



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE EDUCAÇÃO E SAÚDE
UNIDADE ACADÊMICA DE BIOLOGIA E QUÍMICA

**ADSORVENTES UTILIZADOS PARA O TRATAMENTO DE ÁGUAS
SUBTERRÂNEAS: UMA REVISÃO**

BRENO DO NASCIMENTO FERREIRA

CUITÉ – PB

2021

BRENO DO NASCIMENTO FERREIRA

**ADSORVENTES UTILIZADOS PARA O TRATAMENTO DE ÁGUAS
SUBTERRÂNEAS: UMA REVISÃO**

Projeto de pesquisa a ser apresentado a disciplina trabalho de conclusão de curso (TCC) em cumprimento as exigências parciais para obtenção do diploma de graduação em Licenciatura em Química pela Universidade Federal de Campina Grande

Orientador (a): Prof.^a Dr.^a. Denise Domingos da Silva

CUITÉ – PB

2021

F383a	Ferreira, Breno do Nascimento.
	<p>Adsorventes utilizados para o tratamento de águas subterrâneas: uma revisão. / Breno do Nascimento Ferreira. - Cuité, 2021.</p>
	<p>36 f.: il. color.</p>
	<p>Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Educação e Saúde, 2021.</p>
	<p>"Orientação: Prof. Dra. Denise Domingos da Silva".</p>
	<p>Referências.</p>
	<p>1. Água. 2. Água subterrânea. 3. Água - tratamento. 4. Água - adsorventes - tratamento. I. Costa, Kiara Tatianny Santos da. II. Título.</p>
	<p>CDU 556(043)</p>

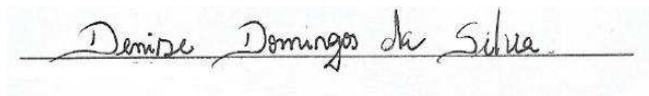
BRENO DO NASCIMENTO FERREIRA

**ADSORVENTES UTILIZADOS PARA O TRATAMENTO DE ÁGUAS
SUBTERRÂNEAS: UMA REVISÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal de Campina Grande para obtenção do grau de Licenciatura em Química.

Aprovado em ___/___/___

BANCA EXAMINADORA

A handwritten signature in black ink that reads "Denise Domingos da Silva". The signature is written in a cursive style and is positioned above a horizontal line.

Prof.^a Dr.^a Denise Domingos da Silva
Orientadora – UFCG/CES/UABQ

Prof.^a Dr.^a Vilma Araújo da Costa
Examinadora – UFRN

Prof. Dr. João Batista da Silva
Examinador– UFCG/CES/UAFM

Dedico este trabalho a minha família, especificamente aos meus pais, Chagas e Antonia por ser fonte de inspiração e persistência. Foram eles que me deram todo apoio para conseguir a sonhada graduação.

AGRADECIMENTOS

Á Deus por me abençoa com muita saúde, força e determinação para concluir esse capítulo de minha vida.

Aos meus pais, Francisco das Chagas Ferreira (Chagas) e Antonia Maria do Nascimento Marques (Toinha) gratidão por mover montanhas para prover meus estudos e por ser motivo de inspiração.

A Horrana Laís minha namorada, amiga, companheira e tantos outros adjetivos. Gratidão.

A meu irmão Guilherme Ferreira pela companhia e parceria durante essa trajetória.

A meu irmão Samuel Ferreira pela companhia e parceria.

A minha orientadora Prof^a. Dr^o. Denise Domingos da Silva, por ter me orientado e por ser essa pessoa maravilhosa.

Ao Professor Doutor João Batista da Silva pela contribuição nas discussões.

A professora Doutora Vilma Araújo da Costa pela contribuição no trabalho escrito.

Ao professor Doutor José Carlos Oliveira Santos pela contribuição nas pesquisas da universidade. Por seus ensinamentos e humildade.

Aos amigos do laboratório que estiveram comigo nessa caminhada, Ana Maria e Moisés Casado.

Aos meus amigos que a universidade me presenteou, Iuri Laurindo, Tarcio Rocha, Michel Ruan e aos colegas do futsal da terça-feira.

Ao meu amigo Pai da barraquinha, uma pessoa extremamente simples e do bem.

Aos meus amigos Fernandes (nando), Alisson Cristiano e Danilo Medeiros. Que sempre estiveram comigo.

Aos meus amigos Robenaldo e Jussiara que desde sempre estiveram comigo.

Ao Laboratório de B combustíveis e Química Ambiental (BIOAMBI) da UFCG/CES.

A todos que sempre estiveram comigo, muito obrigado.

No dia em que eu temer, hei de
confiar em ti.

Salmos 56:3

RESUMO

A água potável é aquela que apresenta a forma mais adequada para consumo da população, não contém impurezas, atende ao padrão de potabilidade estabelecido e não oferece risco à saúde. Sendo necessário tratar a água, seja por meio de processos físicos ou químicos. A adsorção é uma técnica eficiente e acessível no setor de remoção de metais no tratamento de água. É um processo físico-químico envolvido no tratamento hídrico a fim de reduzir metais, contaminantes, efluentes industriais e diversos outros poluentes. A capacidade de adsorção está relacionada com as propriedades dos adsorventes e com afinidade com o elemento a ser removido da água, tornando fundamental a escolha correta do adsorvente a ser utilizado. A água subterrânea é um tipo de água que contribui para a manutenção da vida, são resultantes de infiltrações de parte ou total das águas pluviais precipitadas, sendo de grande importância para reservatórios de água doce. Com isso, o objetivo dessa pesquisa é analisar a eficiência de adsorventes para o tratamento de água subterrânea em relação ao custo-benefício e verificar os principais adsorventes utilizados na adsorção por meio de uma revisão da literatura.

Palavras chaves: adsorção, água subterrânea, tratamento de água, metais.

ABSTRACT

Drinking water is the one that presents the most suitable form for the population to consume, does not contain impurities, meets the established drinking standard and does not pose a health risk. It is necessary to treat water, either through physical or chemical processes. Adsorption is an efficient and accessible technique in the metal removal sector in water treatment. It is a physical-chemical process involved in water treatment in order to reduce metals, contaminants, industrial effluents and several other pollutants. The adsorption capacity is related to the properties of the adsorbents and affinity with the element to be removed from the water, making it essential to choose the correct adsorbent to be used. Groundwater is a type of water that contributes to the maintenance of life, resulting from the infiltration of part or all of the precipitated rainwater, being of great importance for freshwater reservoirs. Thus, the objective of this research is to analyze the efficiency of adsorbents for the treatment of groundwater in relation to the cost-benefit and to verify the main adsorbents used in adsorption through a literature review.

