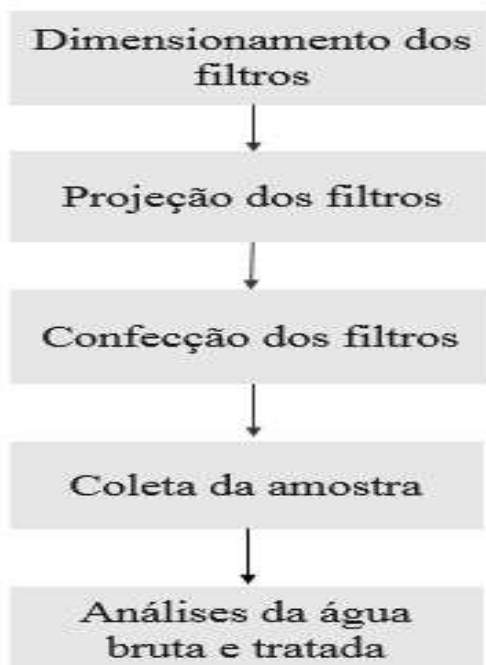
## 4.0 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 LOCAL DA PESQUISA

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Análises de Água (LAAg) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) Campus Pombal.

A Figura 1 apresenta um fluxograma das etapas desenvolvidas no presente estudo, que foram explicadas na sequência.

**Figura 1** – Fluxograma das etapas desenvolvidas



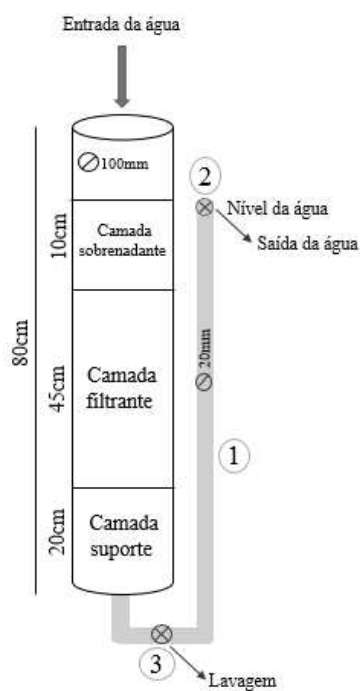
Fonte: Autora (2023)

#### 4.1.1 Dimensionamento dos filtros

Dimensionou-se as três colunas adaptando-as ao modelo proposto por Puhl (2021) em fluxo descendente, onde determinou-se 80 cm de altura para cada filtro, divididos em 45 cm de camada filtrante, 20 cm de camada suporte, 10 cm de camada sobrenadante e 5 cm livre, construídos em cano PVC de diâmetro interno de 100 mm. O sistema de saída da água foi composto por uma tubulação de diâmetro interno de 20mm como está representado por (1) na Figura 2, com uma torneira no fim da tubulação como está

representado por (2) na Figura 2, a mesma foi inserida baseada na altura da carga hidráulica no meio filtrante e tem como função transportar a água tratada até o recipiente de coleta, através de uma mangueira, também foi inserido um registro como está representado por (3) na Figura 2, para realização do sistema de lavagem, conforme mostra a Figura 2.

**Figura 2** – Esquema do filtro



Fonte: Autora (2023)

#### 4.1.2 Projeção dos filtros

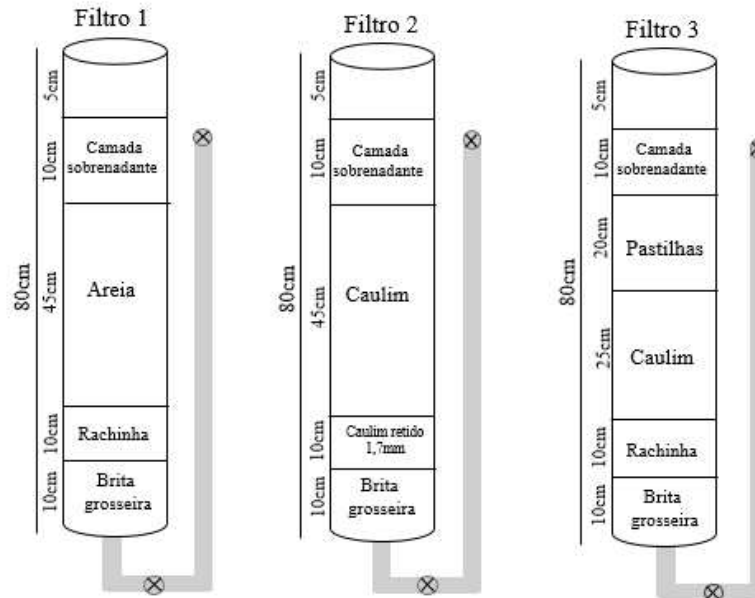
Projetou-se o filtro para um sistema alternativo unifamiliar, onde preconiza atender o uso diário de quatro pessoas, média populacional familiar considerada atualmente (SEADE, 2021) com o intuito de produzir cerca de 110 L/dia para cada habitante, quantidade esta considerada pela Organização das Nações Unidas (ONU) como suficiente para o desenvolvimento de atividades rotineiras (MARANHÃO, 2015).

#### 4.1.3 Confeção dos filtros

Para os materiais filtrantes, optou-se por quatro tipos: caulim, argila verde, argila branca e areia. A disposição de cada material filtrante nos Filtros 1,2 e 3 está representado

na Figura 3. O caulim foi adquirido na região do Seridó Paraibano e as argilas e a areia foram obtidos em lojas locais.

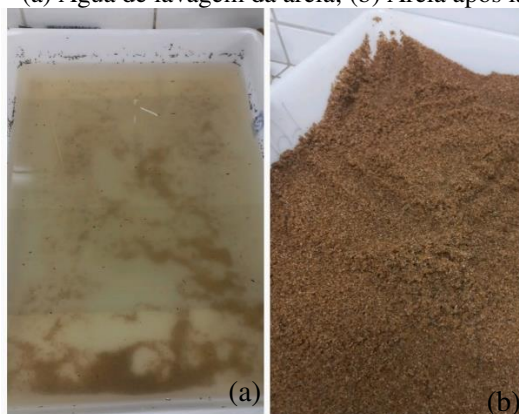
**Figura 3** – Esquema dos filtros cheios



Fonte: Autora (2023)

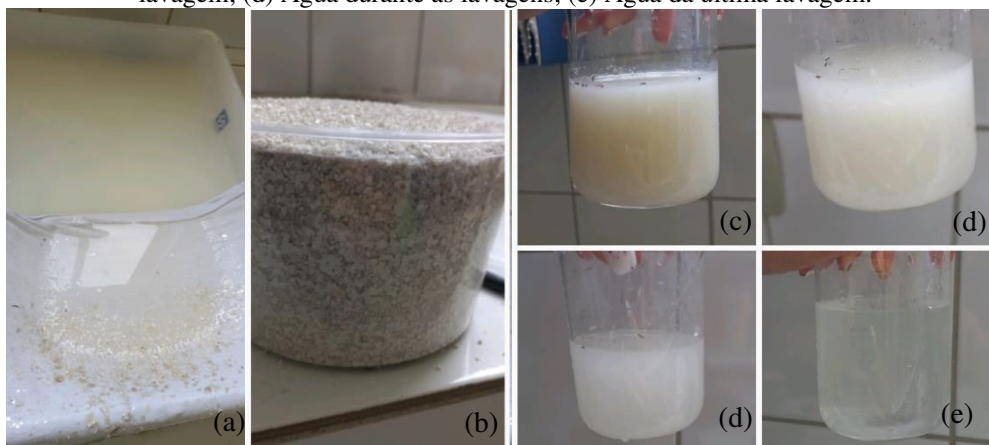
Antes da inserção da areia e do caulim nos filtros, estes passaram por um processo de lavagem para redução das impurezas presentes neles como é possível observar na Figura 4 (a) a água de lavagem da areia e esta após a lavagem na Figura 4 (b). Já na lavagem do caulim buscou-se uma redução no gasto de água utilizado e desenvolveu-se um sistema, parecido com um peneiramento, onde o caulim foi colocado em um guardanapo de tecido dentro de uma bandeja de plástico, recebia água na parte superior e depois reutilizava-se a água utilizada inicialmente após a decantação do pó conforme mostra a figura 5 (a), pois este possui uma grande quantidade de pó e material agregado como mostra a figura 5 (b) que está associado a transferência de coloração para a água como é possível perceber nas Figuras 5 (c) e 5 (d). O caulim foi lavado até que a água saísse visualmente limpa como mostra a Figura 5 (e).

