



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR  
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL  
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL**

**PRISCILLA MATIAS MONTE**

**VIABILIDADE AMBIENTAL DOS RESÍDUOS DE CAULIM COMO MEIO  
FILTRANTE PARA FILTRO NO TRATAMENTO DE ÁGUA PARA  
ABASTECIMENTO/CONSUMO HUMANO.**

POMBAL - PB

2020

PRISCILLA MATIAS MONTE

**VIABILIDADE AMBIENTAL DOS RESÍDUOS DE CAULIM COMO MEIO  
FILTRANTE PARA FILTROS NO TRATAMENTO DE ÁGUA PARA  
ABASTECIMENTO/CONSUMO HUMANO.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Unidade Acadêmica de Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito obrigatório para obtenção de título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Pós-doutora. Andréa Maria Brandão Mendes de Oliveira.

POMBAL- PB

2020

M772v Monte, Priscilla Matias.

Viabilidade ambiental dos resíduos de caulim como meio filtrante para filtro no tratamento de água para abastecimento/consumo humano / Priscilla Matias Monte. – Pombal, 2020.

48 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2020.

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

Referências.

1. Água para abastecimento - Tratamento. 2. Filtros. 3. Rejeito de caulim Material filtrante. 4. Água - Cor - Turbidez - PH. I. Oliveira, Andréa Maria Brandão Mendes de. II. Título.


CDU 628.16(043)

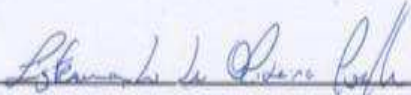
PRISCILLA MATIAS MONTE


**VIABILIDADE AMBIENTAL DOS RESÍDUOS DE CAULIM COMO MEIO  
FILTRANTE PARA FILTROS NO TRATAMENTO DE ÁGUA PARA  
ABASTECIMENTO/CONSUMO HUMANO.**

Aprovada em 10 / 11 / 2020

BANCA EXAMINADORA

  
Prof. Pós.Dr. Andréa Maria Brandão Mendes de Oliveira  
Orientadora – UFCG/CCTA - Campus de Pombal-PB

  
Prof. Msc. Luiz Fernando de Oliveira Coelho  
Examinador Interno - UFCG/CCTA - Campus de Pombal-PB

  
Msc. Werberton Dantas  
Examinador Externo – Seduc/PMBS/ Mestre em Sistemas Agroindustriais

POMBAL - PB  
2020

POMBAL - PB

2020

*Dedico este trabalho, a minha mãe Maria Francisca do Monte por todo amor, dedicação e apoio financeiro na incansável luta para realização deste sonho. A DEUS, por me dar força necessária para encarar a realidade e propor sempre um novo mundo de possibilidades.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, por não me deixar desistir diante das dificuldades encontradas ao longo do caminho.

Agradeço aos meus Pais pela oportunidade de concluir a graduação

Agradeço a todos os meus familiares, por todo amor, ajuda e incentivo para que eu pudesse realizar este sonho.

Agradeço a Ayanne Merinlim, Igor Santos e Anna Sherly por todos os momentos compartilhados (Brigas, choro, crises de ansiedade, alegrias ...) no nosso humilde apartamento e na vida acadêmica.

Aos amigos: Thalyne de Jesus, Patricia de Jesus, Shieenia Kadja, Karla Simone, Tainá Souza, Kaline Passos, Bruno Bandeira, Nararaly, Mara Lanyce entre muitos que a memória não me ajudou a lembrar.

Aos colegas, que comigo estudaram e passaram noites e finais de semana fazendo trabalhos acadêmicos, deram apoio nas etapas difíceis, e possibilitaram os muitos momentos de descontração.

Agradeço em especial a minha orientadora Pós. Dr<sup>a</sup>. Andréa Maria Brandão Mendes de Oliveira por todo carinho, dedicação, respeito, ensinamentos, e principalmente por me acolher de forma genuína.

Agradeço ao Msc. Luiz Fernando de Oliveira Coelho pela PACIÊNCIA, incentivo, e ensinamentos repassados.

Agradeço ao Laboratório de Análises da Água (LAAG), pela ajuda na Construção dos dados para Realização deste trabalho.

A todos que diretamente ou indiretamente contribuíram na construção da minha vida acadêmica, muito obrigada.

*O fim determina o Valor do esforço!*

*( frase judaica)*

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Caulim.....	16
Figura 2 – Diagrama Simplificado do Beneficiamento do Caulim.....	18
Figura 3 – Tecnologias de Tratamento de Água por Filtração Rápida.....	22
Figura 4 – Fluxograma das etapas da Metodologia.....	24
Figura 5 – Pesagem amostra do Rejeito de Caulim.....	25
Figura 6 – Caracterização Granulométrica.....	25
Figura 7 – Água das primeiras Lavagens.....	27
Figura 8 – Água das primeiras Lavagens.....	27
Figura 9 – Etapas Processo Lavagem Material.....	27
Figura 10 – Água após a Lavagem com Fricção.....	28
Figura 11 – Separação Granulométrica.....	28
Figura 12 – Argila Graduada no Material 4,75MM.....	29
Figura 13 – As Partículas Menores que apresenta Descamação.....	29
Figura 14 – Filtros.....	30
Figura 15 – Protótipo de Filtro 1.....	30
Figura 16 – Protótipo de Filtro 2.....	31
Figura 17 – Protótipo de Filtro 3.....	32
Figura 18 – Protótipo de Filtro 5.....	33
Figura 19 – Medição Turbidez.....	34
Figura 20 – Medição Cor.....	34
Figura 21 – Medição pH.....	35
Figura 22 – Coleta Amostra D'água indo para os Filtros após decantação.....	36
Figura 23 – Filtração.....	38

## LISTA DE TABELAS



Tabela 1 – Granulometria.....	26
Tabela 2 – Características Granulométricas Filtro 1.....	31
Tabela 3 – Características Granulométricas Filtro 2.....	32
Tabela 4 – Características Granulométricas Filtro 3.....	33
Tabela 5 – Características Granulométricas Filtro 4.....	33
Tabela 6 – Resultados dos Parâmetros Analisados do Filtro 1.....	38
Tabela 7 – Características Físico-Químicas das Amostras de Água coletadas e Avaliação dos Procedimentos de Filtragem.....	39

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**  
**(Ordem Alfabética)**

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas  
CAGEPA - Companhia de Água e Esgotos da Paraíba  
CCTA – Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar  
DNER - Departamento nacional de estradas de rodagens.  
ETA – Estação Tratamento de Água  
LAAg – Laboratório de Análises de Águas  
MS – Ministério Saúde  
pH – Potencial de Hidrogênio  
PIB – Produto Interno Bruto  
IDH - Índice de Desenvolvimento Humano  
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
UFCG – Universidade Federal de Campina Grande

## **RESUMO**

A atividade de exploração do Caulim apesar de ser muito viável e lucrativa, causa grandes impactos ambientais, sendo um dos principais problemas os resíduos gerados. A utilização de materiais que seriam descartados para solução de problemas da sociedade é indispensável nos tempos atuais, com base nisso este trabalho objetiva estudar a viabilidade ambiental do aproveitamento de rejeito de extração de caulim como meio filtrante para filtros, em substituição ao uso de outros materiais comumente usados como areia, carvão ativado, seixos entre outros. Para isto, dentre outros procedimentos, foi construído protótipos de filtros com garrafas pet e verificados sua eficiência. Os parâmetros físico-químicos monitorados foram cor, turbidez e pH, onde valores obtidos foram comparados com os previstos na legislação. Os resultados indicaram que a cor apresentou concentrações elevadas em todas as amostras o que nos leva acreditar que seja uma característica da água do manancial a ser tratada não estando diretamente ligada a filtração. A turbidez ficou muito abaixo do valor máximo permitido e o pH ficou no padrão limite permitido, portanto a turbidez e o pH estavam em conformidade com a legislação em comparação ao que estabelece a Portaria nº 5/2017 do Ministério da Saúde. Por fim, foi possível concluir que o filtro constituído material filtrante de rejeito caulim são viáveis para o tratamento de água abastecimento.

**Palavras-chave:** filtro, cor, turbidez, pH

## ABSTRACT

The kaolin exploration activity, despite being very viable and profitable, it causes great environmental impacts, one of the main problems is the waste generated. The use of environmentally friendly materials to solve society's problems is indispensable nowadays. Based on this, this work aims to study the environmental feasibility of using kaolin extraction waste as a filter medium for filters, replacing the use of other more commonly used as sand, activated carbon, pebbles among others. For this, among other procedures, prototypes of filters with pet bottles were built and their efficiency was verified. The physical-chemical parameters monitored were color, turbidity and pH, where values obtained were compared with those provided for in the legislation. The results indicated that the color presented high concentrations in all samples, which leads us to believe that it is a characteristic of the water in the spring to be treated and is not directly linked to filtration. The turbidity was well below the maximum allowed value and the pH was within the permitted limit standard, so the turbidity and pH were in compliance with the legislation in comparison to what is established by Decree No. 5/2017 of the Ministry of Health. It is possible to conclude that the filter made of kaolin waste filter material is viable for the treatment of water supply.