Key words: adsorption, groundwater, water treatment, metals.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Partícula de sorvato	3
Figura 2: Fluxograma da classificação dos adsorventes naturais	4
Figura 3: Ilustração da fisissorção e quimissorção	10
Figura 4: Estrutura dos poros do Carvão Ativado	12
Figura 5: Localização das cidades da mesoregião do Curimataú utilizadas na pesquisa.	17

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Adsorventes encontrados em diversos estudos indicando seus respectivos adsorvatos e o tipo de classificação dos adsorventes.	15
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Ano de publicação e N° de artigos.....	14
---	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	2
2	OBJETIVOS	5
2.1	Objetivo geral	5
2.2	Objetivos específicos	5
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	6
3.1	Água	6
3.2	Águas subterrâneas	7
3.3	Métodos convencionais de remoção	8
3.3.1	Precipitação	8
3.3.2	Troca iônica	8
3.3.3	Filtração por membrana	9
3.3.4	Oxidação	9
3.4	Adsorção	9
3.4.1	Adsorção no tratamento de águas na região do curimatau	11
3.5	Adsorventes	11
3.5.1	Adsorventes naturais	13
4	METODOLOGIA	13
5	RESULTADOSE DISCUSSÃO	14
6	CONCLUSÃO	20
	REFERÊNCIAS	21

1 INTRODUÇÃO

Todos os seres vivos necessitam da água como fonte primordial para sua sobrevivência. Cerca de 70% do planeta Terra é constituída por água doce e salgada, onde a maior parte desse volume é água do mar (97,22%), 2,15% encontra-se em geleiras e apenas 0,63% é água doce (MEDEIROS *et al.*, 2019). O Brasil é considerado um país privilegiado pela disponibilidade hídrica, possuindo 12% da reserva de água do mundo, a Amazônia abrange a maior parte dessa reserva (SANTOS *et al.*, 2019). No entanto, a região nordeste apresenta uma quantidade de água cada vez mais limitada, consequentemente impossibilitando o crescimento e sobrevivência dos seres habituais da região. Os fatores como o avanço industrial, atualização da tecnologia e crescimento populacional influenciou no aumento da contaminação na disponibilidade aquática ocasionando problemas na saúde humana e para o meio ambiente (ANDRADE *et al.*, 2018).

Fatores como, o uso irracional e a contaminação da água vêm contribuindo para a escassez de água no mundo, inclusive no Brasil (ARAÚJO *et al.*, 2020). A água para o consumo da população necessita cumprir com as exigências de qualidade. Contudo, a própria população está destruindo esse recurso natural e abundante (ALMEIDA *et al.*, 2019).

Um tipo de água que contribui para a manutenção da vida, importante para o consumo da população e/ou industrial são as águas subterrâneas. As águas subterrâneas são resultantes de infiltrações, de parte ou total das águas pluviais precipitadas (SANTOS *et al.*, 2019). Elas são de grande importância para o armazenamento de água doce acessível para os seres vivos. Considerando que grande parte da população usufrui desse recurso, é necessário utilizar de forma correta, evitando danos à saúde. Todavia, grandes partes das águas subterrâneas antes de serem consumidas não passam por nenhuma forma de tratamento ou análise (ARAÚJO *et al.*, 2020).

Sendo assim, pesquisadores buscam minimizar a contaminação das águas oriundas dos poluentes gerados no meio ambiente (MEDEIROS *et al.*, 2019). Para melhorar a qualidade, removendo os metais tóxicos e elementos maléficos a saúde, metodologias foram adotadas para auxiliar no tratamento de águas subterrâneas de forma significativa (ARAÚJO *et al.*, 2020). Um dos métodos utilizados que proporciona

flexibilidade e alta qualidade na remoção de contaminantes é o método de adsorção (FERST *et al.*,2018).

A adsorção é um processo físico-químico envolvido no tratamento hídrico a fim de reduzir metais, contaminantes, efluentes industriais e diversos outros poluentes. O processo dos adsorventes (sólido) é reter constituintes em sua superfície envolvendo dois componentes em fases distintas, a líquida ou gasosa (adsorvato), em que esses adsorventes podem se encontrar de forma sintética ou natural observado na figura 1 (FILHO, *et al.*, 2019). O processo de adsorção apresenta diversas vantagens: regeneração pelo processo de dessorção para uso múltiplo, baixo custo de manutenção, alta eficiência e fácil tratamento. Deste modo, é uma das principais ferramentas para eliminação dos metais em águas (XIAOLEI; ALVAREZ; QILIN, 2012).

Figura 1: Partícula de sorvato



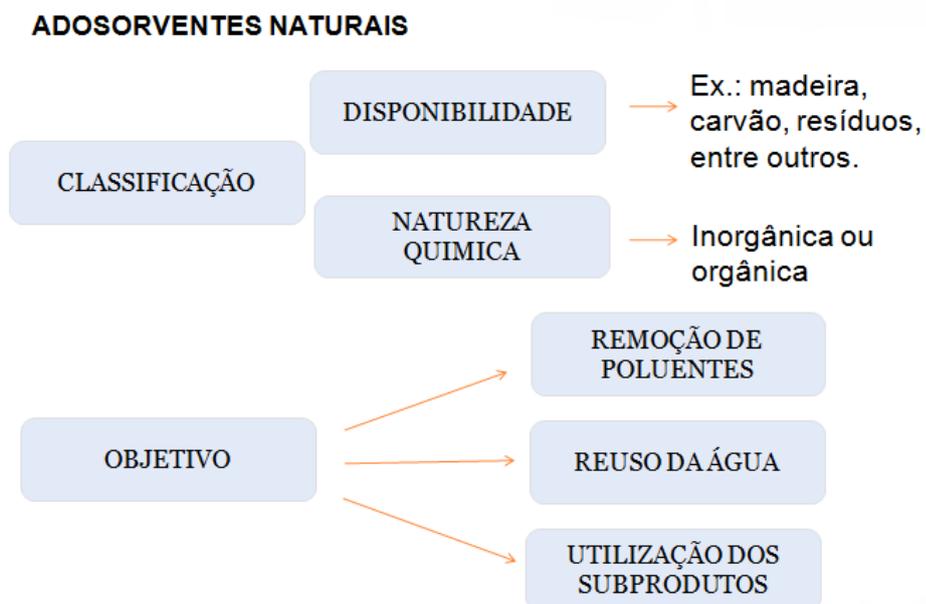
Fonte: Google imagens

Os adsorventes são divididos em inorgânicos naturais, orgânicos naturais e sintéticos. Entre os adsorventes inorgânicos naturais estão: argilas, minerais, cinzas volantes, zeólita, lamas e entre outros. Os adsorventes orgânicos naturais abrangem serragem, casca de coco, resíduos de alguns alimentos e etc. Os sintéticos são os óxidos de metal de tamanho nano, ferro zero valente, nano materiais modificados, etc (PFEIFER e SKERGET, 2020). Dentre os adsorventes utilizados no processo de adsorção, alguns dos mais relevantes são os carvões ativados, alumina ativada, zeólita e a sílica-gel (FERST *et al.*,2018).