**Figura 4** – (a) Água de lavagem da areia; (b) Areia após lavagem



Fonte: Autora (2023)

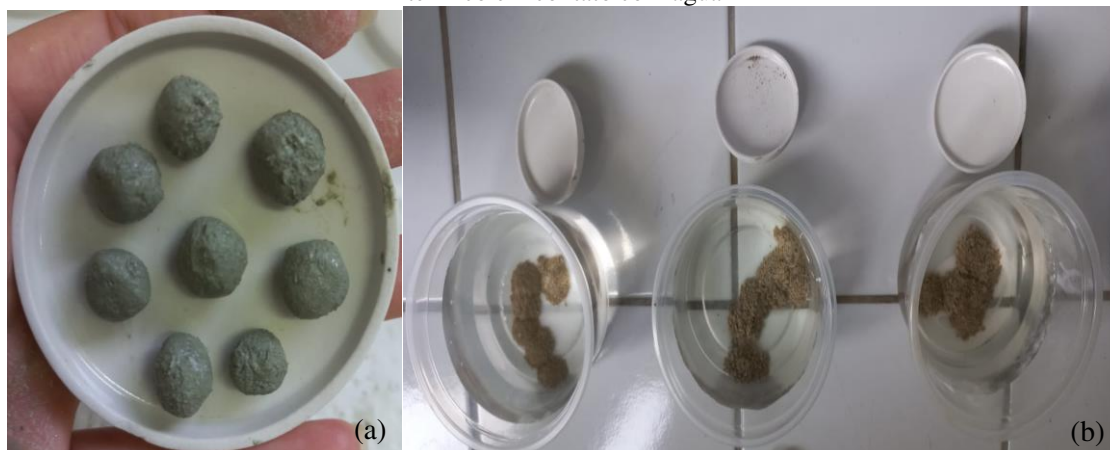
**Figura 5** – (a) Sistema de lavagem do caulim; (b) Caulim in natura; (c) Água durante a primeira lavagem; (d) Água durante as lavagens; (e) Água da última lavagem.



Fonte: Autora (2023)

Devido a dissolução das argilas em pó ao entrar em contato com a água, optou-se por usa-las na conformação em formato de pastilha, estas foram confeccionadas em traços 1:1, ou seja, possuía a mesma quantidade de cada material, porém antes da construção das pastilhas, inicialmente foram testadas em formato de esferas, levadas a mufla a 200 °C por 3h, como é possível observar o formato na Figura 6 (a) e o seu comportamento ao entrar em contato com a água na Figura 6 (b).

**Figura 6** – (a) Material filtrante em conformação de esferas; (b) Material filtrante após tratamento térmico em contato com água



Fonte: Autora (2023)

Tendo em vista que as argilas são consideradas bons aglomerantes, a partir da junção das duas argilas (verde e branca) com caulim foi notório que mesmo em temperaturas diferentes, as amostras se desmanchavam, assim sendo inserido um quarto componente na construção das pastilhas, um agente ligante, no caso, o amido de milho, o qual apresenta “grânulos [...] relativamente densos e insolúveis em água a temperatura ambiente, se hidratando, até uma certa extensão de forma reversível” (BORBA, et. al., 2021), onde todos os materiais foram utilizados em mesma quantidade.

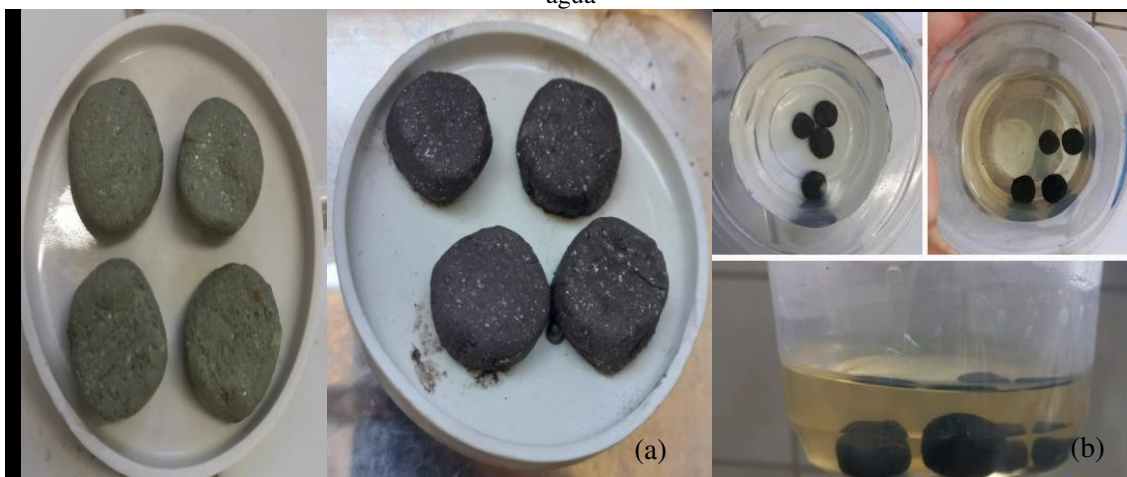
Baseando-se na metodologia de FERREIRA (2022), onde as pastilhas seriam levadas ao tratamento térmico por 4h a 350 °C, buscando uma estabilidade física, foi adaptado um tratamento térmico para presente o estudo como especificado no Quadro 3. Porém as pastilhas se comportaram de maneira diferente, sendo moldadas e levadas a mufla com os quatro componentes como ilustra a Figura 7 (a) e também em contato com a água mostrada na Figura 7 (b).

**Quadro 3** – Representação do tratamento térmico das pastilhas

Material	Temperatura	Tempo
Pastilhas de argila verde + argila branca + caulim + amido de milho	100 °C	30 min
	200 °C	30 min
	300 °C	3h
		Total = 4h

Fonte: Autora (2023)

**Figura 7** – (a) Pastilhas in natura e submetidas a tratamento térmico; (b) pastilhas em contato com água



Fonte: Autora (2023)

Após a observação do comportamento das pastilhas em contato com a água, foi possível encontrar um tratamento térmico que atingisse a estabilidade das mesmas, fazendo com que não ocorresse mais sua desagregação. Porém um ponto de grande relevância é a cor que estas apresentaram ao fim do processo, pois quando interagem com água fazem com que a mesma apresente visivelmente uma cor alterada. Güllich et. al. (2018) explica que isso ocorre pois a exposição do amido a altas temperaturas faz com que ele altere suas propriedades físico-químicas. De tal modo, mesmo se apresentando dessa maneira, esse foi o tratamento escolhido para a estruturação das pastilhas e assim completar a montagem do filtro III.