**Keywords:** filter, color, turbidity, pH

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>2. OBJETIVO</b> .....	14
2.1.1 Objetivo Geral.....	14
2.1.2 Objetivos Específicos.....	14
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	15
3.1 Minerais, argilas e Argilominerais.....	15
3.2 A indústria da Mineração.....	15
3.3 Caulim.....	16
3.4 Resíduos da extração caulim.....	17
3.4.1 Beneficiamento a seco e Beneficiamento a úmido.....	17
3.5 Impactos ambientais causados pelo beneficiamento de caulim.....	19
3.6 Tratamentos de Agua para Abastecimento.....	20
3.6.1. Filtração Lenta.....	21
3.6.2. Filtração Rápida.....	22
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	24
4.1 Caracterizações do Material.....	24
4.1.1 Amostragem.....	24
4.1.2 granulometria.....	25
4.1.3 Preparação da amostra.....	26
4.2 montagens dos filtros.....	29
4.3 Parâmetros Analisados e Amostra d'agua.....	34
<b>5 RESULTADOS E DISCURSOES</b> .....	37
5.1. Cor Aparente (uH).....	39
5.2 Turbidez (uT) .....	41
5.3 pH.....	42
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	45
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	46

## INTRODUÇÃO

A mineração é uma atividade econômica, industrial que consiste na pesquisa, exploração, lavra (extração) e beneficiamento de minérios presentes no subsolo (SOUSA, 2020). Os minerais argilosos estão entre os minerais economicamente mais importantes, não só em razão do volume produzido como também pelo valor dessa produção (BRANCO, 2014). No Brasil, a indústria de mineração responde por 1,4% do PIB Brasileiro e emprega cerca de 195 mil trabalhadores diretos, segundo o IBGE. O setor mineral gera grande quantidade de resíduos de diversos tipos e níveis de periculosidade como, por exemplo, a indústria de beneficiamento do caulim que lançam enormes quantidades de rejeito no meio ambiente onde podem conter ferro, alumínio, zinco entre outros contaminantes (SILVA, et. Al., 2001)

Caulim é um mineral que apresenta um vasto campo de aplicações industriais, em função de suas características que pode ser utilizado em diversos setores industriais, como pigmento, carga e cobertura na indústria de papel, matéria-prima para indústria cerâmica, na fabricação de porcelana, azulejo, esmalte, matriz para catalisadores (craqueamento de petróleo e dispositivo para exaustão de gases em automóveis), isolante elétrico, agente fornecedor de borracha e concreto, cobertura digestiva de remédios na indústria de fármacos. Além disso, ele pode ser usado na fabricação de cimento branco, pesticidas, vidro, adesivos, cosméticos, plásticos e outros (LUZ, 1998).

Apesar de a atividade de exploração do Caulim ser muito viável e lucrativa, ela causa grandes impactos ambientais, um dos principais problemas são os resíduos gerados os quais são descartados a céu aberto, onde modificam de forma significativa as áreas mineradas bem como áreas vizinhas, onde ocorre o depósito de rejeito após o processo de desareamento. Na Paraíba, por exemplo, os resíduos são descartados próximo de onde há a extração, assim, não há custo de transporte para a empresa.

Os resíduos, ainda não possuem valor econômico no mercado além de não ter aplicação para a sua reutilização, por esse motivo na tentativa de reduzir o custo do transporte para o descarte, às usinas de beneficiamento ficam rodeadas por montes de materiais não utilizados que poluem a água, o ar e o solo, atingindo a topografia, a fauna e flora da região.

Esse mineral possui uma particularidade em seu rejeito, pois as argilas apresentam alta viabilidade técnico-econômica decorrente do seu potencial de adsorção, que associado à sua disponibilidade abundante, o torna um adsorvente de

baixo custo (CAVALCANTI, 2009). O descarte de resíduos, de modo geral, ocasiona um impacto ambiental muito forte, o que tem justificado o esforço de pesquisas visando encontrar uma solução ambientalmente adequada para este problema. Porém, ainda é necessário o incentivo para o desenvolvimento de estudos e tecnologias para o melhor aproveitamento do resíduo de Caulim. Uma possibilidade é o emprego do rejeito da mineração como material filtrante na construção de filtro de baixo custo e sustentável. Uma vez que a demanda por água vem crescendo com o aumento populacional e com o desenvolvimento humano acelerado a tendência é que a demanda seja ainda maior com o passar do tempo. Assim, surge um grande desafio, atender os padrões de qualidade da água para consumo humano que deve seguir padrões e normas.

No Brasil, segue-se para padrões de qualidade da água a Portaria de consolidação nº 5/2017 do Ministério da Saúde, em seu anexo XX, que dispõe sobre o controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (BRASIL, 2017). Dentre os métodos existentes para o tratamento de águas, destaca-se o tratamento convencional, que é composto por uma série de processos sequenciais que consistem em coagulação, floculação, sedimentação e filtração para a clarificação de águas de mananciais superficiais (DI BERNARDO et al., 2005). Dentro do tratamento convencional, destaca-se o papel imprescindível do processo de filtração para remoção de sólidos residuais do tratamento a fim de garantir a qualidade necessária para a purificação e adequação para o consumo (DI BERNARDO et al., 2005).

Nesse contexto o objetivo principal é o desenvolvimento e construção de um protótipo de um filtro de bancada e análise de sua eficiência na redução dos parâmetros de cor, turbidez e pH utilizado rejeito de caulim como material filtrante como alternativa para tratamento de água de abastecimento público. Dessa forma, os estudos e experimentos contribuirão para diminuição do volume de resíduo e para o meio ambiente.

## **2.1 OBJETIVOS**

### **2.1.1 Objetivo Geral**

- Estudar a viabilidade ambiental dos resíduos de caulim como meio filtrante para o tratamento de água para abastecimento/consumo humano.

- 

#### 2.1.2 Objetivos Específicos

- Avaliar os parâmetros cor, turbidez e pH após a filtração.
- Comparar dos valores máximos permitidos pela portaria N° 5/2017 que dispõe sobre os padrões de potabilidade da água para consumo humano com resultados obtidos nas análises e os da Estação de tratamento de Água.
- Comparar dos valores obtidos nas análises com os da Estação de Tratamento de Água (ETA).
- Verificação eficiência dos filtros na redução da cor, turbidez e pH.



### **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 Minerais, argilas e Argilominerais**

Mineral é um corpo natural sólido e cristalino formado em decorrência da interação físico-químico em ambientes geológicos. São elementos ou compostos químicos com composição definida, cristalizados e formados naturalmente. A composição química e as propriedades cristalográficas bem definidas do mineral fazem com que ele seja único dentro do reino mineral e, assim, cada mineral recebe um nome característico (MADUREIRA, ATENCIO e MCREATH, 2000).

Argila é um material natural, de textura terrosa, de granulação fina, constituída essencialmente de argilominerais, podendo conter outros minerais que não são argilominerais (quartzo, mica, pirita, hematita, etc.), matéria orgânica e outras impurezas (ABCERAM, 2016).

Os argilominerais são os minerais característicos das argilas; quimicamente são silicatos de alumínio ou magnésio hidratados, contendo em certos tipos outros elementos como ferro, potássio, lítio e outros. Graças aos argilominerais, as argilas na presença de água desenvolvem uma série de propriedades tais como: plasticidade, resistência mecânica a úmido, retração linear de secagem, compactação, tixotropia e viscosidade de suspensões aquosas que explicam sua grande variedade de aplicações tecnológicas. Os principais grupos de argilominerais são caulinita (caulim), illita e esmectitas ou montmorilonita. (ABCERAM, 2016).

#### **3.2 A indústria da Mineração**

A mineração é uma atividade econômica, industrial que consiste na pesquisa, exploração, lavra (extração) e o beneficiamento de minérios presentes no subsolo. Essa atividade é uma das grandes responsáveis pelo atual panorama social em que vivemos, visto que a manipulação desse recurso é fonte de matéria prima na fabricação de diversos produtos como computadores, cosméticos, estradas, estruturas metálicas, entre outros. (SOUSA, 2020)

A mineração é indispensável ao desenvolvimento socioeconômico, é um insumo de primeira necessidade para manutenção das sociedades, principalmente aquelas ajustadas sobre o avanço da tecnologia, cujo aumento populacional acentuou a exploração desses recursos de forma exponencial. Existem diversos tipos de minerais, cada um com a sua particularidade, podemos citar os metais,

argila, silicatos e diversos outros, do quais podemos auxiliar a indústria de eletrônicos, material cerâmico, revestimento de aços, dentre as várias outras aplicações.

“A mineração é uma atividade essencial à vida de todos os seres humanos, afinal, vários bens materiais que possuímos atualmente só existem porque foram extraídos da terra. Existem diversos tipos de minerais, e cada um com a sua peculiaridade, podemos citar os silicatos, carbonatos, os metais e diversos outros, do qual através deles podemos auxiliar a indústria de computadores, tablets, celulares, com isolamento acústico, material cerâmico, revestimento de aços, e várias outras aplicações” (JESUS, SANTOS e FREIRE, 2016).

É uma atividade essencial, pois vários bens materiais que possuímos atualmente são resultados da extração e manipulação de minerais.