Os adsorventes comerciais apresentam um valor elevado, difíceis regeneração, necessita de seletividade e capacidade de adsorção. Com isso, os pesquisadores buscam meios alternativos de utilizar resíduos de biomassa disponíveis em grande escala

(PFEIFER e SKERGET, 2020). Diante do exposto, esta revisão da literatura tem como objetivo principal analisar a eficiência de adsorventes para o tratamento de águas subterrâneas em relação ao custo-benefício e aferir os principais adsorventes utilizados na adsorção, como ilustra na figura 2.

Figura 2: Fluxograma da classificação dos adsorventes naturais



Fonte: imagem própria

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Investigar os diversos adsorventes utilizados na literatura para o tratamento de águas subterrâneas.

2.2 Objetivos específicos

- Aferir os adsorventes comumente utilizados no processo de adsorção ou remoção de poluentes;
- Verificar o custo benefício dos adsorventes naturais no método de adsorção no tratamento de água;
- Avaliar os principais adsorventes e sua eficácia no tratamento de águas subterrâneas;
- Identificar os adsorventes utilizados no tratamento de águas subterrâneas na mesoregião do curimatau.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Água

A água é essencial para manutenção da vida de todas as espécies existentes na Terra. O aumento da população e o aumento discrepante dos setores agrícolas e industriais, faz necessário uma busca maior por água potável, sendo assim, acarreta em desequilíbrios entre as necessidades e a disponibilidade de água (OLIVEIRA, 2020).

A água potável é aquela que apresenta a forma mais adequada para consumo da população, não contém impurezas como: microrganismos, parasitas, larvas, substâncias tóxicas. A turbidez é uma característica indicativa da presença de elementos com riscos à saúde humana (LEÃO; OLIVEIRA e PINO, 2014). De acordo com o Art. 5º da portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011) a água ideal para o consumo humano é a água potável, ou seja, que atenda ao padrão de potabilidade estabelecido e não ofereça risco à saúde. Para atender ao padrão de potabilidade, é necessário tratar a água seja por meio de processos físicos ou químicos. Essa portaria estabelece parâmetros referentes à cor, pH, cloro residual livre, turbidez, agrotóxicos, entre outros aspectos físico-químicos.

Conforme informações da Organização das Nações Unidas (ONU) em relação ao Desenvolvimento de Recursos Hídricos (2015). O planeta Terra sofrerá uma carência de água até 2030. Com isso recorrerá às águas subterrâneas como fonte de água potável para a população (RAMOS, 2016). Os metais pesados possuem alto teor de solubilidade na água, essas substâncias se dispersam no ar, solo e água (superficiais e subterrâneas). Os reservatórios hídricos são as águas que mais sofrem perturbações pelos metais pesados (ROSS e POSSETTI, 2017).

A principal finalidade do tratamento da água é a descontaminação para o consumo humano sem causar danos à saúde. Dentre os metais pesados indesejáveis presentes e os maiores desafios de adsorção são: arsênio (As), cádmio (Cd), chumbo (Pb), cromo (Cr), cobre (Cu), ferro (Fe), níquel (Ni), manganês (Mn), mercúrio (Hg), zinco (Zn), dentre outros (ROSS e POSSETTI, 2017).

3.2 Águas subterrâneas

As águas subterrâneas é um recurso natural valioso, contribui para vazão dos rios, mananciais, lagos e zonas úmidas, colaboram com processos geológicos, além de ser fonte de abastecimento hídrico da população (HERRÁIZ, 2009). São resultantes de chuvas, evaporações dos oceanos e mares, em que penetram e percorrem no subsolo, sendo suportado pela porosidade, infiltração e permeabilidade, preenchendo todas as áreas vazias das rochas. As águas subterrâneas integram o ciclo hidrológico e se encontram altamente associadas com processos atmosféricos e climáticos (LIMA e FARIAS, 2011). No percurso da água a mesma acumula-se em zonas profundas, preenchendo completamente os poros e formando a zona saturada (ZS), que são chamadas de águas subterrâneas (SILVA, 2017).

O limite entre zona saturada e não saturado é o lençol freático. Os espaços entre as rochas saturadas que permitem à circulação, armazenamento e extração de água são chamados de aquíferos (RAMOS, 2016). Desse modo, os aquíferos são uma reserva de água embaixo do solo, abastecida pela chuva, e funciona como uma espécie de caixa d'água que alimenta os rios (SILVA, 2019). As águas subterrâneas é uma importante fonte de água potável, representa cerca de 97% da água doce disponível, apresenta alta estabilidade e qualidade microbiológica, necessitando de pouco tratamento inicial (MOURA, *et al.*, 2015).

A composição química das águas subterrâneas é composta de diversas fontes de solutos como: gases atmosféricos, produtos do intemperismo de rochas e derivados de atividades humanas (QUAGGIO, *et al.*, 2018). As substâncias dissolvidas, geralmente estão em seu estado iônico e a presença de alguns cátions e ânions específicos (sódio, cálcio, bicarbonato, etc) é devido à solubilidade desses compostos (SANTOS, 2008). Essas águas são essências para a vida, servem para abastecimento das cidades e do campo, insumos para atividades econômicas, sustentam sistemas aquáticos e fundamentais em florestas em regiões de clima seco ou tropical. É o recurso natural mais extraído do subsolo brasileiro. Entre as atividades que mais utiliza esse recurso está o atendimento doméstico, abastecimento público urbano, e abastecimento múltiplo, respectivamente (HIRATA, *et al.*, 2019).

3.3 Métodos convencionais de remoção

Os métodos mais utilizados para o tratamento de águas são chamados de convencionais ou tradicionais dentre eles estão: precipitação, troca iônica, filtração por membrana, oxidação e adsorção. Cada método apresenta eficiência diferente de acordo com o metal desejado para ser retirado do meio. A remoção dos metais nas águas é fundamental para reduzir os efeitos dessas substâncias. A elaboração desses métodos e técnicas foi desenvolvida para serem utilizados durante o tratamento da água com a intenção de melhorar a qualidade da mesma (ROSS e POSSETTI, 2017).

3.3.1 Precipitação

A precipitação para remoção de metais envolve reações de alguns metais precipitando como hidróxidos e/ou sulfetos (Metcalf; Eddy, 2003). A precipitação ocorre após uma troca catiônica entre os íons dos metais e algum ânion, formando um precipitado sólido. Geralmente se utiliza o ânion hidróxido, os compostos insolúveis podem ser retirados por meio de filtração ou sedimentação. A solubilidade desses metais depende da concentração do ânion no meio. A precipitação pode ocorrer concomitantemente com os processos de coagulação e floculação (ROSS e POSSETTI, 2017).

3.3.2 Troca iônica

Troca iônica corresponde a um processo físico-químico reversível. Os íons são substituídos entre um meio sólido e um líquido. Geralmente, esse processo é utilizado em tratamentos de água, com objetivo de retirar íons específicos do meio, que nesse caso, são os metálicos. Em geral, a troca iônica é uma reação estequiométrica simples, podendo ser utilizados como processo secundário de outros métodos (ROSS e POSSETTI, 2017).