A camada suporte dos três filtros apresentam-se com 10 cm de brita sem classificação granulométrica na camada inferior, diferenciando-se nos 10 cm superior, onde o Filtro 1 e o Filtro 3 foram preenchidos por pedra rachinha, enquanto o Filtro 2 foi recheado com caulim como mostra a Figura 8, onde para estes materiais também foi realizado o processo de lavagem antes da inserção nos filtros.

**Figura 8** – Estrutura da camada suporte dos filtros



Fonte: Autora (2023)

Durante a confecção do protótipo, realizou-se a fixação de uma placa transparente de acetato na parte frontal do filtro, inserida por meio de um corte feito no cano PVC como mostra a Figura 9, logo, foi possível controlar a espessura dessas camadas de forma visual, sendo este recurso, também utilizado como meio de identificação de algum possível problema que viesse a ocorrer, como a colmatção do filtro ou algum mau funcionamento na parte hidráulica, por exemplo.

**Figura 9** – Protótipos estruturados conforme dimensionamento



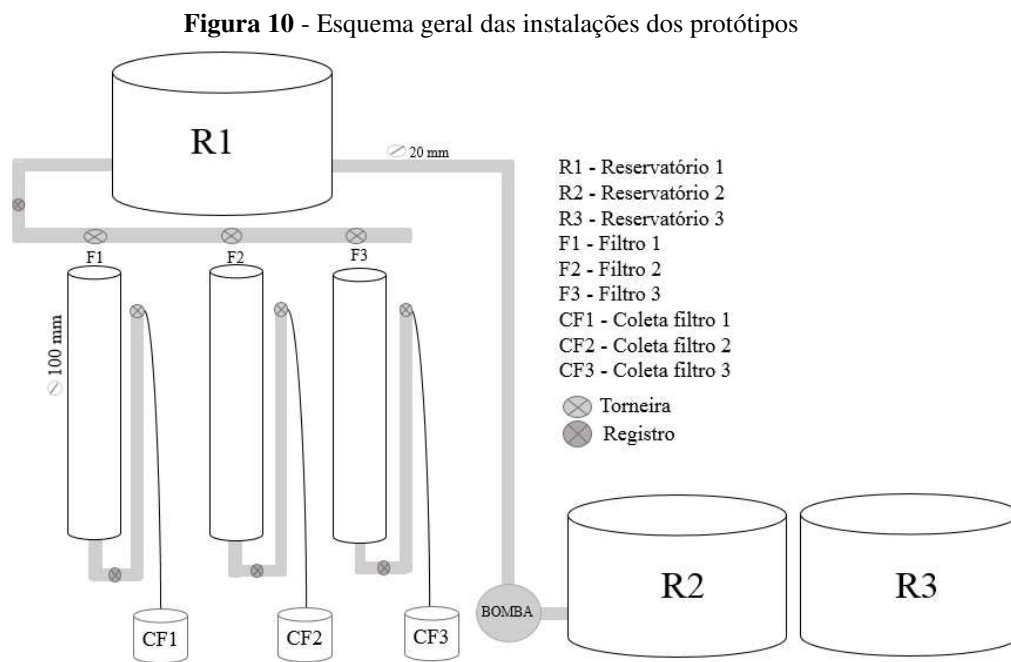
Fonte: Autora (2023)

Após o dimensionamento, a projeção e confecção, foi adicionado água diretamente da rede de distribuição de água do campus nos filtros para teste de estanqueidade, a fim de analisar se havia ou não a presença de vazamentos e realizar as possíveis correções para então dar sequência ao desenvolvimento da pesquisa.



#### 4.1.4 Parâmetros hidráulicos analisados

A instalação do sistema se deu conforme mostra a Figura 10, onde a água foi depositada nos reservatórios 2 e 3, e recalçada para o reservatório 1 através de uma bomba de ½ cv, onde este, após cheio, distribuía água em fluxo descendente para os filtros por um sistema composto por três torneiras equivalentes a cada filtro.



Fonte: Autora (2023)

A fim de avaliar a taxa de filtração, parâmetro este que interfere no processo de filtração e está relacionada a colmatação do filtro, calculou-se a vazão com a utilização de um béquer de um litro medindo o volume de água de saída tanto das torneiras que alimentavam os filtros quanto das torneiras de saída do filtro em um minuto, esta foi calculada apenas uma vez devido o funcionamento do filtro ter se dado em poucos dias. Dessa forma, a partir da vazão calculada e do conhecimento da área da seção transversal, aplicou-se a equação 1 para determinar as taxas de filtração das saídas de água bruta e de água tratada.

$$Tx = \frac{Q}{A} \quad (1)$$

Onde:  $Q$  = vazão ( $m^3 /d$ );  $A$  = área transversal ( $m^2$ ) e  $T_x$  = taxa de filtração ( $m^3 /m^2 \cdot d$ )

Em relação a água sobrenadante, esta permaneceu em nível constante durante todo o tempo de operação do filtro, pois como o sistema foi operado com vazão tanto de entrada quanto saída constante, permitiu que os filtros estivessem sempre afogados e, considerando que o protótipo que exibir melhor desempenho será indicado como uma proposta alternativa para uma unidade unifamiliar, este ponto apresenta grande relevância, pois segundo Murtha (1998) ainda há uma dificuldade na operação do sistema, tendo em vista que controlar o nível da água se torna um componente complicador para a operação.

#### 4.2 COLETA DA AMOSTRA

A coleta da amostra de água deu-se no rio Piancó, especificamente no ponto mostrado na Figura 11, município de Pombal, localizado no alto sertão da Paraíba, em período chuvoso, correspondente aos meses entre fevereiro e abril. A mesma foi coletada a uma temperatura de  $24,8^\circ C$  e mantida em condições ambiente por todos os dias de funcionamento do experimento.

**Figura 11** – Ponto de coleta da água em estudo



Fonte: Autora (2023)

Após a chegada da amostra de água no LAAg, foram realizadas as respectivas análises tanto para água bruta quanto para a água tratada, como apresenta o Quadro 4.

**Quadro 4** – Parâmetros físico-químicos analisados

<b>Parâmetro</b>	<b>Teor da análise</b>	<b>Unidade</b>	<b>Equipamento ou método</b>	<b>Frequência</b>
pH	Química	-	pHmetro	Diária
Turbidez	Física	uT	Turbidímetro	Diária
Cor aparente	Física	uH	Colorímetro	Diária
Sólidos Totais Dissolvidos (STD)	Física	mg/L	Condutivímetro	Diária
Sódio (Na <sup>+</sup> )	Química	mg/L	Fotômetro de chama	Diária
Dureza Total	Química	mg/L	Titulometria de complexação	Diária
Dureza parcial	Química	mg/L	Titulometria de complexação	Diária

Fonte: Autora (2023)

## 5.0 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Parâmetros hidráulicos avaliados

O Quadro 5 apresenta a média da vazão e da taxa de filtração dos filtros 1,2 e 3.