### 3.3 Caulim

O termo caulim é utilizado tanto para denominar a rocha que contém a caulinita, como o seu principal constituinte, quanto para o produto resultante do seu beneficiamento. Caulim é uma rocha de granulometria fina, constituída de material argiloso, normalmente com baixo teor de ferro, de cor branca ou quase branca como mostra a figura 1. Embora o mineral caulinita seja o principal constituinte do caulim ( $Al_2O_3 \cdot SiO_2 \cdot 2H_2O$ ), outros elementos além do alumínio, silício, hidrogênio e oxigênio geralmente estão presentes em sua composição. (LUZ et. al., 2008).

Figura 1- Caulim



Fonte: Google

O caulim é um silicato de alumínio classificado como mineral industrial, que ganhou destaque a partir da década de 1990, no Brasil sendo utilizada na indústria nacional de cerâmica, fertilizante, tinta, borracha, papel e na indústria farmacêutica. No Brasil pode ser encontrado na região Norte, Nordeste, Sul e Sudeste. Pode ser encontrado em dois tipos, o primário que resulta da alteração hidrotermal ou

intempérica de rochas cristalinas e o secundário que são resultados dos processos de erosão e deposição dos depósitos primários em bacias (SILVA, 2013)

Os depósitos de caulim nos Estados do Amazonas, Pará e Amapá são do tipo secundário, caracterizando-se por grandes reservas. Nos outros estados, verifica-se uma predominância de caulim primário, destacando-se os Estados de Minas Gerais, Paraíba, São Paulo, Goiás, Santa Catarina e Paraná (LUZ et. al., 2008).

Aplicações industriais e novos usos estão constantemente sendo pesquisados e desenvolvidos, uma vez que o mesmo é um mineral de características especiais, por ser quimicamente inerte dentro de uma ampla faixa de pH; ter cor branca; apresentar ótimo poder de cobertura quando usado como pigmento ou como extensor em aplicações de cobertura e carga; ser macio e pouco abrasivo; possuir baixa condutividade de calor e eletricidade e o seu custo é mais baixo que a maioria dos materiais concorrentes. Em função de suas propriedades físicas e químicas, ele pode ser utilizado em uma grande variedade de produtos, com destaque para o seu uso na fabricação de papéis comuns e revestidos, cerâmicas e refratárias (Industrial Minerais, 2001).

### **3.4 Resíduos da extração caulim**

As indústrias consumidoras demandam que o caulim fornecido apresente poucas variações em sua distribuição granulométrica logo o resíduo é o próprio caulim, constituído basicamente por caulinita, sendo que a sua granulometria é inadequada para matéria prima de determinado produto. Para promover o seu melhor aproveitamento e necessário realizar operações de beneficiamento, que vai depender do uso a que se destina a matéria-prima.

Existem dois processos de beneficiamento: via seca e via úmida como a maioria dos caulins não possui as características para que seu beneficiamento seja realizado por via seca, predomina-se o beneficiamento por via úmida. (LUZ et. al., 2008).

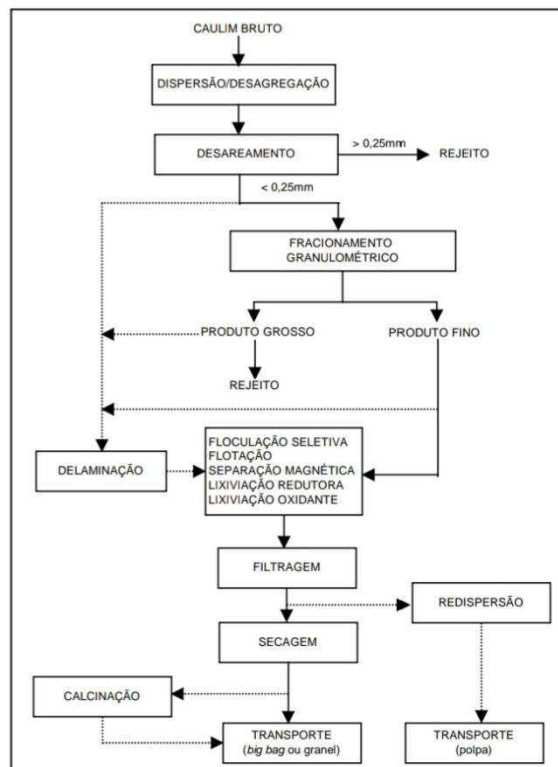
#### **3.4.1 Beneficiamento a seco e Beneficiamento a úmido**

O processo de beneficiamento a seco é realizado quando o caulim já apresenta alvura e distribuição granulométrica adequada e baixo teor de quartzo. O beneficiamento a seco é simples consiste especialmente de britagem, pulverização e

classificação. No entanto, dificilmente se encontram caulins, no estado natural com esses pré-requisitos, predominando, assim, o beneficiamento realizado a úmido. (LUZ et. al., 2008).

O beneficiamento a úmido envolve as etapas de dispersão, desareamento, fracionamento em hidrociclone ou centrífuga, separação magnética, alvejamento químico, filtragem e secagem (Luz et al., 2008), descritos a seguir na figura 2.

Figura 2 – Diagrama simplificado do beneficiamento de caulim via úmida.



Fonte: (LUZ et. al., 2008).

Inicia-se com a adição de água ao caulim bruto e a sua desagregação em um misturador. Em seguida, a polpa é transportada por gravidade para a etapa de peneiramento. Neste transporte ocorre o desareamento, no qual são sedimentados os materiais mais grosseiros que são material de granulometria superior a 0,25mm como ilustra na figura acima. Esse material é removido manualmente e depositado em terrenos da empresa. (LUZ et. al., 2008).

O rendimento do caulim, no seu processo de produção, é relativamente baixo, cerca de 25%, ou seja, a cada tonelada de caulim que passa pelo processo de beneficiamento, é gerado 750 kg de resíduo, e apenas 250 kg de caulim são aproveitados para comercialização.

### **3.5 Impactos ambientais causados pelo beneficiamento de caulim**

A atividade minerária de caulim, por sua própria natureza, altera as condições ambientais. A extração envolve atividades que provocam impactos tanto para o meio físico como para o meio biótico causando assim problemas ambientais e socioeconômicos. Os principais impactos ambientais estão ligados à quantidade de resíduos gerados os quais não descartados de forma ambientalmente inadequada onde são naturalmente descartados em terrenos das empresas de beneficiamento.

Durante o processamento do caulim são gerados tanto rejeitos líquidos como sólidos. O líquido geralmente lançado nos rios o que causa alterações significativas na qualidade dos recursos hídricos, deixando a água dos rios esbranquiçada e turva, altera quimicamente a água que pode vim a provocar a morte de peixes, bem como a contaminação humana, por exemplo, pois podem conter ferro (Fe), alumínio (Al), zinco (Zn), cádmio (Cd), entre outros contaminantes (SILVA, et. al., 2001). Os reflexos dessa contaminação e seus efeitos toxicológicos por seres vivos são dos mais diversos. Já os sólidos que são dispostos usualmente a céu aberto na maioria das fábricas no próprio terreno, o rejeito fino em razão do seu alto índice de finura, quando seco é disperso no ar pelo vento, poluindo vias e vegetações modificando de forma significativa as áreas mineradas bem como áreas vizinhas e sendo um potencial causador de doenças respiratórias na população que vive próximo às fábricas e aos próprios mineiros. O rejeito de maior granulometria descartado da mesma forma acaba gerando um grande volume de resíduos alterando topografia local, paisagem, poluição visual, acaba ocasionando por vezes o abandono da fábrica e sua realocação em outra localidade, impactando uma nova área e gerando diversos pontos de acúmulo de rejeito.

Em vista os já citados problemas ambientais causados pela mineração de caulim o aproveitamento do resíduo de sua extração como meio filtrante em substituição à brita e à areia em filtros para tratamento de água poderia vir ser uma contribuição com aspectos positivos para a saúde pública como na mitigação dos impactos socioambientais, contribuindo com a elevação do IDH por meio dos indicadores sanitários, bem como fator econômico devido a grande disponibilidade, por esse material ainda não possui valor econômico seria matéria prima de baixo custo e sustentável.

### 3.6 Tratamentos de Água para Abastecimento

O tratamento de água tem a finalidade de torná-la potável, reduzindo os riscos à saúde humana, adequando-a aos padrões de potabilidade vigentes, a escolha do processo de tratamento a ser adotada deve considerar a qualidade da água a ser tratada bem como as características culturais e socioeconômicas da comunidade a ser beneficiada. Os objetivos principais de tratamento de água são o sanitário e o estético, o primeiro, se refere à remoção de organismos patogênicos e substâncias químicas orgânicas ou inorgânicas nocivas à saúde humana, enquanto o segundo encarrega-se na redução de concentração de substâncias causadoras de turbidez, cor, odor e gosto.

No Brasil, segue-se para padrões de qualidade da água a Portaria de consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (BRASIL, 2017). Assim, de acordo com a qualidade da água a ser tratada, são definidos os tipos de tratamento a serem empregados bem como os produtos químicos necessários para atingir o grau de exigência para o abastecimento público (DI BERNARDO et al., 2005).

Dentre os métodos existentes para o tratamento de águas, destaca-se o tratamento convencional, que é composto por uma série de processos sequenciais que consistem em coagulação, floculação, sedimentação e filtração para a clarificação de águas de mananciais superficiais (DI BERNARDO et al., 2005).