Os zeólitos, conhecidos como resinas de troca iônica, são trocadores iônicos que conseguem trocar o sódio por outros íons, como o cálcio e o magnésio, removendo-os da água. Nas estações de tratamento de água, a remoção pode ser realizado em leitos de zeólitos, a água a ser tratada passa pelo leito e o trocador retém seus íons. Após a saturação dos zeólitos é feita sua regeneração, com solução de sal (OLIVEIRA, 2020).

3.3.3 Filtração por membrana

As membranas podem ser classificadas como não porosas, osmose reversa (OR) e a nanofiltração (NF), e porosas, como as de microfiltração (MF) e a ultrafiltração (UF). As aplicações e materiais retidos são determinados pelo tamanho do poro, a pressão transmembrana está ligada aos custos de operação. As estruturas variam em placas planas, espirais, capilares e tubulares (MORAES, 2021).

A filtração por membrana é muito eficiente na remoção de metais, fácil operação e com pouco espaço e pouca energia necessária para execução. Essa filtração tem como objetivo a separação de partículas sólidas de pequenos diâmetros, moléculas e compostos iônicos dissolvidos. É importante a presença de um gradiente de pressão hidráulica, ou um campo elétrico (ROSS e POSSETTI, 2017).

3.3.4 Oxidação

A oxidação é a conversão de espécies solúveis em insolúveis a partir de aeração (sistemas de tratamento de água e/ou esgoto por ser capaz de remover gases dissolvidos na água) e/ou adição de oxidante químico forte, causando o precipitado. Os oxidantes geralmente utilizados são: cloro (Cl); flúor (F); dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$); permanganato de potássio ($KMnO_4$); ozônio (O_3); e peróxido de hidrogênio (H_2O_2), apresentando diferentes reações, dosagens de produtos e tempos mínimos de contato da água com o reagente (ROSS e POSSETTI, 2017).

3.4 Adsorção

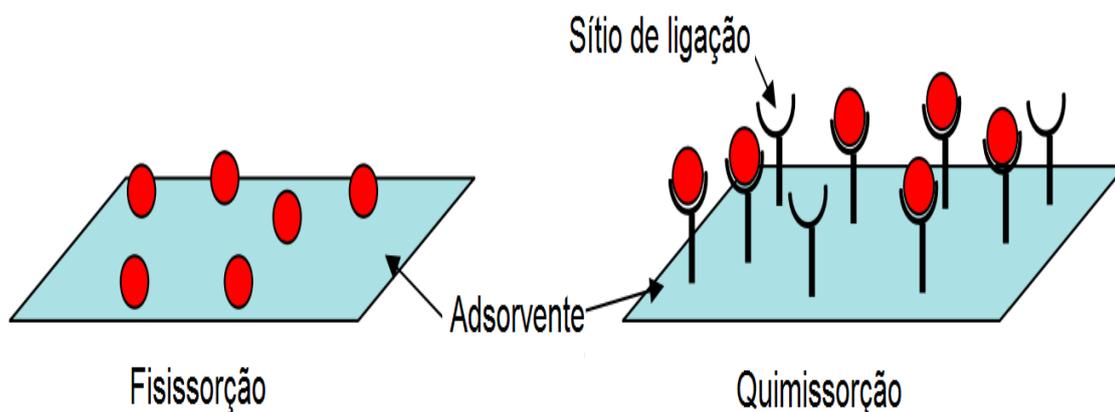
A adsorção é um método que permite compreender a habilidade de matérias sólidas em se acumular na sua superfície elementos existentes em fluidos líquidos ou gasosos, ocasionando a separação dos componentes. O termo “adsorção” refere-se à técnica na qual as moléculas se acumulam na camada interfacial, a dessorção denota o método inverso (MAIA, 2019).

A adsorção é dividida em dois tipos: adsorção física e adsorção química. Na física, a ligação do adsorvato a superfície do adsorvente entende em uma interação relativamente fraca a qual pode ser concedida as forças de Van der Waalls. De outro modo, a quimissorção requer a troca ou partilha de elétrons entre as moléculas do

adsorvato e a superfície do adsorvente, a qual se origina em uma nova reação química mais forte que na fisissorção (SILVA, 2017).

A fisissorção é o baixo grau de especificidade frente á quimissorção, tendo em vista que a quimissorção é um processo seletivo dependente da reatividade entre adsorvente e adsorvato. Como podemos observar na Figura 3, outra diferença entre esses dois tipos de adsorção, é que na quimissorção as moléculas estão obrigatoriamente adsorvidas em monocamada em sítios ativos específicos, enquanto que a fisissorção de acordo com a natureza do adsorvente e adsorvato, pode desenvolver multicamadas, tornando o adsorvente distribuído na superfície (SOARES, 2017).

Figura 3: Ilustração da fisissorção e quimissorção



Fonte: Berger e Bhowan, 2011.

A técnica de adsorção está associada a diversas práticas, como controle de poluição, purificação de líquidos, separação de gases, proteção respiratória, disseccantes e catálise (SOARES, 2017). É um dos métodos mais eficientes e acessíveis na eliminação dos metais no tratamento de água. Essa técnica é uma remoção de massas, em que um composto em fase líquida é removido para a fase sólida. Os adsorventes têm essa característica de adsorver substâncias em solução (ROSS e POSSETTI, 2017).

A adsorção apresenta vantagens significativas quando comparadas com outros métodos de tratamento, dispõe de facilidade e flexibilidade na sua aplicação, desempenho versátil, viabilidade econômica e baixo consumo energético associado. (OLIVEIRA, 2020). Este processo de separação inclui também possibilidade de regenerar e reutilizar o adsorvente e recuperar os adsorbatos (Bonilla-Petriciolet et al.,

2019). Outras aplicabilidade abrange a remoção de cor, odor e minimiza significativamente os micropoluentes presentes em águas subterrâneas, águas residuais urbanas e industriais (OLIVEIRA, 2020).

Segundo Marcelino (2020), existe diversos fatores que podem influenciar no processo de adsorção, tanto relacionados com a natureza dos adsorventes (a área superficial, tamanho dos poros, grupos funcionais presentes na superfície e hidrofobicidade do material) e do adsorvato (polaridade, do tamanho da molécula, e da acidez ou basicidade), como relacionadas com as condições operacionais (temperatura, pH e natureza do solvente).

Há uma diversidade de materiais que podem ser utilizados para a remoção dos contaminantes. O carvão ativado (CA), zeólita, sílica em gel e alumina ativa são os quatro adsorventes mais comercializados, porém com o avanço tecnológico foram desenvolvidos novos adsorventes devido à problemática ambiental, como por exemplo: biocarvões (biochars), cátions em suspensão (Na^+ , K^+ , Mg^+), resinas trocadoras, nanopartículas e grafenos (MARCELINO, 2020).