**Quadro 5** – Monitoramento da vazão (m<sup>3</sup>/dia) e taxa de filtração (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.dia)

Parâmetro	Saída de água bruta para F1	Saída de água bruta para F2	Saída de água bruta para F3	Saída de água tratada do Filtro 1 (F1)	Saída de água tratada do Filtro 2 (F2)	Saída de água tratada do Filtro 3 (F3)
Vazão (m <sup>3</sup> /dia)	0,3744	0,4464	0,3024	0,3888	0,4320	0,2880
Taxa de filtração (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .dia)	-	-	-	4,95	5,5	3,66

Fonte: Autora (2023)

Tendo em vista a produção de água per capita necessária para cada habitante dia que é de 110 L/dia, no qual totalizava uma produção de 440 L/hab por dia, os filtros não conseguiram atender a produção estimada, uma vez que tais produziram 388,8 L/dia; 432 L/dia; e 288 L/dia, respectivamente. No entanto, estes valores não são por completo insuficientes, pois se for considerado que as quantidades produzidas são suficientes para atender a demanda mínima diária de uma família, visto que segundo a própria Organização Mundial da Saúde (OMS) cada habitante necessita de pelo menos 50 litros de água diariamente como forma de assegurar uma boa saúde (ARSKY e BARBOSA, 2011), assim podendo ser redimensionado ou adicionado um coeficiente de reforço.

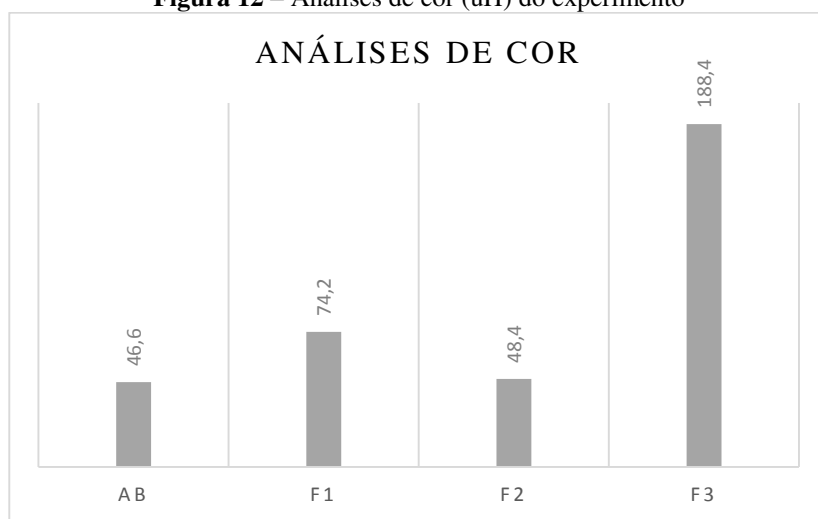
Analisando o parâmetro taxa de filtração, esta atendeu ao valor preconizado por Souza et. al. (2018), assim indicando que os filtros estão aptos a funcionarem por um bom tempo sem necessitar da utilização do sistema de lavagem instalado, pois o processo de colmatação ocorreu de forma lenta.

## 5.2 DESEMPENHO DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

### 5.2.1 Desempenho dos filtros quanto a remoção de cor aparente

Ao analisar o desempenho dos três filtros, o Filtro 1 (F1) e o Filtro 2 (F2) foram os que apresentou valores menores em relação a cor aparente, conforme ilustra a Figura 12. No entanto, esse valor ainda é superior ao preconizado pela Portaria 888/21 que é de 15 uH (BRASIL, 2021), isso possivelmente ocorreu devido ao período chuvoso, onde pode-se ter uma maior concentração de substâncias dissolvidas como compostos orgânicos, por exemplo, ou até mesmo o processo de lavagem dos materiais filtrantes que pode ter sido insuficiente, resultando assim na grande variação de cor apresentada tanto pela água bruta (AB) quanto pela água tratada, demonstrando assim que os filtros não apresentaram um bom desempenho para redução deste parâmetro. E, para o Filtro 3 (F3), no qual se apresentou um aumento considerável na cor, se deu possivelmente pela presença de minerais, principalmente ferro e manganês, encontrados na composição mineralógica das argilas como mostra em percentual no Quadro 6.

**Figura 12** – Análises de cor (uH) do experimento



Fonte: Autora (2023)

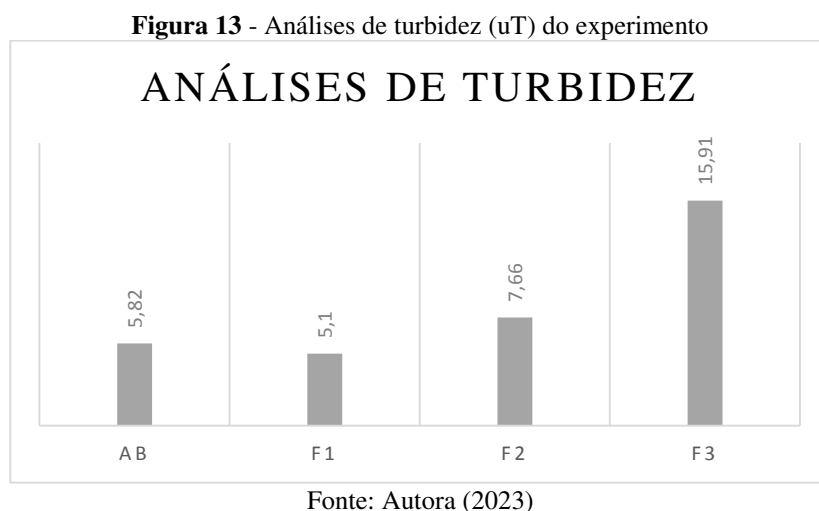
**Quadro 6** – Composições mineralógicas das argilas branca e verde

Argila Branca		Argila verde	
Mineral	%	Mineral	%
Silício	60,50	Silício	62,50
Alumínio	26,10	Alumínio	21,10
Ferro	0,75	Ferro	3,75
Cálcio	0,05	Cálcio	0,05
Fosforo	0,02	Fosforo	0,05
Manganês	0,19	Manganês	0,19
Sódio	0,01	Sódio	0,10
Titânio	0,61	Titânio	1,61
Magnésio	0,19	Magnésio	0,88
Potássio	0,70	Potássio	1,70
Enxofre	< 0,05	Enxofre	< 0,05

Fonte: Autora (2023)

### 5.2.2 Desempenho dos filtros quanto a remoção de turbidez

A Figura 13 apresenta as médias obtidas para as análises de turbidez tanto para a água bruta quanto para a água tratada dos três filtros.



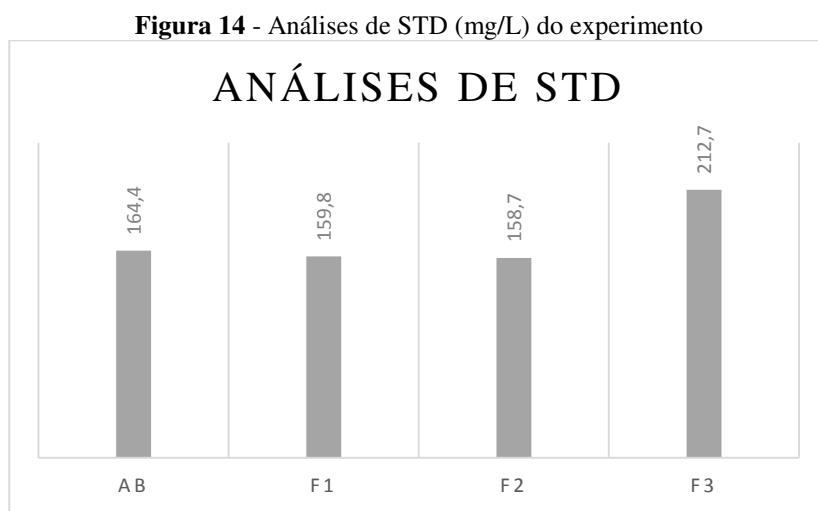
Ao verificar os valores de turbidez obtidos, o que apresentou melhor resultado foi Filtro 1 (F1), mostrando redução deste parâmetro durante a carreira de filtração e apresentando uma melhoria na qualidade da água se mostrando com valores próximos ao que a portaria exige que é de 5 uT (BRASIL, 2021). Isso provavelmente se deu pelo fato do tempo de contato do material filtrante com a água, onde quanto mais ocorre a lavagem do filtro, mais estável fica o parâmetro analisado.