Dentro do tratamento convencional, destaca-se o papel imprescindível do processo de filtração para remoção de sólidos residuais do tratamento a fim de garantir a qualidade necessária para a purificação e adequação para o consumo (DI BERNARDO et al., 2005). A filtração consiste na remoção de partículas suspensas, partículas coloidais e de microrganismos presentes na água que ocorre através do escoamento por um meio poroso, constituído por areia, carvão antracito ou qualquer outro meio granular onde sua principal função é a remoção de partículas que interferem na cor e turbidez.

A filtração que remove as impurezas presentes na água bruta (filtração lenta); na água coagulada ou floculada (filtração rápida direta); ou na água decantada (filtração rápida) pela passagem destas em um meio granular poroso, geralmente constituído de camadas de pedregulho, areia e antracito (este último, comum nos

filtros rápidos). Em relação ao sentido de escoamento e à velocidade com que a água atravessa a camada de material filtrante, a filtração pode ser caracterizada como lenta rápida de fluxo ascendente ou rápida de fluxo descendente. A filtração direta tem sua denominação relacionada com a inexistência de unidade prévia de remoção de impurezas.

O meio filtrante tem relação com os mecanismos de filtração, sendo os menores diâmetros efetivos os mais eficientes na remoção de turbidez. Em filtração lenta, por exemplo, os diâmetros efetivos usuais são menores que os utilizados na filtração rápida. Os materiais mais utilizados como meio filtrante, notadamente no Brasil, têm sido a areia e o carvão antracitoso, sendo o primeiro empregado em filtros de camada única e a combinação dos dois, em filtros de dupla camada. Há tendência em muitos países do uso de meios filtrantes de múltipla camada.

### 3.6.1. Filtração Lenta

A filtração lenta é uma técnica simples para o tratamento de água e uma das mais antigas utilizadas no abastecimento público. Com o passar do tempo, essa tecnologia perdeu espaço para sistemas que demandam, relativamente, menor área útil de ocupação, como a coagulação e a filtração rápida ou direta. Na filtração lenta não há necessidade de utilizar coagulante químico, o que aliado à menor frequência de limpeza dos filtros, torna a operação simples e de fácil.

No Brasil atualmente é utilizada principalmente para a potabilização de água onde a instalação e operação de Estações de Tratamento de Água (ETA) convencionais com coagulação, floculação e decantação é algo inviável devido à ausência de mão de obra especializada ou de recursos econômicos compatíveis.

Nessas áreas filtros lentos (FL) tornam-se interessante por serem de fácil operação, não necessitando de mão de obra especializada, pois carecem apenas de cloração final para desinfecção da água (LOGSDON; KOHNE; ABEL, 2002; BRASIL, 2011).

Uma das limitações desse processo é a demanda de maiores áreas em relação aos filtros rápidos para a produção da mesma quantidade de água tratada (fator que pode ser limitante quando a área é restrita). Outro limitante ao uso da filtração lenta é a qualidade da água bruta a ser tratada. A turbidez é o parâmetro mais discutido como limitador da aplicação da filtração lenta. Diversos autores apresentam condições diferenciadas sendo o mais recomendado águas em que a

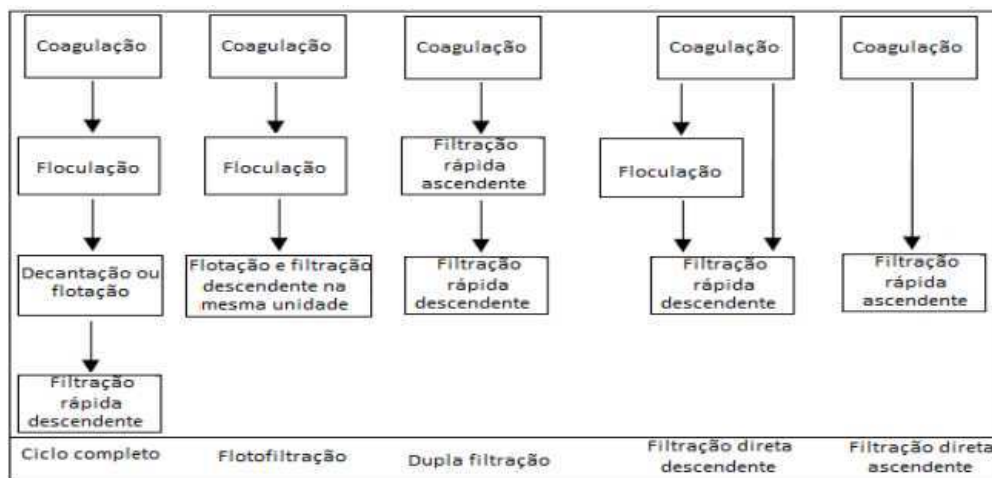
turbidez não ultrapasse 10 uT. Também não é eficiente na remoção de cor, principalmente a verdadeira eficazmente removida na filtração rápida após a coagulação assim a filtração lenta é mais indicada para tratar águas de qualidade superior às utilizadas no tratamento convencional ou utilizar um pré-tratamentos que adequem a água bruta para tratamento por meio de filtros lentos.

Dentre suas vantagens destacam-se, baixos custos de operação e manutenção e facilidade na construção, operação simples e barata, economia de água por necessitar de menos limpeza do que filtros rápidos. E Pesquisas apontam que, apenas com a utilização da filtração lenta para o tratamento de água a nível familiar em comunidades que não possuem acesso ao sistema público de abastecimento podem reduzir significativamente o risco da incidência de doenças diarreicas (FEWTRELL et al., 2005; CLASEN et al., 2006).

### 3.6.2. Filtração Rápida

A filtração rápida em meio granular objetiva a remoção de partículas e microrganismos indesejáveis não retidos no pré-tratamento, usualmente realizado por coagulação, floculação e sedimentação ou flotação por ar dissolvido. A Figura 3 expõe as diversas tecnologias de tratamento de água por filtração rápida. A grande diferença entre a filtração direta e o tratamento de ciclo completo está no fato da última incluir a etapa de decantação ou flotação e de modo geral, a filtração ocorre no sentido descendente.

Figura 3 - Tecnologias de tratamento de água por filtração rápida



Fonte: Adaptado de DI BERNARDO et al (2003)



A escolha de uma tecnologia em detrimento da outra está intimamente relacionada à qualidade da água bruta a ser tratada. Destacam-se como características do meio filtrante, a porosidade e a relação entre a espessura do meio filtrante e o tamanho médio dos grãos, logo o aumento na granulometria e na espessura da camada filtrante, possibilitam carreiras de filtração mais longa.

Água com turbidez elevada, por exemplo, é tratada eficazmente em ETA de ciclo completo, enquanto que a filtração direta tem se mostrado eficiente para água com turbidez moderada ou baixa. Na filtração direta a remoção de impurezas na água é feita somente pelo filtro, onde o seu desempenho está intimamente ligado às variáveis hidráulicas inerentes a este processo e à coagulação.

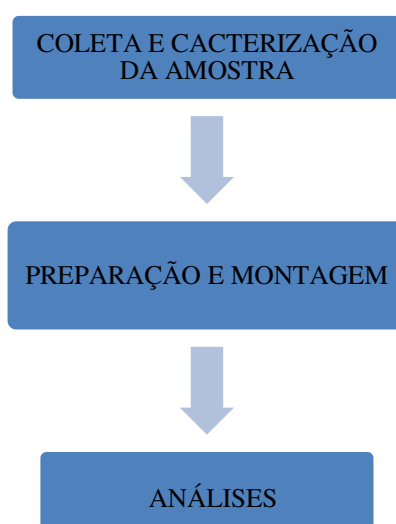
Na filtração a turbidez é o único parâmetro a ser controlado a respeito de qualidade da água filtrada, logo valores muito altos representam a ineficiência do processo. A turbidez maior do que o recomendado representar um problema do sistema de tratamento. De acordo com a Portaria (BRASIL, 2011), 43% das ETAs ainda apresentam água com turbidez acima de 2 uT após o tratamento, onde ainda não houve influência alguma da rede de distribuição. Por isso adequa-se aos padrões de turbidez estabelecidos por lei é de grande importância, uma vez que uma filtração eficiente é primordial para o processo de tratamento de maneira geral e principalmente por que podem reduzir significativamente o risco da incidência de doenças.

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no Campus de Pombal, Centro de ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), no Laboratório de Análises de Água – LAAg da Unidade Acadêmica de Ciências e Tecnologia Ambiental (UACTA)

A metodologia deste trabalho de pesquisa realizou-se em três etapas como ilustra a Figura 4 a seguir. Na primeira etapa, os materiais foram coletados e caracterizados; na Segunda etapa foi feita a preparação e montagem dos filtros; e por fim, foram realizadas as análises dos parâmetros para cor, turbidez e pH.

Figura 4: Fluxograma das etapas da metodologia



Fonte: Autor (2020)

### 4.1 Caracterizações do Material

#### 4.1.1 Amostragem

Pesou-se aproximadamente 2000g aproximadamente da amostra do resíduo de caulim como mostra a Figura 5, oriunda do município de Junco do Seridó (PB). A preparação da amostra foi realizada de acordo com DNER 051/94 e a norma NBR 6457/1986 que prescreve o método para preparação de amostras de solos para os ensaios de compactação e de caracterização.