3.4.1 Adsorção no tratamento de águas na região do curimataú

A mesoregião do Curimataú Paraibano está localizada na região Nordeste do Brasil. Essa região sofre com o processo de aridização e desertificação, o que faz com que as populações busquem utilizar águas de poços, sem saber se estas águas estão na forma potável, sendo necessários utilizar métodos de purificação que nem sempre são viáveis economicamente (ANDRADE, *et al.*, 2018).

É necessário buscas de formas para minimizar contaminantes da água, tendo em vista a importância da preservação deste recurso cada vez mais escasso (SILVA, 2017). Os adsorventes naturais é uma das formas de minimizar os contaminantes garantindo reuso da água, utilidade do subproduto, que normalmente são descartados sem nenhuma utilidade (SOUZA, *et al.*, 2020).

3.5 Adsorventes

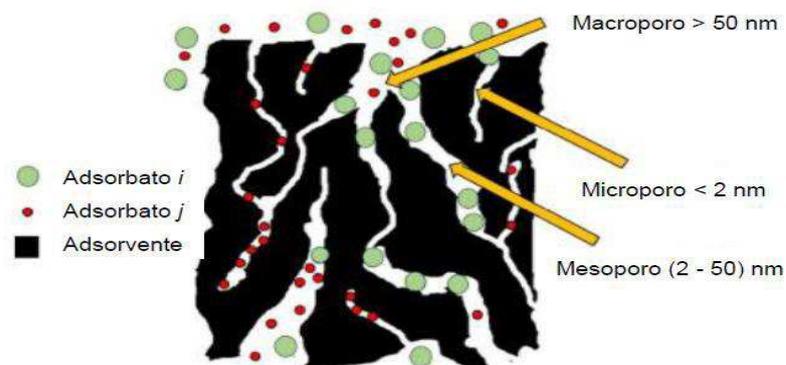
A capacidade de adsorção está relacionada com as propriedades do adsorvente e com afinidade com o elemento a ser removido da água. Sendo assim, é importante a escolha correta do adsorvente a ser utilizado (BLANCO, 2017). A intensidade da

adsorção depende de alguns fatores, como a temperatura, concentrações do adsorbato e adsorvente, pH do meio, solubilidade, entre outros (GARBIN, 2018).

Para o sucesso no processo de adsorção, os adsorventes devem apresentar algumas características fundamentais, como apresentar grande área superficial externa e interna; alta seletividade; Cinética favorável entre o adsorvente e o adsorbato; Estabilidade térmica e química e baixa ou nenhuma solubilidade; Dureza e força mecânica para evitar o estrangulamento dos poros e a erosão das partículas; Sem tendência de realizar reações químicas indesejáveis e apresentar baixo custo (BLANCO, 2017).

Os adsorventes são compostos estruturalmente por diversos poros (Figura 4), classificados de acordo com o seu tamanho pela IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry), os Microporos apresentam diâmetros inferiores a 2 nm, Mesoporos com diâmetros compreendidos entre 2 e 50 nm e os Macroporos, com diâmetros superiores a 50 nm, Cada classificação apresenta uma função específica (OLIVEIRA, 2020).

Figura 4: Estrutura dos poros do Carvão Ativado



Fonte: OLIVEIRA, 2020 (adaptado de Bonilla-Petriciolet et al., 2019).

Os microporos do carvão ativado está sua capacidade de adsorção (constitui cerca de 95% de sua superfície total), os macroporos e mesoporos são funcionalmente transportadores das do adsorbato até os poros mais reduzidos (OLIVEIRA, 2020) A adsorção com o adsorvente de carvão ativado (carvão em pó ou carvão granular) é a técnica mais usada no tratamento de águas. Devido à instalação rápida, os equipamentos são facilmente ajustável e boa eficiência na adsorção.

Porém, a principal desvantagem é o alto custo dos adsorventes, a regeneração cara e acarretando perda de adsorvente (BARBOSA, 2020). Sendo assim, é importante o desenvolvimento de materiais adsorventes de menor custo e mais eficazes na remoção de íons (GUIMARÃES, 2018).

3.5.1 Adsorventes naturais

Os adsorventes de baixo custo são os materiais naturais ou materiais sintéticos com menos custo econômico. São classificados de acordo com a disponibilidade, como por exemplos: madeira, carvão, produtos sintéticos, resíduos, entre outros. A outra classificação é de acordo com natureza química, ou seja, inorgânica ou orgânica (BARBOSA, 2020). A disponibilidade e serem renováveis são fatores importantes, os resíduos agrícolas de matérias lignocelulósicos estão sendo bastante utilizados nos processos de adsorção por apresentar esses fatores (SILVA, 2017).

O principal objetivo do adsorvente natural é a remoção de poluentes, reuso da água, utilização dos subprodutos que geralmente são descartados (MEDEIROS, 2018). Dentre os diversos adsorventes de baixo custo e não-convencionais incluem argilas, zeólitas, material silicoso, resíduos agrícolas e produtos de resíduos industriais, sendo utilizados como alternativas de substituir o carvão ativado, como adsorventes utilizados na remoção de íons poluentes (GUIMARÃES, 2018).

4 METODOLOGIA

Trata-se de um estudo de revisão narrativa de literatura, realizada em março de 2021, fundamentada em artigos completos selecionados segundo as bases de dados PubMed – NCBI (National Center for Biotechnology Information), SciELO (Scientific Electronic Library Online), periódico CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e a revista eletrônica Educação, Ciência e Saúde.

Para a busca de descritores, foi realizada uma combinação de termos, que a partir disso, foi utilizado para pesquisar os artigos encontrados, os descritores serão: “*Águas subterrâneas e Adsorventes*”, “*Processos físico-químicos da água*” e “*Águas subterrâneas e Tratamentos*”.

Os critérios de inclusão estabelecidos foram: Utilização de adsorventes em análises de águas subterrâneas, Tratamentos de águas utilizando adsorventes naturais e

sintéticos e estudos referentes ao uso de adsorventes em águas. Artigos encontrados nas plataformas de pesquisa nacional e internacional de forma gratuita. A maioria dos estudos científicos utilizados nessa revisão foi publicada entre os anos de 2015 a 2021.

5 RESULTADOSE DISCUSSÃO

De acordo com a estratégia estabelecida, a revisão da literatura resultou em 253 artigos. Porém, apenas 39 artigos se enquadravam nos critérios de inclusão obrigatória dessa pesquisa que são (adsorventes utilizados como método tratamento de águas e de baixo custo). Os artigos utilizados se encontram a maior parte no idioma português, apenas 5 artigos utilizado era no idioma inglês. Tabela 1 observa-se o ano de publicação e a quantidade de artigos utilizados. Todos os estudos empregados nessa revisão são relacionados com a utilização do método de adsorção em tratamento de água, adsorventes comumente utilizados nesta técnica, com ênfase maior nas águas subterrâneas.