Os filtros F2 e F3 apresentaram variação em seus resultados durante a carreira de filtração, não atendendo aos padrões legais exigidos, pois expressou nas análises, valores mais altos que a água bruta. Isso, se deu possivelmente, pelo caulim ser constituído de mineral argiloso e esse fator influenciar para o aumento da turbidez. Segundo Rocha (2019) a presença de “elementos metálicos em uma amostra com elevada turbidez também tendem a apresentar concentrações mais elevadas” dentre eles estão: ferro, manganês, alumínio e silício, para tanto, as argilas verde e branca utilizadas no presente estudo são compostas em sua grande maioria por silício possuindo cerca de 60,50% e 62,50%, respectivamente, como é possível perceber no Quadro 6.

### 5.2.3 Desempenho das análises de Sólido Totais Dissolvidos (STD) durante o

## experimento

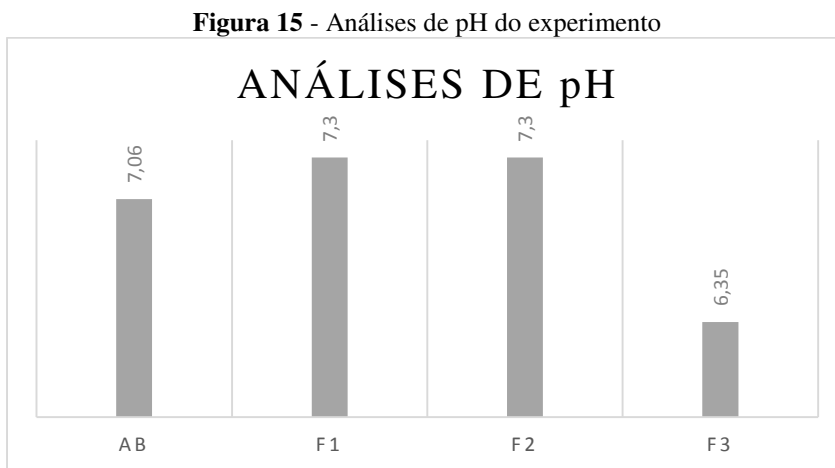
Na Figura 14 é possível observar os valores obtidos para as análises de STD do presente estudo para a água bruta e após filtração, onde a própria água bruta (AB) já atende a legislação vigente. De modo geral, todos os filtros atenderam a legislação em vigor, apresentando valores abaixo de 500 mg/L, sendo que para F3 houve uma elevação dos valores, possivelmente se deu pela presença de minerais na composição da camada filtrante.



Fonte: Autora (2023)

### 5.2.4 Desempenho das análises de pH durante o experimento

A Figura 15 representa o monitoramento realizado tanto na água bruta quanto na água tratada para o tempo de funcionamento dos filtros.



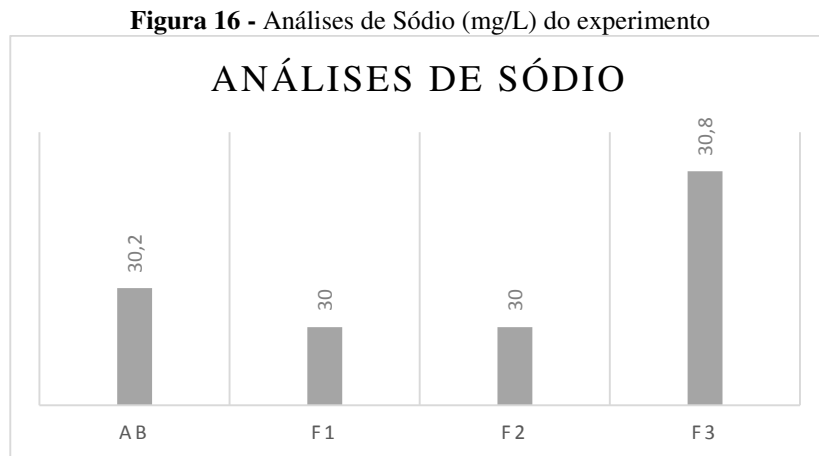
Fonte: Autora (2023)

A partir da Figura 15, é notório que o pH da água bruta se manteve bem próximo a neutralidade, assim atendendo os valores permitidos na portaria de potabilidade do MS, que é a faixa entre 6 e 9,5 (BRASIL,2021). Já para os valores obtidos da água tratada, os três filtros permaneceram entre o padrão estimado pela legislação, no entanto o F3 baixou o teor de pH da água.

Assim para o F3, pode-se dizer que o que mais influenciou na queda do pH foi a presença da argila branca e do amido de milho, pois o pH da argila branca varia entre 4,8 e 6,2 (KIREMITDJIAN, 2020) e o amido de milho segundo Shirai et. al., (2007) apresenta pH igual a 5,1, tendo em vista que o F2 permaneceu com valores mais próximos da AB nas amostras analisadas.

### 5.2.5 Desempenho das análises de Sódio durante o experimento

A Figura 16 apresenta os resultados do teor de sódio demonstrados em mg/L, demonstrados para a água bruta e tratada na carreira de filtração do experimento.



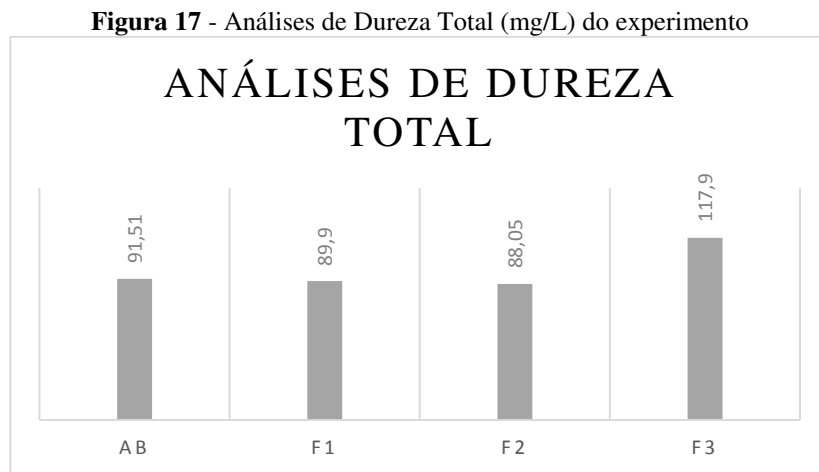
Fonte: Autora (2023)

Em geral, para as análises feitas, onde tendo como referência a AB os filtros o F1 e F2 apresentaram melhores resultados, reduzindo a quantidade de sódio da água de entrada. Já o F3, foi o único que apresentou aumento nos valores de sódio das amostras, isso pode ter se dado pelo fato de que as argilas verde e branca em sua composição continham 0,10% e 0,01% respectivamente de sódio, segundo o fabricante de ambas as argilas, como está representado no Quadro 6.