Figura 5: pesagem amostra do rejeito de caulim

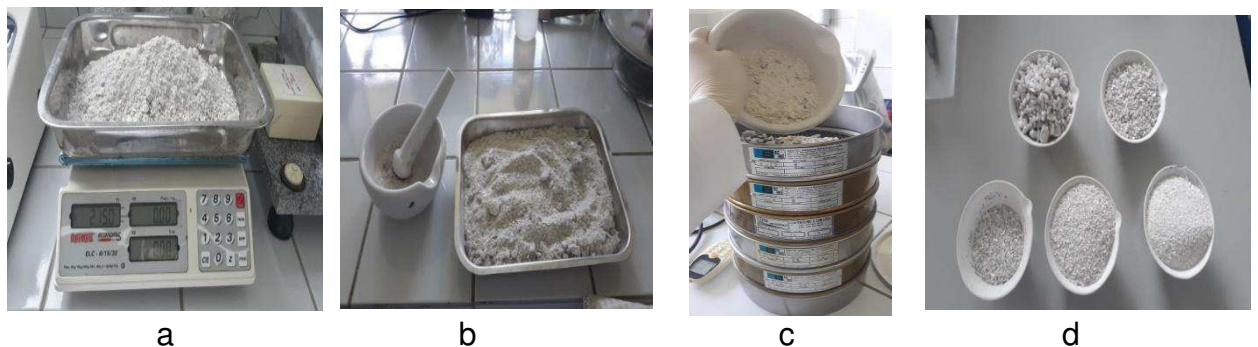


Fonte: Autor (2020)

#### 4.1.2 Granulometria

Coloca-se a amostra em bandeja de secagem leva-se para estufa à temperatura de 105°C por 1,30 hr . Após esse tempo retira-se a bandeja da estufa, aguarda-se até que a temperatura da amostra equilibre-se com a do ambiente (aproximadamente 2 horas) posteriormente pulveriza-se manualmente em almofariz e em seguida separa-se granulometricamente à amostra utilizando-se peneiras da série de Tyler normal com agitação mecânica de 2 min, como mostra a Figura 6. Em seguida os sedimentos retidos nas peneiras são pesados individualmente como demonstrados na a tabela 1 e acondicionados em recipientes devidamente identificados.

Figura 6: Caracterização Granulométrica. (a)Pesagem da amostra (b)Pulveriza-se manualmente em almofariz (c)Separa-se granulometricamente utilizando-se peneiras da série de Tyler (d) Sedimentos retidos nas peneiras.



Fonte: Autor(2020)

O objetivo da análise granulométrica é dividir essas partículas em grupos pelas suas dimensões (frações de solo) e determinar suas proporções relativas ao peso total da amostra.

Tabela 1: Material separado granulometricamente

Peneira (mm)	massa(g)	%
4,75	0,106	5,326633
2,36	0,324	16,28141
2	0,176	8,844221
1,18	0,538	27,03518
0,6	0,442	22,21106
0,3	0,25	12,56281
0,177	0,13	6,532663
0,15	0,012	0,603015
0,75	0,01	0,502513
fundo	0,002	0,100503
TOTAL	1,99	100

Fonte: Autor(2020)

#### 4.1.3 Preparação da amostra

Com relação à preparação da amostra realizamos os seguintes passos. Inicialmente lava-se o material na peneira em água corrente (torneira) aproximadamente 5 min para retirada das partículas mais finas e remoção dos resíduos argiloso e solúveis. Após a primeira lavagem observou-se água ainda saía turva e com muito material particulado como mostra a Figura 7. Então realizou-se mais lavagens, desta vez não mais em água corrente, então faz-se 10 lavagens com água da torneira e posteriormente mais 3 lavagens com água destilada utilizando uma medida de 1 litro de água em cada lavagem, no entanto, água de lavagem ainda saía turva como podemos observar na Figura 8.

Figura 7: Água das primeiras lavagens



Fonte: Autor(2020)

Figura 8: Água das primeiras lavagens



Fonte: Autor(2020)

Mesmo depois do processo de lavagem a amostra ainda possuía muito material argiloso grudado ao material granulométrico, e a água da lavagem apresentava cor e turbidez visível como mostra Figura 8, então realizamos uma lavagem com fricção criando atrito para que esses resíduos pudessem desgrudar do material. Coloca-se todo material em uma bandeja adiciona-se água e com ajuda de duas esponjas são feitos movimentos circulares criando uma fricção entre o material como esboça a Figura 9, repetindo esse processo por varias vezes, em cada lavagem utiliza-se 1 litro de água, ate obter coloração limpa visualmente como mostra a Figura 10.

Figura 9: Etapas processo lavagem Material. (a) material em uma bandeja com água (b) movimentos circulares criando uma fricção com ajuda de esponjas



(a)



(b)

Fonte: Autor (2020)

Figura 10: Água após a lavagem com fricção



Fonte: Autor (2020)l

Água da ultima lavagem com Fricção, como ilustra a Figura 10 apresenta uma cor visível isso se deve ao movimento de atrito. Depois de todo o processo de lavagem descrito anteriormente coloca-se o material pra secar em uma bandeja por um período de 24 horas aproximadamente, após esse tempo faz-se separação granulométrica novamente acondiciona-se os sedimentos em bandejas devidamente identificadas, como ilustra a figura 11 para que a segunda etapa que é a montagem dos filtros seja realizada.

Figura 11: Separação granulométrica



Fonte: Autor (2020)l

No decorrer dessa etapa no qual mesmo depois de muitas lavagens e à água sair visualmente limpa observou-se que o mineral de granulometria maior possuía certa quantidade de argila grudada, e o de partícula mais fina uma descamação, então, levantou-se a hipótese que as granulometrias 4,75 mm e/ou 0,600 mm poderiam ser responsáveis pela turbidez da água de lavagem durante esse processo, assim, poderiam interferir nos parâmetros analisados caso essas partículas se desgrudassem durante a filtração. A partir dessa observação inesperada ocorrida, as hipóteses levantadas foram:

- **Hipótese I:** material de granulometria mais grossa 4,75 mm como podemos observar na Figura 12 ainda permanecia grudada argila a qual poderia interferir nos parâmetros analisados caso essas partículas se soltassem durante a filtração
- **Hipótese II:** as partículas menores, ilustradas na Figura 13 ao se desgrudarem na descamação durante a filtração poderiam soltar partículas de argilas podendo interferir nos parâmetros analisados.

Figura 12: Argila grudada no material 4,75 mm



Fonte: AUTOR(2020)

Figura 13: as partículas menores que apresenta descamação



Fonte: AUTOR(2020)

Com isso precisou-se de uma adequação na montagem dos filtros a partir das hipóteses levantadas, para verificação e/ou comprovação das mesmas, então se montou quatro tipos de filtro com variações desses materiais.

## 4.2 montagens dos filtros

A prototipagem do filtro foi feita à escala de bancada em garrafa pet de 500ml como ilustra a Figura 14. A escolha das espessuras das faixas granulométricas para o material filtrante foi baseada na metodologia NBR 12216/92 que fixa as condições exigíveis na elaboração de projeto de estação de tratamento de água destinada à produção de água potável para abastecimento público, onde aumento da espessura e dos grãos do meio filtrante possibilitam carreiras de filtração mais rápida. Todos os filtros foram montados com fluxo descendente.

Figura 14: Filtros



Fonte: Arquivo Pessoal

O filtro 1 como mostra a Figura 15 foi montado de acordo com a primeira hipótese levantada durante o processo de lavagem, no qual o material de granulometria mais grossa poderia interferir no processo de filtração se partículas de argila que permaneciam grudada se soltassem, então utiliza-se a brita em substituição mineral de granulometria 4.75 mm. A tabela 2 trás todas as características do meio filtrante utilizada na montagem. A espessura dos grãos do meio filtrante da primeira camada é maior que as de granulometrias inferiores o que possibilita carreiras de filtração mais rápida.

Figura 15: Protótipo de Filtro 1



Fonte: Autor(2020)

Tabela 2 – Características granulométricas dos materiais filtrantes utilizados filtro 1

Camadas	Material filtrante	Altura (cm)	Diâmetro efetivo (mm)



1	Caulim	2	0,600
2	Caulim	2	1,18
3	Caulim	2	2,00
4	Caulim	2	2,36
5	Brita	4	-

Fonte: Autor (2020)

O filtro 2 como mostra a Figura 16 foi montado de acordo com a segunda hipótese levantada, mantém-se a granulometria 4,75mm e retira-se o de 0,600 pois caso se desgrudassem poderiam soltar partículas de argilas interferindo nos parâmetros analisados. Então mantém-se a espessura dos grãos do meio filtrante da primeira camada e se segue a mesma espessura em cada camada.

Figura 16: Protótipo do Filtro 2



Fonte: Autor (2020)

Tabela 3 – Características granulométricas dos materiais filtrantes utilizados filtro 2

<b>Camadas</b>	<b>Material filtrante</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>Diâmetro efetivo (mm)</b>
1	Caulim	2	1,18
2	Caulim	2	2,00
3	Caulim	2	2,36
4	Caulim	4	4,75

Fonte: Autor (2020)

No filtro 3 como mostra a Figura 17 mantem-se as duas granulometria a 4,75mm e 0,600 mm, com intuito verificar a eficiência do processo de lavagem e descartar as duas hipóteses levantadas. Optou-se por manter a espessura dos grãos do meio filtrante iguais para todas as granulometrias, possibilitando carreiras de filtração mais rápida, como mostra a tabela 4.