Tabela 1: Ano de publicação e N° de artigos

ANO DE PUBLICAÇÃO	N° DE ARTIGOS
2021	1
2020	10
2019	7
2018	6
2017	3
2016	1
2015	4
2014	1
2012	2
2009	1
2008	1
2003	1
1998	1

Fonte: autoria própria

De acordo com os achados desta pesquisa, existem duas classificações para os tipos de adsorventes utilizados no método de adsorção. Os adsorventes convencionais são aqueles comerciais, por exemplo, o carvão ativado, resinas orgânicas poliméricas, zeólita, etc. E a segunda classificação é os adsorventes não convencionais, produzidos

com materiais residuais de baixo custo (RUDI, *et al.*, 2020). Existe uma diversidade de adsorventes utilizados no tratamento de água. No quadro 1, podem-se observar alguns adsorventes comumente utilizados encontrados na literatura com os seus respectivos adsorvato e sua classificação.

Quadro 1: Adsorventes encontrados em diversos estudos indicando seus respectivos adsorvatos e o tipo de classificação dos adsorventes.

ADSORVENTES	ADSORVATO	CLASSIFICAÇÃO	REFERÊNCIA
Cortiça	Na e K.	Não convencionais	MEDEIROS et, al., 2019
Pequi – <i>Caryocar brasiliense Camb.</i>	Pb (II)	Não convencionais	AMORIM, 2015
Carvão ativado da casca de <i>Cucumis melo</i> (melão)	Ni	Não convencionais	PFEIFERe SKERGET, 2020
Quitosana	Ni	Não convencionais	PFEIFERe SKERGET, 2020
Argila vermelha	Ca, Mg	Não convencionais	ANDRADE et al, 2018
Farinha de banana verde	Ca, Mg	Não convencionais	SOUZA et al, 2020
Casca de banana	Mn e Pb (II).	Não convencionais	GARBIN, 2018
Semente de acerola	Ca, Mg	Não convencionais	SILVA, 2017
Laranja	Pb, Ni, Cu.	Não convencionais	SILVA, 2015
Casca de banana (nanica e prata).	Pb, Ni, Fe, Cu, Al e Ba.	Não convencionais	SANTANA et al, 2020
Carvão ativado	Hg, Pb e Cd.	Convencionais	CARROTT et al, 1998
Zeólita	Ca ²⁺ e Mg ²⁺	Convencionais	SILVA, 2017
SGC650H(resina supergel)	Fe ³⁺ e Pb ²⁺	Convencionais	BLANCO, 2017

Fonte: Própria do autor

Os compostos orgânicos são comumente utilizados como alvo de pesquisa no processo de adsorção para tratamento de água. Entre os mais comuns estão à laranja, banana e acerola que apresentam semelhanças entre si em relação à capacidade de remoção dos compostos metálicos e ao baixo custo (SILVA, *et al.*, 2015). Um estudo realizado no ano de 2015, por Sorocaba, utilizou a casca da laranja seca e tratada como um adsorvente de contaminantes inorgânicos e do etilbenzeno (orgânico), demonstrando

uma extensa capacidade de adsorção, sendo indicado para o tratamento de águas contaminadas por Pb, Cu, Ni e para o Etilbenzeno.

De acordo com os resultados obtidos por Santana e colaboradores (2020), a utilização da casca de banana como adsorvente foi eficiente na adsorção de metais pesados em águas residuárias de indústria, além de apresentar baixo custo e não necessitar de energia para realizar o processo, evidenciando a possibilidade de substituir o carvão ativado (SANTANA, *et al.*, 2020). Outro estudo utilizando a casca de banana como adsorvente, observou uma ótima retenção do íon manganês em águas subterrâneas, apresentou 100% de eficiência na remoção. Tornando possível sua utilização no tratamento de águas subterrâneas para abastecimento público em caso de contaminação por esse metal (GARBIN, 2018). Contudo, (SOUZA, *et al.*, 2020).

A semente de acerola (adsorvente natural) depois de testada em colunas adaptadas foi verificada uma diminuição considerável no teor de dureza total das amostras de águas de poços subterrâneos e tornou o pH mais ácido, podendo ser justificado pela liberação de íons H⁺ durante a interação com o adsorvente (SILVA, 2017). Corroborando com os achados de Silva (2017), Souza e colaboradores (2020) utilizando um adsorvente distinto (farinha de banana verde), observou também uma redução considerável na dureza após o tratamento e uma diminuição do pH, ou seja, ambas foram eficientes em relação ao parâmetro dureza e não eficaz em relação ao pH.

De acordo com os estudos experimentais envolvendo o tratamento de águas subterrâneas, verificaram-se resultados significativos na possibilidade de se utilizar adsorventes naturais no processo de adsorção. Outro adsorvente natural com essa finalidade encontrado na literatura é a cortiça, obtendo resultados positivos, se mostrou promissora na redução da dureza total e manteve o pH constante, justificando-se sua utilização como adsorvente para tratamento de águas subterrâneas (MEDEIROS, F. C. *et al.*, 2020).

O carvão ativado convencional, um dos principais adsorventes utilizados na adsorção, apresenta excelente capacidade de remoção de contaminantes orgânicos por meio de sua grande área superficial específica e rápida cinética de adsorção (GONÇALVES *et al.*, 2013, apud TOMASSONI, 2019). Contudo, apresenta um alto custo de produção. Kumari e Ravindhranath (2012) produziram carvão ativado a partir das plantas *Moryngea millingtonia* e *Cygium arjunum* para avaliar a sua adsorção em

lagos poluído e efluente industriais. Os resultados foram satisfatórios, chegando a 100% de remoção nas concentrações de alumínio de águas residuais.

Em relação aos estudos na mesoregião do curimataú paraibano que utilizaram a técnica de adsorção no tratamento de água, foram revisados 6 trabalhos. 2 trabalhos desenvolvidos na cidade de Sossego - PB, 1 trabalho na cidade de Cuité-PB, 1 em Baraúna - PB, 1 em Damião-PB e 1 em São Vicente-PB (Figura 5).

Figura 5: Localização das cidades da mesoregião do Curimataú utilizadas na pesquisa.



Fonte: camarasossego.pb.gov.br (adaptado)

Os estudos desenvolvidos na cidade de Sossego - PB foram realizados utilizando adsorventes distintos. Andrade e colaboradores (2018) utilizaram a argila para o tratamento de águas subterrâneas no município, foram analisados os parâmetros físico-químicos dos poços selecionados. Após as análises, foi observado que todos se enquadravam nos padrões estabelecidos pelo Ministério da Saúde (MS), com exceção do parâmetro dureza total. Sendo assim, foi selecionado o poço que apresentou o maior

valor de dureza total para realizar o tratamento utilizando a argila vermelha como adsorvente, após o processo realizado com a cromatografia em coluna observou-se uma acentuada diminuição na dureza total de 46,7% utilizando 15 g de argila, 30 g também houve atividade adsorvente observada, porém com valores menores em relação à atividade adsorvente constatada na utilização de 15 g. A diminuição deste parâmetro pode ser justificada pela capacidade de troca catiônica (CTC) presentes em algumas argilas.