### 5.2.6 Desempenho das análises de Dureza total e parcial durante o experimento

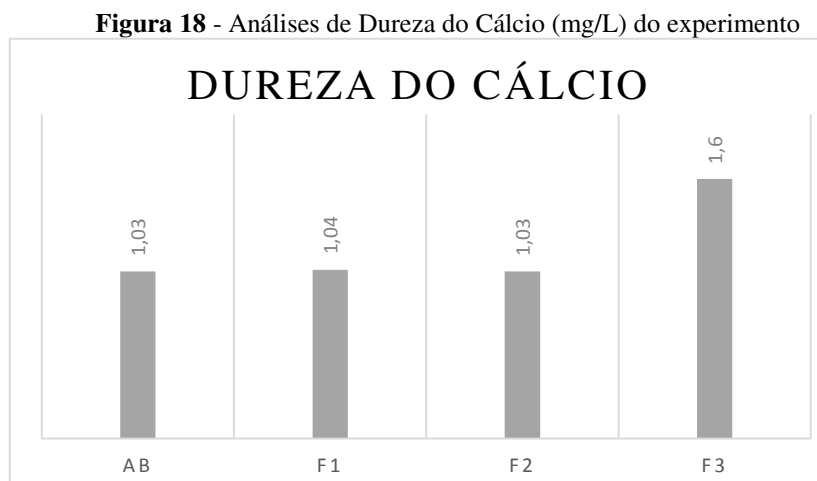
A Figura 17 apresenta os resultados de dureza total da água analisada.



Fonte: Autora (2023)

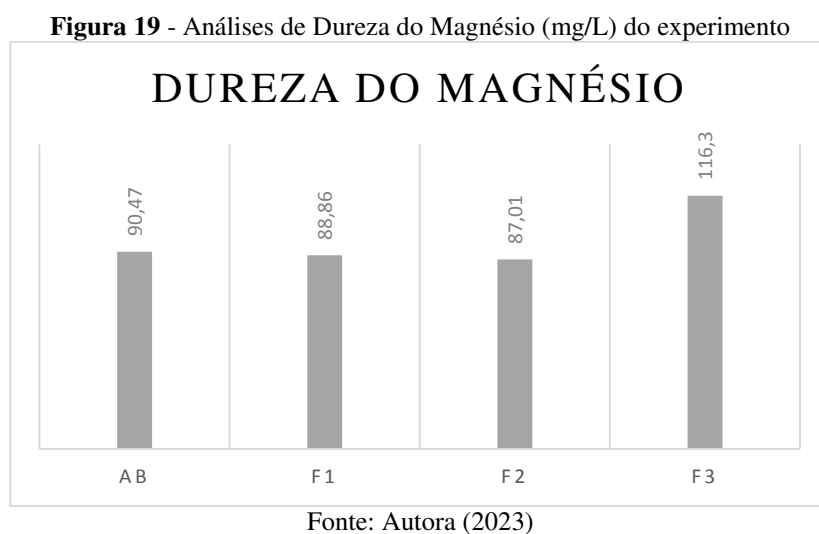
Para este parâmetro, a legislação vigente considera que o limite máximo de concentração seja 500 mg/L, assim pode-se perceber que as amostras se enquadram dentro dos valores permitidos pelas exigências da legislação. Classificando-se os valores expostos na Figura 17, a dureza da AB, F1 e F2 se manteve entre pouco dura a dura, já para o F3, a água filtrada se manteve dura, possivelmente explicado pelo fato de na composição mineralógica das argilas haver a presença dos sais que compõem a dureza total.

As Figuras 18 e 19 representam as concentrações em mg/L para dureza parcial obtidas nas amostras estudadas para a AB e para as águas tratadas nos três filtros.



Fonte: Autora (2023)

Analisando a Figura 18, os valores apresentaram-se bem próximos tanto para as amostras de AB quanto para as amostras de água filtrada nos três filtros, sendo elevado apenas no F3. Piveli (2006) aborda que a presença de elementos químicos como ferro, manganês, zinco e alumínio na água também podem elevar os teores de dureza, possivelmente isso explica o porquê as amostras do F3 apresentaram aumento nos valores de dureza, pois na composição mineralógica das argilas verde e branca apresentam concentrações desses minerais como mostra o Quadro 6.



No que se refere as análises de dureza do magnésio, pode-se perceber ao comparar as Figuras 18 e 19 que as concentrações de magnésio foram mais altas que as concentrações de cálcio em todas as amostras, podendo ter sofrido influência da geologia da região. Ressaltando para o F3, onde apresentou valores significativos de elevação que pode ter se dado pelo fato das argilas verde e branca possuir em sua composição esse mineral e assim ter influenciado para o aumento dos valores.

De modo geral, a dureza total deve ser um parâmetro estudado quando se tratar de qualidade de água para abastecimento humano, uma vez que águas duras ou muito duras podem causar problemas a saúde humana e influenciar nas características organolépticas da água (ALVES et. al., 2018).

## 6.0 CONCLUSÃO

Apesar de abrigar 12% de toda água doce do mundo, o trabalho apresentou de forma reflexiva que o Brasil não consegue levar esse recurso com qualidade para toda a sua população e a falta de acesso à água potável leva os indivíduos a buscarem outras fontes alternativas, muitas vezes contaminadas, o que pode causar inúmeras doenças, como cólera, febre tifoide e outros problemas graves de saúde.

Assim, é necessária a implementação de medidas que venham a beneficiar a população, com isso para a implantação de filtros com finalidade de tratamento de água para consumo se faz necessário um bom manejo dos materiais filtrantes, como por exemplo, a realização da higienização destes por meio da lavagem para a remoção das impurezas.

De modo geral, os filtros apresentaram bom desempenho relacionado aos seus parâmetros hidráulicos e no atendimento mínimo necessário de produção de água por dia por habitante num âmbito familiar com quatro pessoas, embora seja necessário a continuidade do estudo para que atinja uma produção de 440 L/hab por dia.

Em relação ao comportamento da camada filtrante, objeto este do estudo, ela foi bem acondicionada pela camada suporte, assim não permitindo o carreamento para o sistema hidráulico de saída, o que pode-se concluir como ponto positivo ao sistema proposto.

Levando em consideração o desempenho dos parâmetros analisados durante o presente trabalho, foi notório que a carreira de filtração foi curta, pois os filtros necessitavam de mais tempo de funcionamento, tendo em vista que na maioria das análises em F1 e F2 houve decréscimo, como também oscilações dos valores nos resultados obtidos nas análises, e também aumento destes como em F3, assim sendo recomendado o funcionamento deles por mais dias para uma melhor concretização dos dados. Com isso, a partir dos resultados obtidos conclui-se que é de fundamental importância a continuação dos estudos por um maior tempo de carreira de filtração devido ao potencial que o sistema apresentou para uma contribuição ao saneamento no Brasil, refletindo na saúde pública da população brasileira.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALLA, K. V. P. et. al. **AVALIAÇÃO DA DUREZA E DAS CONCENTRAÇÕES DE CÁLCIO E MAGNÉSIO EM ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA ZONA URBANA E RURAL DO MUNICÍPIO DE ROSÁRIO-MA.** *Águas Subterrâneas*. Recuperado de <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/22915>.