Figura 17: Protótipo do Filtro 3



Fonte: Autor (2020)

Tabela 4 – Características granulométricas dos materiais filtrantes utilizados filtro 3

<b>Camadas</b>	<b>Material filtrante</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>Diâmetro efetivo (mm)</b>
1	Caulim	2	0,600
2	Caulim	2	1,18
3	Caulim	2	2,00
4	Caulim	2	2,36
5	Caulim	2	4.75

Fonte: Autor (2020)

O filtro 4 como mostra a figura 18 foi montando com mesmo intuito do filtro 3, porem amentou-se a altura da camada filtrante de cada diâmetro efetivo 4,75 e 2,36 do meio filtrante como mostra a tabela 5. O que possibilita carreiras de filtração mais rápida .

Figura18: Protótipo do Filtro 3



Fonte: Autor (2020)

Tabela 5 – Características granulométricas dos materiais filtrantes utilizados filtro 4

<b>Camadas</b>	<b>Material filtrante</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>Diâmetro efetivo (mm)</b>
1	Caulim	2	0,600
2	Caulim	2	1,18
3	Caulim	2	2,00
4	Caulim	3	2,36
5	Caulim	3	4.75

Fonte: Autor(2020)

### 4.3 Parâmetros Analisados e Amostra d'água.

Os principais parâmetros utilizados para caracterizar fisicamente as águas naturais são a cor e turbidez por que são parâmetros físicos que fornecem indicações preliminares importantes para a caracterização da qualidade da água como, por exemplo, os níveis de sólidos em suspensão associados à turbidez e as concentrações de sólidos dissolvidos associados à cor como ilustram a Figuras 19 e Figura 20. Ambas são parâmetros de aspecto estético de aceitação ou rejeição do produto. Suas aplicações nos estudos e fenômenos que ocorrem nos ecossistemas aquáticos e de caracterização e controle de qualidade de águas para abastecimento público tornam esses parâmetros físicos indispensáveis à maioria dos trabalhos envolvendo qualidade de águas.

Figura 19: Medição Turbidez

Figura 20: Medição da Cor



Fonte: Autor (2020)



Fonte: Autor (2020)

E o pH que é um parâmetro químico de caráter operacional que deve ser acompanhado para aperfeiçoar os processos de tratamento e prevenir contra corrosões ou entupimentos as tubulações do sistema de distribuição, indicador de acidez ou alcalinidade da água nos quais interferem no processo de tratamento. É calculada como mostra a Figura 21 abrangendo a faixa de 0 a 14 (inferior a 7: condições ácidas; superior a 7: condições alcalinas). Em águas de abastecimento, baixos valores de pH podem contribuir para corrosividade e agressividade, enquanto que valores elevados aumentam a possibilidade de incrustações.

Figura 21: Medição pH



Fonte: Auto (2020)

As amostras de água foram coletas na Estação de Tratamento água para abastecimento da Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA) no

município de Pombal-PB. Esta é do tipo convencional, possuindo coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção.

Onde coletamos amostras da água bruta antes do tratamento, e na saída para distribuição após tratamento convencional, no qual se fez a medição dos parâmetros para posterior comparação dos resultados obtidos no tratamento da ETA e resultados obtidos nos filtros. Avaliando a água tratada da ETA, é possível verificar se o tratamento é satisfatório e atende ao especificado pela Portaria MS N° 5/2017, esse diagnóstico permite a identificação e, conseqüentemente, a correção de falhas, na construção e análise dos filtros caso existam, de forma a melhorar o desempenho e o enquadrando dos parâmetros de qualidade de água dentro dos recomendados pela Portaria e os apresentados na ETA Pombal-PB.

Neste contexto, a avaliação do desempenho de estação de tratamento de água (ETA) se configura como uma ferramenta importante que auxilia na construção da análise dos resultados e da eficiência do rejeito do caulim como meio filtrante.

Para análise eficiência dos filtros, descarte ou comprovação das hipóteses levantadas foram coletadas à água após a decantação indo para os filtros na ETA, como ilustra a Figura 22 onde novamente faz-se a verificação dos parâmetros antes da filtração e pós-filtração para comparação dos resultados obtidos, na filtração.

Figura 22: Coleta amostra d'água indo para os filtros após decantação



Fonte: Autor (2020)

Nesse contexto, analisa-se os resultados obtidos a partir das medições dos parâmetros da água tratada da ETA e água de filtração do experimento fazendo uma comparação dos valores obtidos com valores máximos permitidos pela a Portaria 5/2017 do Ministério da Saúde que dispõe sobre os padrões de potabilidade para a água de abastecimento a ser entregue a população.



## 5 RESULTADOS E DISCURSÕES

Com a impossibilidade da realização das análises de todas as variações do filtro, em decorrência da pandemia pelo COVID-19, analisou-se apenas resultados obtidos com filtro 1.

Na etapa de limpeza em que definiu-se a obtenção do material até que a água não saia com coloração e resíduos para posterior montagem dos filtros foram feitas precisamente 20 lavagens com fricção, isso significou um ponto importantíssimo para as etapas seguintes porque verificamos que esse material tem um limite de lavagem para que obtenhamos um material sem incorporar mais cor nas lavagens, e a partir daí é possível realizar ensaios de filtração.

A partir dos dados obtidos do tempo de filtração calculamos a taxa de filtração, como mostra os cálculos a seguir. A taxa de filtração é um parâmetro bastante relevante que deve ser cuidadosamente fixada pelos projetistas, tendo em vista as condições locais como a qualidade da água não filtrada, qualidade requerida da água filtrada, habilidade de operação, entre outros; as características do meio filtrante (materiais e granulometria). Uma alta taxa de filtração reduz custos de implantação, uma opção interessante no aspecto econômico.

$$q = \frac{QI \text{ (m}^3 \text{ / dia)}}{Af \text{ (m}^2\text{)}}$$

$$V = 200\text{mL} \longrightarrow 0,0002\text{m}^3$$

$$QI = \frac{V}{t} \longrightarrow \frac{0,002\text{m}^3}{3,47\text{s}} \times 86400 = 4,98 \text{ m}^3.\text{dia}$$

$$Af = 12\text{cm} \longrightarrow 0,0012 \text{ m}^2$$

Logo, a taxa de filtração

$$t = 3.47 \text{ s}$$

$$q = \frac{4,98 \text{ m}^3.\text{dia}}{0,0012\text{m}^2} = 4.149 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{dia}$$

Para constatar sua eficiência, coletou-se amostra de água após a decantação da ETA indo para os filtros, então se fez medição dos parâmetros os quais foram anotados e posteriormente realizou-se a filtração, e fez-se novamente a medição dos parâmetros. Foram feitas 10 filtrações onde se utilizou 1 litro d'água para cada filtração, no qual se realizou as medições de cor, turbidez e pH respectivamente em cada uma das repetições. Posteriormente calculou-se a média onde trabalharemos com esses valores para as análises dos resultados como mostra a Tabela 6.

Figura 23: Filtração



Fonte: Autor (2020)

Tabela 6: Resultados dos parâmetros das amostras da água filtrada.

ANÁLISE	COR ( UH)	TURBIDEZ	
		(UT)	PH
1	22	1.12	7.52
2	19	0.95	7.69
3	22	1.22	7.66
4	23	1.22	7.75
5	24	1.17	7.76
6	27	2.07	7.33
7	24	1.71	7.66
8	23	1.40	7.67
9	24	1.49	7.65
10	26	1.55	7.69
<b>MÉDIA</b>	<b>23,4</b>	<b>1,39</b>	<b>7,64</b>

Fonte: Autor (2020)

Para análise da eficiência do filtro, faremos a comparação dos valores amostra de água após a decantação com os resultados obtidos após filtração. Os resultados obtidos foram esboçados na tabela 7.

**Tabela 7.** Características físico-químicas das amostras de água coletadas e avaliação dos procedimentos de filtragem.

Parâmetros físicos-químicos	Filtro 1 ( média)	ETA	Portaria 5/2017
-----------------------------	-------------------	-----	-----------------



Cor (UH)	23,4	24	≥15
Turbidez (UT)	1,39	3,25	≥5
pH	7,64	7,47	6 a 7

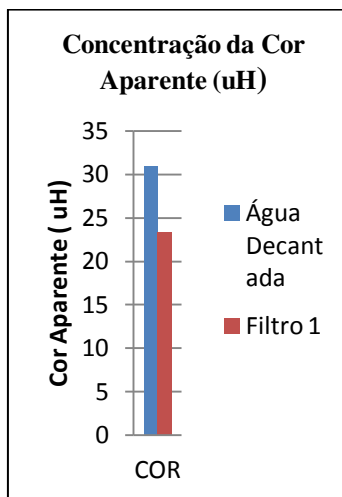
Fonte: Próprio Autor

### 5.1 Cor Aparente (uH)

A Cor é um parâmetro físico exigido pela Portaria nº 05/2017 para águas destinadas ao consumo humano, devido à aparência estética adequada que esta obrigatoriamente deve apresentar. O valor máximo permissível é de 15 uH. Uma medida que indica a presença na água de substâncias dissolvidas, ou finamente divididas (material em estado coloidal).