O segundo estudo realizado na cidade de Sossego utilizou um adsorvente natural (semente de acerola) e um adsorvente sintético (zeólita A) para avaliar a eficiência do adsorvente natural na remoção da dureza total e comparar com adsorvente sintético. Assim como no estudo de Andrade (2018), todos os poços apresentaram os parâmetros físico-químicos adequados, com exceção da dureza total em todas as amostras sendo impróprias para o consumo humano e turbidez em algumas das amostras. Após o tratamento com os adsorventes, a semente de acerola apresentou resultados mais significativos em comparação com a zeólita A em relação à considerável diminuição da dureza total. Por ser um resíduo abundante, torna-se viável e de baixo custo para o tratamento de águas com alto teor de dureza (SILVA, 2017).

Na cidade de Cuité-PB, Santos (2018) também utilizou um adsorvente natural (semente e casca de maracujá). Após o tratamento do poço que apresentou maior turbidez, foi observada uma redução significativa do mesmo e diminuição da condutividade elétrica, o último podendo ser justificado pela diminuição de metais. Porém, não apresentou alterações em outros parâmetros como pH, cloretos e dureza total após a adsorção. A espectroscopia de raios-X por dispersão de energia (EDX) mostrou que o adsorvente natural utilizado diminuiu concentrações de alguns elementos (enxofre, ferro, zinco, cobre, cálcio e chumbo) nas amostras. Contudo, liberou todo o elemento manganês de sua composição e aumentou concentrações de potássio (contaminante significativo) e fósforo. (Coluna preparativa)

A cortiça participou como adsorvente em dois estudos. O primeiro estudo realizado por Araújo e colaboradores (2020) analisou poços do município de Baraúna-PB. A cortiça apresentou eficiência na redução da alcalinidade e das concentrações de sódio e potássio, entretanto mesmo com a redução do sódio ter se apresentado significativa, continuam impróprias para consumo humano. Em relação aos elementos da cortiça o Cobre (Cu) e o Ferro (Fe), tiveram uma melhor adsorção na cortiça com granulometria de 125 µm. No município de Damião – PB, a cortiça com a técnica de

cromatografia em coluna, mostrou baixa redução de dureza total nas amostras. De acordo com Medeiros e colaboradores (2019) essa técnica não se mostrou tão eficiente como a técnica de filtração quando comparadas utilizando o mesmo adsorvente.

Por fim, o estudo realizado no município de São Vicente do Seridó – PB utilizaram como adsorvente natural a farinha de banana verde por meio de cromatografia em coluna e filtração para avaliar. Na cromatografia, o adsorvente oxidou rapidamente e apresentou forte odor. A filtração obteve melhor resultado e mais eficiente no tratamento das amostras, reduzindo consideravelmente a dureza. Porém não eficiente em relação ao parâmetro pH diminuindo a acidez, conseqüentemente tornando algumas amostras abaixo dos padrões do MS.No que se refere turbidez, o adsorvente demonstrou ser eficaz (SOUZA, et al, 2020).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A técnica de adsorção é bastante utilizada como meio de pesquisa para avaliar a eficiência de adsorventes no tratamento de águas de indústrias, águas residuais e águas subterrâneas, de modo geral, tornando própria para o consumo humano. Os adsorventes apresentam capacidade de remoção de metais pesados e outros diversos poluentes, consequentemente melhorando os parâmetros físico-químicos.

Existem diversos adsorventes utilizados na técnica de adsorção para o tratamento de água, sendo o carvão ativado o mais utilizado, disponibiliza uma excelente capacidade de remoção de contaminantes, porém é um adsorvente relativamente caro e pode trazer prejuízo para o meio-ambiente. A partir dos resultados encontrados na presente revisão da literatura, é possível afirmar que alguns adsorventes naturais ou sintéticos podem substituir o carvão ativado apresentando custo benefício em relação às águas tratadas e aos gastos com a produção e execução da técnica.

De acordo com os achados em relação aos adsorventes utilizados na adsorção em estudos na mesoregião do curimatau é possível averiguar que o adsorvente natural é sim um material de baixo custo e eficiente no tratamento de água, visto que todos os trabalhos pesquisados apresentaram resultados significativos.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, W. R. F.; SOUZA, F. M. Análise Físico-Química da Qualidade da Água do Rio Pardo no Município de Cândido Sales–BA. ID online **revista de psicologia**, v. 13, n. 43, p. 353-378, 2019.

AMORIM, D, J. **Caracterização E Avaliação Da Potencialidade Das Cascas Trituradas De Pequi (Caryocar brasiliense Camb.) NA ADSORÇÃO DE ÍONS Pb(II) EM ÁGUAS**. Dissertação – (Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Recursos Naturais do Cerrado). Universidade Estadual de Goiás, 2015.

ANDRADE, J.; et al. Utilização de argilas para tratamento de águas de poços subterrâneos no município de sossego-pb. **Educação, Ciência e Saúde**, v. 5, n. 2, 2018.

ARAÚJO, A. M.; FILHO, M. F. C.; SILVA, D. D. Aplicação de adsorvente natural utilizando metodologias analíticas para “clean-up” de águas subterrâneas. **Educação, Ciência e Saúde**, v. 7, n. 1, 2020.

BARBOSA, L. M. S. **Avaliação do Desempenho da Cinza Do Bagaço de Cana-De-Açúcar na Adsorção de Fipronil**. Tese – (Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia). Universidade Estadual Paulista. Ilha Solteira, 2020.

BLANCO, S. P. D. M. **Monitoramento de águas subterrâneas do aquífero serra geral e avaliação do processo de adsorção para remoção de contaminantes**. Tese – (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química). Universidade Estadual de Maringá. Maringá – PR, 2017.

Bonilla, P, A. et al. **Adsorption in Water Treatment**. In IAHS-AISH Publication (International Association of Hydrological Sciences-Association Internationale des Sciences Hydrologiques). Elsevier, 2019.

BRASIL–ministério da saúde Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html acesso em: 25 de março de 2021.

CARROTT, P. J. M.; CARROTT, MML Ribeiro; NABAIS, J. M. V. Influence of surface ionization on the adsorption of aqueous mercury chlorocomplexes by activated carbons. *Carbon*, v. 36, n. 1-2, p. 11-17, 1998.

FERST, C. W. **Reutilização da sílica-gel como adsorvente para remoção de nitrato de águas**. Monografia – (Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária). Universidade Federal da Fronteira Sul. Cerro Largo, 2018.

GARBIN, B. **Adsorção de manganês de águas subterrâneas em cascas e biochar de banana**. Monografia – (Engenharia Ambiental). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2018.