ALVES, A. T. V. et. al. Avaliação da dureza total de água encanada em municípios da Paraíba. Anais III CONBRACIS. Campina Grande: **Realize Editora**, 2018. Disponível em: <<https://www.editorarealize.com.br/index.php/artigo/visualizar/40811>>. Acesso em: 21/04/2023.

AMORIM, M.; PIAZZA, F. **USO DAS ARGILAS NA ESTÉTICA FACIAL E CORPORAL.** Disponível em: <http://siaibib01.univali.br/pdf/monthana%20imai%20de%20amorim.pdf>. Acesso em: 20/01/2023.

AMUI, C. R., MORUZZI, R. M. C. M. (2016). **Desenvolvimento e Avaliação de Protótipos de Filtro Lento para Tratamento de Água em Domicílios Rurais.** Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 97 p.

ARSKY, I.; BARBOSA, A. **DEMANDA HÍDRICA.** Curso de Formação em Gestão Pública, Acesso à Água e Convivência com o Semiárido FGP / SAN – ÁGUAS – CISTERNAS / 2011. Disponível em: <[http://plataforma.redesan.ufrgs.br/biblioteca/pdf\\_bib.php?COD\\_ARQUIVO=13989](http://plataforma.redesan.ufrgs.br/biblioteca/pdf_bib.php?COD_ARQUIVO=13989)>. Acesso em: 01/04/2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12216 – **Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público.** Rio de Janeiro: ABNT, abril 1992.

BALDUINO, A. P. Z. **Estudo da caracterização e composição de argilas de uso cosmético.** Tese (Mestrado em Ciências Aplicadas à Saúde) – Universidade Federal de Goiás. Jataí, 76 pag. 2016.

BRASIL. **Portaria GM/MS nº 888, de 4 de Maio de 2021.** Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS no 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888\\_07\\_05\\_2021.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html).

BIRKHEUER, C. F. et al. **Qualidade físico-química e microbiológica da água de consumo humano e animal do Brasil: análise sistemática.** Caderno pedagógico, Lajeado, v. 14, n. 1, p. 134-145, 2017.

BIOTRAKTI. **Aplicação de Filtros Lentos de Areia**. 29 de Dezembro de 2018. Disponível em: <https://biotrakti.blogspot.com/2018/12/aplicacao-dos-filtros-lentos-de-areia.html>. Acesso em: 23/01/2023.

BORBA, V. S. et. al. MODIFICAÇÕES DO AMIDO E SUAS IMPLICAÇÕES TECNOLÓGICAS E NUTRICIONAIS. IN: CORDEIRO, C. A. M.; SILVA, E. M.; SILVA, B. A. (coord.). **CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS: PESQUISA E PRÁTICAS CONTEMPORÂNEAS**. São Paulo, p. 428 – 457. 2021.

BOURGEOIS, Pierre. **El Extraordinário poder curativo de la Argila**. Barcelona: De Vicchi, 2006.

BRINCK, N. C. P. **AValiação do tipo de material filtrante no comportamento hidráulico de filtros rápidos de camada profunda no tratamento de águas de abastecimento**. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 393. 2009.

BURGARDT, T. **TÉCNICAS DE FILTRAÇÃO DE ÁGUA DESTINADAS AO ABASTECIMENTO PÚBLICO – ESTUDO DE CASO LAGOA DO PERI**. Tese (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade do Sul de Santa Catarina. Palhoça/SC, p. 47. 2015.

CABELO, F. P. **Riegos localizados de alta frecuencia**. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1996. 511 p.

CAMPOS, L. C. et. al. Biomass development in slow sand filters. **Water research**, v. 36, n. 18, p. 4543–51, nov. 2002.

CARRETERO MI, POZO M. Clay and non-clay minerals in the pharmaceutical industry. Part. I. Excipients and medical applications. **Appl. Clay Sci**; 2009;46:73-80.

CASTELLARI, R. **Água na torneira: O tratamento de água e a saúde!**. 2021. Disponível em: <https://biociencia7.webnode.page/l/agua-na-torneira-o-tratamento-de-agua-e-a-saude/>. Acesso em: 21/06/2023.

CAVALCANTI, J. V. F. L. **Preparação e utilização de uma argila esmectítica organofílica como adsorvente de fenol**. Quím. Nova vol.32 n. 8 São Paulo 2009. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422009000800013](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422009000800013). Acesso em: 20/01/2023.

CLEARY, S. A. **Sustainable drinking water treatment for small communities using multistage slow sand filtration**. 2005. 288 f. Dissertação (Mestrado) - University Of Waterloo, Ontario, 2005.

DI BERNARDO, L. et. al. **Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (Brasil). Tratamento de águas de abastecimento por filtração em múltiplas etapas**. Rio de Janeiro: ABES, 1999. 144p.

DI BERNARDO, L. et. al. **Tratamento de águas de abastecimento por filtração em múltiplas etapas**. São Carlos: EESC-USP, 1999.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A.D. (2005). **Métodos e Técnicas de Tratamento de Água**. ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Vols. 1 e 2, Rio de Janeiro, Brasil.

DI BERNARDO, L; DANTAS, A. D. B. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. São Carlos: RIMA, 2005. Vol. 1. Cap. 9, p. 513-63.

DI BERNARDO, L.; PAZ, L. P. S. **Seleção de tecnologias de tratamento de água**. São Carlos: LDiBe, 2009.

FARIAS, N. J. V. **Desempenho de filtros lentos, com diferentes períodos de amadurecimento, precedidos de pré-filtração em pedregulho no tratamento de águas contendo células tóxicas de Microcystis aeruginosa** [Distrito Federal] 2011. Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

FERREIRA, M. K. P. **POTENCIAL USO DAS ARGILAS VERDE E BRANCA COMO MEIO FILTRANTE NO AUXÍLIO AO TRATAMENTO DE ÁGUA**. Tese (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Ambiental) - Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Universidade Federal de Campina Grande. Pombal-PB, p. 63. 2022.

FILHO, D. **Caracterização da qualidade da água de Pau dos Ferros quanto a parâmetros físico-químicos**. Centro Multidisciplinar de Pau dos Ferros. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2019.

GALVIS, G. **Development and Evaluation of Multistage Filtration Plants: An Innovative, Robust and Efficient Water Treatment Technology**. 1999. 273 f. Tese (Doutorado) - Departamento de Centre For Environmental Health Engineering, School Of Engineering In The Environment University Of Surrey, Surrey, 1999.

GEHLING, G. **IPH 02058: Tratamento de Água e Esgoto, Capítulo 7**. 2017, p. 19. Notas de aula.

GULLICH, L. M. D. et. al. **EFEITO DO CALOR SOBRE AS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DE FARINHA DE MILHO**. In: X SIMPÓSIO DE ALIMENTOS: Refinarias de Alimentos Industrias Sustentáveis, 2018, Rio Grande do Sul. Anais [...] Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, ISSN 2236-0409, v. 10, 2018.

HAARHOFF, J. e CLEASBY, J.L. (1991). **“Biological and Physical Mechanisms in Slow Sand Filtration”** In: Longsdon, G.S. (ed.) Slow Sand Filtration. ASCE – American Society of Civil Engineers, Nova Iorque, E.U.A., 19-68.

HIRT, B.; SANTOS, D. **AVALIAÇÃO DA FILTRAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA USO NÃO POTÁVEL**. Tese (Engenharia de Produção Civil) - Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Curitiba. Curitiba, p.76. 2011.

HUISMAN, L.; WOOD, W. E. **Slow sand filtration**. Geneva, Belgium: World Health Organization, 1974.