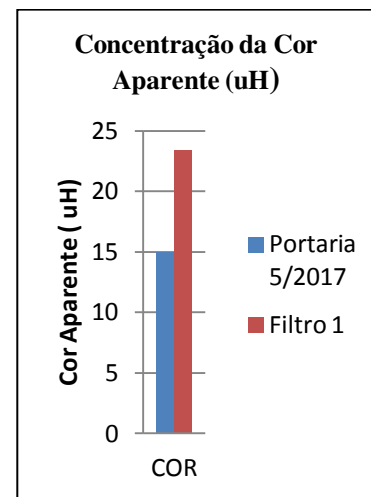
Figura 24: Gráfico 1 - Cor Aparente- Água Decantada x Agua Filtrada

Figura 25: Gráfico 2 - Cor Aparente- Portaria 5/2017 x Agua Filtrada



(1)

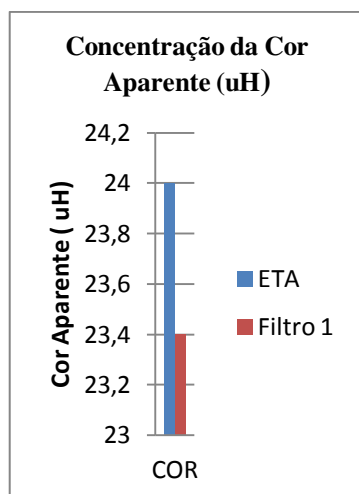
Fonte: Autor



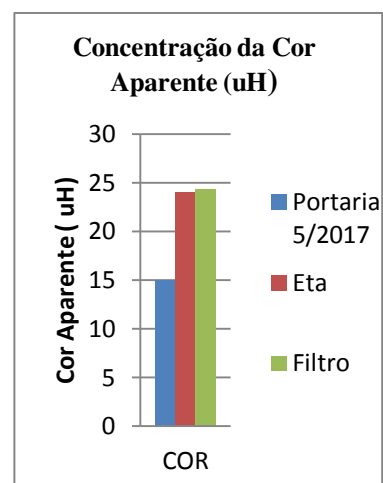
(2)

Figura 26: Gráfico 3 - Cor Aparente- ETA x Agua Filtrada

Figura 27: Gráfico 4 - Cor Aparente- Agua Decantada x Agua Filtrada x portaria 5/2017



(3)



(4)

Fonte: Autor

No gráfico 1, percebemos que houve redução significativa na cor aparente que antes da filtração de 31 uT antes do processo de filtragem de 24,3 uT após a filtração, embora resultado final apresente uma concentração acima do máximo permitido. No gráfico 2, vemos q embora tenhamos obtido bom resultado a cor aparente apresentou concentração elevada em comparação ao valor máximo permissível é de 15 uT disposto na portara 5/2017.

A cor aparente também apresentou concentração elevada na água tratada da Estação de Tratamento, como podemos observar no gráfico 3 no qual fizemos comparação valores obtidos na filtração com a da agua tratada da Eta Pombal-PB não tendo diferença significativas entre as duas amostras, porem a agua filtrada apresentou menor. Acredita-se q esse valor elevado da cor pode ser uma característica da agua da região e/ou características físico-químicas da água. Embora a cor da agual filtrada apresente uma concentração acima do máximo permitido, podemos verificar a eficiência do filtro.

Ao observamos os parâmetros da cor e da turbidez podemos observar que houve a redução nos valores, à cor diminuiu de 31 para 23,4 uh teve uma redução de 7,6 uh nas concentrações de sólidos dissolvidos associados à cor.

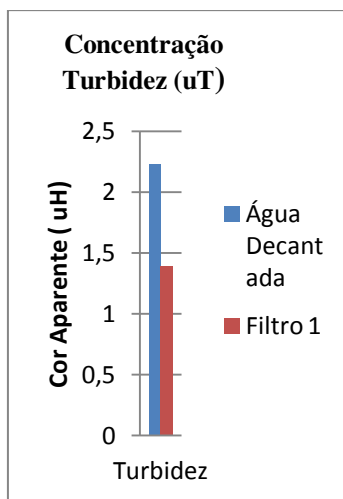
## 5.2 Turbidez (uT)

A Turbidez é a medição da resistência da água à passagem da luz. É provocado pela presença de material fino (partículas) em suspensão (flutuando/dispersas) na água. Na portaria nº 5/2017 no Anexo XX - MS (Brasil, 2017) é estipulado o valor máximo de 5,0 ut (unidade jackson ou nefelométrica de turbidez) para a água de abastecimento. Os resultados descrito no gráfico 5 mostram que houve redução significativa na amostra após processo de filtração de 2,23 para 1,39 ut.

Enquanto que no gráfico 6 observou-se que a amostra agua filtrada em relação ao máximo permitido pela portaria ministério da saúde obteve-se um resultado excelente. Nos gráficos 7 e 8 a amostra agua filtrada tanto está em acordo com a legislação vigente tento resultado muito abaixo de 5 ut como teve resultado satisfatório comparado ao valor parâmetro turbidez da agua tratada para o abastecimento CAGEPA . Contudo normalmente a turbidez apresenta conotação mais estética do que sanitária (RICHTER, 2009; CUNHA et al., 2012).

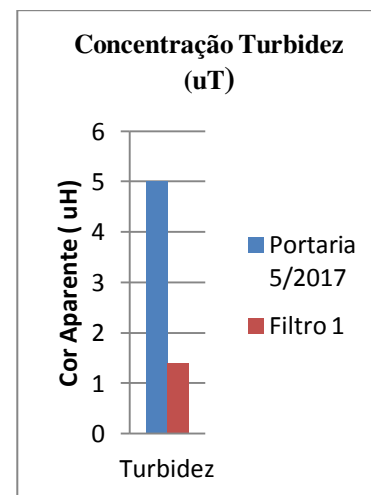
Figura 28: Gráfico 5 - Turbidez- Agua Decantada x Agua Filtrada

Figura 29: Gráfico 6 - Turbidez- Portaria 5/2017 x Agua Filtrada



(5)

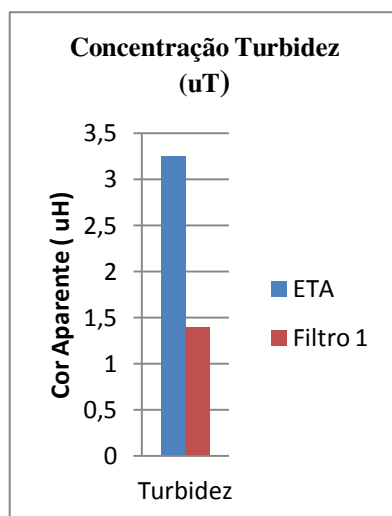
Fonte: Autor



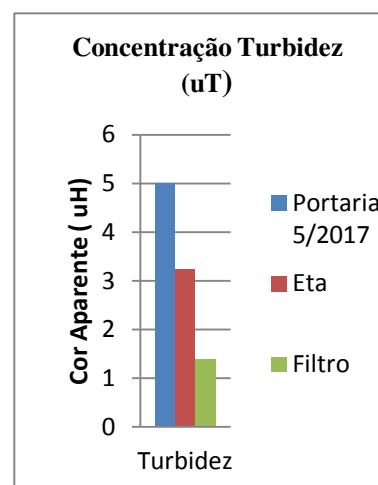
(6)

Figura 30: Gráfico 7 - Turbidez-ETA x Agua Filtrada

Figura 31: Gráfico 8 - Turbidez-Agua Decantada x Agua Filtrada x portaria 5/2017



(7)



(8)

Fonte: Autor

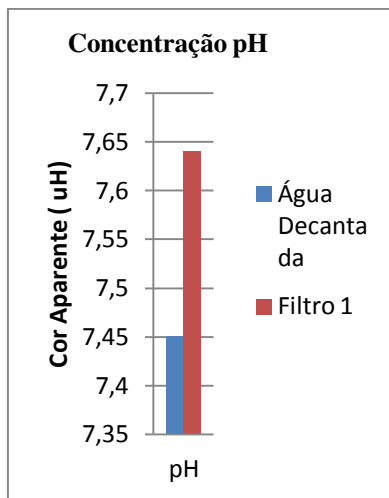
Para Pinto (2003), a turbidez da água corresponde à alteração de penetração da luz, provocada por partículas em suspensão. Esse parâmetro limita a penetração de raios solares, restringindo a realização da fotossíntese que, por sua vez, reduz a reposição do oxigênio. As amostras de água analisadas apresentaram regulares quanto ao parâmetro de turbidez.

### 5.3. pH

O pH é parâmetro químico indicador de acidez ou alcalinidade da água nos quais interferem no processo de tratamento da água. É uma média que estabelece a condição ácida ou alcalina de uma água. É um parâmetro de caráter operacional que deve ser acompanhado para aperfeiçoar os processos de tratamento e prevenir contra corrosões ou entupimentos as tubulações do sistema de distribuição. É um parâmetro que não tem risco sanitário associado diretamente à sua medida. É calculado, abrangendo a faixa de 0 a 14 (inferior a 7: condições ácidas; superior a 7: condições alcalinas). Em águas de abastecimento, baixos valores de pH podem contribuir para corrosividade e agressividade, enquanto que valores elevados aumentam a possibilidade de incrustações.