GUIMARÃES, T. **Avaliação da Adsorção de Cobre(Ii) e Cromo(Iii) Utilizando Resíduos de Mármore Branco Como Material Adsorvente não Convencional e de Baixo Custo**. Tese de Mestrado (Agroquímica) Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2018

HERRAIZ, A, S. La importancia de las aguas subterráneas. **Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales**, v. 103, n. 1, p. 97-114, 2009.

HIRATA, R. et al. As águas subterrâneas e sua importância ambiental e socioeconômica para o Brasil. **Sao Paulo: Instituto de Geociencias, Universidade de Sao Paulo, Instituto Trata Brasil, CEPAS/USP**, 2019.

HOMAEIGO HAR, S. The nanosized dye adsorbents for water treatment. *Nanomaterials*, v. 10, n. 2, p. 295, 2020.

KUMARI, ARUNA, A. et al. Extraction of aluminum (III) ions from polluted waters using new bio-sorbents. **Asian Journal of Research in Chemistry**, v. 5, n. 7, p. 882-892, 2012.

LEÃO, M. F.; OLIVEIRA, E. C.; PINO, D. J. C.. Análises de água: um estudo sobre os métodos e parâmetros que garantem a potabilidade dessa substância fundamental para a vida. **Revista Destaques Acadêmicos**, v. 6, n. 4, 2014.

MAIA, L. F. O. **Avaliação toxicológica e remoção de mercúrio (ii) em águas contaminada e resíduo de mineração da bacia do rio doce usando nano**

adsorventes de feooh modificado quimicamente. Tese – (Programa de Pós-Graduação em Multicêntrico em Química). Universidade federal dos vales do jequitinhonha e mucuri. Teófilo Otoni – MG, 2019.

MARCELINO, N, V. **Reaproveitamento de sabugo de milho para potencial remoção de formulação comercial de glifosato em fase aquosa pela técnica de adsorção.** Tese de mestrado (Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia – GO,2020.

MEDEIROS, F, C, F. **Utilização de Adsorvente Natural Proveniente da Cortiça Para Tratamento de Águas.** Monografia – (Licenciatura em Química). Universidade federal de campina grande. Cuité- PB, 2018.

MEDEIROS, F. et al. Aplicação da cortiça (*quercussuber l.*) como adsorvente natural para o tratamento de amostras aquosas. **Educação, Ciência e Saúde**, v. 6, n. 2, 2020.

METCALF & EDDY, Inc. **Wastewater Engineering: Treatment and Reuse.** 4. ed. Nova Iorque: McGraw-Hill, 2003.

MOURA, C, C. et al. Concentrações de nitrato nas águas subterrâneas em áreas rurais do município de São José do Rio Preto (SP). **Águas Subterrâneas**, v. 29, n. 3, p. 268-284, 2015.

OLIVEIRA, A, B, F. **Potencial de Reutilização de lamas de ETA para remoção de sulfatos Caso de estudo: ETA de Santa Águeda.** Tese de mestrado(Licenciatura em Ciências de Engenharia do Ambiente) – Universidade Nova de Lisboa, 2020.

PFEIFER, A.; ŠKERGET, A. M. A review: a comparison of different adsorbents for removal of Cr (VI), Cd (II) and Ni (II). **TurkishJournalofChemistry**, v. 44, n. 4, p. 859, 2020.

QUAGGIO, C, S. et al. Variações na composição das águas subterrâneas do Sistema Aquífero Serra Geral em território brasileiro e sua relação com anomalias hidrogeoquímicas. **Águas Subterrâneas**, v. 32, n. 3, p. 283-294, 2018.

RAMOS, M. V. **remoção simultânea de ferro e manganês de águas subterrâneas utilizando vermiculita visando abastecimento público**. Tese – (Programa de Pós-Graduação stricto sensu em Tecnologia de Processos Sustentáveis). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, 2016.

ROSS, B. Z. L; POSSETTI, G. R. C. **Tecnologias potenciais para o saneamento**. Remoção de metais de água de abastecimento publico. Ed. 1, v. 2, Curitiba-PR, 2018.

RUDI, N, N et al. Evolution of adsorption process for manganese removal in water via agricultural waste adsorbents. **Heliyon**, v. 6, n. 9, p. e05049, 2020.

SANTANA, J, S; S, B, R; O, R, B. Utilização da casca de banana como biossorvente para adsorção de metais pesados viabilizando sua utilização em águas residuárias da industria galvânica. **INOVAE-Journal of Engineering, Architecture and Technology Innovation (ISSN 2357-7797)**, v. 8, n. 1, p. 143-157, 2020.

SANTOS, A. C. Noções de hidroquímica. In: FEITOSA, F. A. C.; FILHO, J. M.; FEITOSA, E. C.; DEMETRIO, J. G. *Hidrogeologia: conceitos e aplicações*. 3 ed. Rio de Janeiro: CPRM: LABHID, 2008. p. 323-357.

SANTOS, C, M. **Uso de cascas de laranja como adsorvente de contaminantes no tratamento de água**. Tese de mestrado (Ciências Ambientais) – Universidade Paulista. Sorocaba, 2015.

SANTOS, M. C. et al. Determinação de propriedades físico-químicas de águas do chafariz do município de cuité-pb. **Educação, Ciência e Saúde**, v. 6, n. 1, p. 19, 2019.

SILVA, A. C. P. **Uso de adsorvente natural proveniente da semente de acerola como alternativa para tratamento de águas subterrâneas**. Monografia – (Licenciatura em Química). Universidade federal de campina grande. Cuité- PB, 2017.

SILVA, P. S. S. **Estudo analítico de águas de abastecimento do município de são vicente do seridó – pb utilizando tratamento com adsorventes naturais**. Monografia – (Licenciatura em Química). Universidade federal de campina grande. Cuité- PB, 2019.

SILVA, W, M. et al. Análise de Adsorventes Naturais Empregados na Remoção de Metais Pesados Para o Tratamento de Efluentes. III Workshop Internacional sobre Água no Semiárido Brasileiro. 2015, ed, 3, 2015, Campina Grande- PB.

SOARES, V, C. **Avaliação das propriedades adsorptivas de carvões ativados produzidos via tratamento termoquímico convencional e não convencional com vistas à remoção de cádmio em meio aquoso.** Tese de mestrado (Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte - BH, 2017.

SOUZA, A, P. et al . Estudo Analítico de Águas De Abastecimento Utilizando Tratamento Com Adsorvente Farinha de Banana Verde. **Educação, Ciência e Saúde**, v. 7, n. 2, p. 2, 2020.

TOMASSONI, F., **Remoção de cor de efluente têxtil sintético por processos de eletrocoagulação e adsorção com carvões ativados produzidos a partir de folhas de Persea americana Mill. e de Cassia fistula.** Tese de Doutorado (Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019.

XIAOLEI, Q; ALVAREZ, J. J; QILIN, L. **Aplicações da nanotecnologia no tratamento de água e águas residuais.** Artigo – (Departamento de Engenharia Civil e Engenharia Ambiental). Universidade de Rice. Houston, 2012.