**INDUSTRIAL MINERALS**, July 2001, p. 21.

JUNIOR, A. S. R. A Importância do Meio Filtrante. **Revista Meio Filtrante-Especializada em Filtração – Separação - Tratamento de água- Meio Ambiente**. Edição N° 17 - Novembro/Dezembro de 2005 - Ano 4. Disponível em: <https://www.meiofiltrante.com.br/Artigo/1066/a-importancia-do-meio-filtrante>. Acesso em: 11/05/2023.

KIREMITDJIAN, S. **pH da pele e o impacto do pH dos produtos na pele**. Cosmética em foco, 2020. Disponível em: <https://cosmeticaemfoco.com.br/artigos/ph-da-pele-e-o-impacto-do-ph-dos-produtos-na-pele/>. Acesso em: 18/05/2023.

LIMA, et. al. **Avaliação de parâmetros de potabilidade da água e de consumo do Instituto Federal Catarinense-Campus Araquari**. Instituto Federal Catarinense – Campus Araquari, 2019.

LUZ, A. B., CAMPOS, A. R., CARVALHO, E. A. e BERTOLINO, L. C., 2005. **Caulim - Usos e Especificações**. LUZ A. B. e LINS F. F (eds) Rochas e Minerais Industriais, 1 ed., cap. 11, Rio de Janeiro, Brasil, Centro de Tecnologia.

MACIEL, Paulo Marcos Faria. **Filtração lenta domiciliar como alternativa de tratamento de água em comunidades isoladas: eficiências com e sem controle de nível da água e aceleração do amadurecimento**. 2018. Tese (Doutorado). Curso em ciências: Engenharia Hidráulica e Saneamento, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.

MARANHÃO, F. É possível viver com 110 litros de água por dia?. UOL. DISPONIVEL EM: <https://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2015/02/05/e-possivel-viver-com-110-litros-de-agua-por-dia-veja-como-seria-a-sua-vida.htm>. Acesso em: 01/06/2023.

MARNOTO, M. J. E. **Expansão da areia durante a retrolavagem dos filtros lentos – influência sobre a qualidade da água para abastecimento e a duração das carreiras**. 2008. 79 f. Trabalho de 95 Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

MEDEIROS, G. M. S. **O PODER DA ARGILA MEDICINAL**. Blumenau: Ed. Nova Letra, 2013.

MELLO, V. P. **História do Saneamento de Pernambuco**. Companhia Pernambucana

de Saneamento (COMPESA), 1991.

**MONTE, P. M. VIABILIDADE AMBIENTAL DOS RESÍDUOS DE CAULIM COMO MEIO FILTRANTE PARA FILTRO NO TRATAMENTO DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO/CONSUMO HUMANO.** 2020. Tese (Trabalho de Conclusão de Curso). Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal. 2020. 50 pag.

**MURTHA, N. A. AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE VARIÁVEIS HIDRÁULICAS, PARÂMETROS DE PROJETO E DAS CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA NA EFICIÊNCIA DE FILTROS LENTOS DE AREIA.** Tese (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, p. 227. 1998.

MURTHA, N.A; HELLER L. Avaliação da eficiência da filtração lenta em areia segundo a profundidade do leito filtrante. 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. II – 043, pp. 1280 – 1289. ABES, 1999.

NASCIMENTO. A. et. al. FILTRAÇÃO LENTA PARA O TRATAMENTO DE ÁGUAS PARA PEQUENAS COMUNIDADES RURAIS. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, nº 4 – vol 2. 2012.

PINHEIRO, C. Até água mineral possui sódio: entenda quando quantidade do mineral é alta. VivaBem, 2019. Disponível em: <https://www.uol.com.br/vivabem/noticias/redacao/2019/08/20/ate-agua-mineral-possui-sodio-entenda-quando-quantidade-do-mineral-e-alta.htm>. Acesso em: 05/06/2023.

**PIVELI, R. P. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DAS ÁGUAS: pH, ACIDEZ, ALCALINIDADE E DUREZA.** Curso: “Qualidade das águas e poluição: Aspectos físico-químicos”, p. 28, 2006. Notas de aula.

PIVELI, R. P.; KATO, M. T. **Qualidade das águas e poluição: Aspectos Físico-químicos.** ABES, 2006.

**POERSCH, F. C. A. Sistema de Filtros Lentos Descendentes com Retrolavagem sem Reservatório Elevado.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)-Universidade Federal de Santa Catarina. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. 2012.

**PIZZOLATTI, B. S. Estudos de limpeza de filtro lento por raspagem e retrolavagem.** 2010. 120p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

Por que realizar a análise de pH em Águas e Efluentes? **Terranálises LABORATÓRIO DE ANÁLISES AMBIENTAIS**, 2021. Disponível em: <https://terranalises.com.br/novidade-detalhes/30/por-que-realizar-a-analise-de-ph-em-aguas-e->





L.; DEMIATE, I. M. **Características físico-químicas e utilização em alimentos de amidos modificados por tratamento oxidativo.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, Brasil, vol. 27, núm. 2, pp. 239-247, abril-junio, 2007.

SILVA, D. E. et. al. **Análise da eficiência da filtração lenta para o tratamento de água de uma nascente situada na zona rural de Passabém – MG.** Research, Society and Development, v. 7, n. 6, p. 01-25, e676184, 2018.

SILVA, K. M. S. **DESCRIÇÃO DAS TECNOLOGIAS DE TRATAMENTOS DE ÁGUA NO BRASIL E SUAS DISTRIBUIÇÕES POR REGIÕES NO PAÍS.** Tese (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba. Paraíba, p. 75. 2020.

SILVA, W.; SILVA, M.; PIRES; T. **O USO SUSTENTÁVEL E A QUALIDADE DA ÁGUA NA PRODUÇÃO ANIMAL. REVISTA ELETRÔNICA NUTRITIME.** Volume 11. 2014. Disponível em: [https://www.nutritime.com.br/arquivos\\_internos/artigos/ARTIGO266.pdf](https://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/ARTIGO266.pdf). Acesso em: 11/01/2023.

SOUZA, V. M. **ATIVOS DERMÁTOLÓGICOS**, Vol2.1. ED. SÃO PAULO: Phambooks, 2005.

SOUZA, F. H. et. al. **Diagnóstico e discussão sobre uso da Filtração Lenta para abastecimento público em Santa Catarina, Brasil.** Revista DAE, São Paulo, vol. 66, núm. 209, p. 37-50. Janeiro a março, 2018.

SOUZA, F. H. **Tratamento de água para abastecimento por meio de filtros lentos de fluxo ascendente com limpeza por retrolavagem e descarga de fundo.** 2015. 120 pg. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Santa Catarina, 2015.

STÜPP, A. J. **Avaliação do Funcionamento de um filtro Lento com retrolavagem Automática para o tratamento de Água de abastecimento em pequenas comunidades.** 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/166791>.

WORMA, F. **DESENVOLVIMENTO DE UM FILTRO LENTO BIFLUXO COM RETROLAVAGEM.** Tese (dissertação de Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina. 108 pg. 2018.

XAVIER, M. V. S.; QUADROS, H. C.; SILVA, M. S. S. **Parâmetros de potabilidade da água para o consumo humano: uma revisão integrativa.** Research, Society and Development, v. 11, n. 1, e42511125118, 2022 (CC BY 4.0), ISSN 2525-3409. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i1.25118>. Acesso em: 01/05/2022.