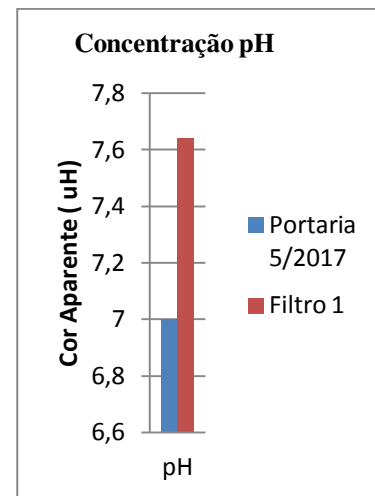
O Ministério da Saúde prevê valores de pH aceitáveis para consumo humano situados entre 6,0 e 9,5 (BRASIL, 2017). Diante dos resultados obtidos verificou-se que a água encontrava-se dentro dos limites aceitáveis, que preconiza na legislação.

Figura 32: Gráfico 9 - pH-Água Decantada x Água Filtrada  
 Figura 33: Gráfico 10 - pH-Portaria 5/2017 x Água Filtrada



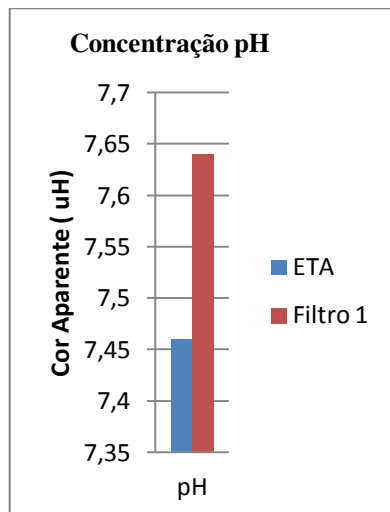
(9)

Fonte: Autor



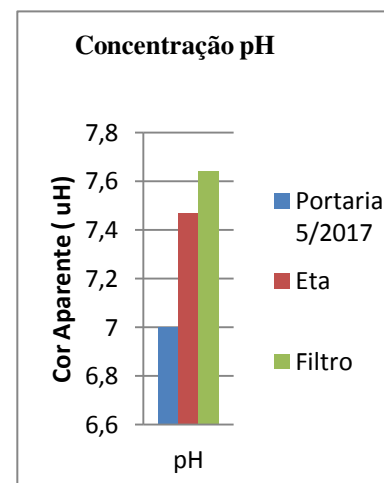
(10)

Figura 34: Gráfico 11 - pH-ETA x Água Filtrada  
 Figura 35: Gráfico 12 - pH-Água Decantada x Água Filtrada x portaria 5/2017



(11)

Fonte: Autor



(12)

Água com pH baixo compromete o gosto, a palatabilidade e aumenta a corrosão, enquanto que águas com pH elevado comprometem esta palatabilidade, além de aumentar a formação de crustrações nas redes ou aparelhos sanitários (SPERLING, 2005).

Sabe-se que o pH é muito influenciado pela quantidade de matéria orgânica a ser decomposta, isto é, quanto maior a quantidade de matéria orgânica disponível,

menor o pH, uma vez que para haver decomposição de materiais são produzidos muitas substâncias ácidas como, por exemplo, o ácido húmico (FARIAS, 2006). O pH pode ser considerado como uma das variáveis ambientais mais importantes, e é uma das mais difíceis de interpretar. Tal complexidade é resultante dos inúmeros fatores que podem influenciá-lo, podendo estar relacionado a fontes de poluição difusa (MESSIAS, 2008)

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente estudo podemos verificar que os parâmetros analisados tiveram resultados positivos principalmente os valores relativos à turbidez na qual obtivemos uma redução significativa em comparação aos valores aferidos na água tratada da ETA e do valor máximo permitido pela resolução 5/2017, mostrando-se eficaz na remoção de substâncias que interferem no padrão de qualidade da água dos parâmetros analisados.

Na etapa de limpeza em que definiu-se a obtenção do material até que a água não saia com coloração e resíduos para posterior montagem dos filtros, isso significou um ponto importantíssimo para as etapas seguintes porque verificamos que esse material tem um limite de lavagem para que obtenhamos um material sem incorporar mais cor nas lavagens, e a partir daí é possível realizar ensaios de filtração.

Através dos resultados alcançados foi possível verificar a eficiência do método de filtração, comparando o desempenho do sistema já existente com resultados obtidos com o protótipo do filtro 1, as análises e concepções elucidadas neste trabalho mostra a viabilidade da utilização do resíduo de caulim como meio filtrante em sistema de filtração de ETAs.

No entanto se faz necessária à continuação desse estudo, para que se obtenham os resultados dos filtros que não foram realizados nesse primeiro momento, para comprovação dos resultados obtidos nessa primeira fase das análises, promovendo a possibilidades novas hipóteses a serem levantadas e escopo de pesquisas futuras.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCERAM. **Matérias Primas Naturais**. [S.l.] [2016]. Disponível em: <<https://abceram.org.br/materias-primas-naturais/>> Acesso em: 12 jun. 2020.

BRANCO, Pércio. **Utilidade dos Minerais**. SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. 2014. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/Utilidade-dos-Minerais-1105.html>. Acesso em 28 de agosto de 2020.

BRASIL. Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017. **Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de Saúde do Sistema Único de Saúde**. Diário Oficial da União. 5 Set 2017.

CAVALCANTI, Jorge Vinícius Fernandes Lima. **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: 23 de setembro 2020.

CUNHA, H. F. A. et al. **Qualidade físico-química e microbiológica de água mineral e padrões da legislação**. Revista Ambiente & Água, v.7, n.3, p. 155-165, 2012.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGENS. DNER 051/94 Solos - **Análise Granulométrica**

DI BERNARDO, Luiz; DANTAS, Ângela Di Bernardo. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. 2ª edição São Carlos, SP: Rima, 2005.

FARIAS, M. S. S. **Monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Cabelo**. 2006. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2006.

FREEZE, R. A. & J. A. CHERRY, **Groundwater**, Prentice-Hall, Englewood Cliffs. New Jersey. 1979.

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

JESUS, SANTOS e FREIRE, 2016. Disponível em <[https://editorarealize.com.br/revistas/conidis/trabalhos/TRABALHO\\_EV064\\_MD4\\_SA2\\_ID918\\_10102016225004.pdf](https://editorarealize.com.br/revistas/conidis/trabalhos/TRABALHO_EV064_MD4_SA2_ID918_10102016225004.pdf)> Acesso em 11 de maio de 2020.

Luz, Adão Benvindo, LINS, Fernando Antônio Freitas. **Rochas e Minerais Industriais: usos e especificações/ 2ªEd**, Rio de Janeiro, CETEM/MCT/2008.



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

MADUREIRA FILHO, José Barbosa; ATENCIO, Daniel; MCREATH, Ian. **Minerais e rochas: constituintes da terra sólida**. In: Decifrando a terra [S.l: s.n.]. 2000.

MECHI, Andréa; SANCHES Djalma Luiz. **Impactos ambientais da mineração no Estado de São Paulo**. Estud. av. vol.24 no.68 São Paulo 2010. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-40142010000100016](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142010000100016). Acesso em: 20 de setembro 2020.

MESSIAS, T. G. **Influência da toxicidade da água e do sedimento dos rios São Joaquim e Ribeirão Claro na bacia do Corumbataí**. 2008.

MONTE, M. B. M.; CARVALHO, E. A.; FERREIRA, O.e CABO. S. S. (2001). Caulim CADAM. In: **Usinas de Beneficiamento de Minérios do Brasil**, Editores: João A. Sampaio, Adão B. da Luz e Fernando F. Lins, 398p, CETEM/MCT.

NBR 6457. **Amostra de solos - Preparação para ensaio de caracterização e compactação**. Rio de Janeiro. 1986

NBR 12216 - 1992 - **Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público, Manuais, Projetos, Pesquisas de Engenharia Civil**.

PINTO FILHO, J. L. O.; Santos, E. G.; Souza, M. J. J. B. **Proposta de índice de qualidade de água para a Lagoa do Apodi**, RN, Brasil. Holos, v.28, 2012. Disponível em: . Acesso em: agosto. 2020.

RICHTER, C. A. **Água: métodos e tecnologia de tratamento**. Editora Blucher/Hemfibra. São Paulo - SP. 2009.

SILVA, Alessandro Costa. VIDAL, Mariângela. PEREIRA, Madson Godoi. **Impactos ambientais causados pela mineração e beneficiamento de caulim**. Rev. Esc. Minas vol.54 no.2 Ouro Preto Apr./June 2001. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0370-44672001000200010](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-44672001000200010). Acesso em: 20 de Setembro. 2020.

SILVA, B. I. C. **O beneficiamento do caulim no distrito Barra de Juazeirinho - PB: análise de uma atividade econômica com reflexos ambientais**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia)- Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2013.

SOUSA, Rafaela. **"Mineração"**; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/mineracao.htm>. Acesso em 23 de agosto de 2020.

SPERLING, Marcos Von. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3ª Edição. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Editora da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG – Belo Horizonte, 2005.

**TRATAMENTO DE ÁGUA.** Biblioteca Didática de Tecnologias Ambientais - BDT@.2005.Disponível em: <http://www.fec.unicamp.br/~bdta/f-aeracao.htm>. Acesso: 20 de setembro de 2020.