

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA  
SOUZA**

**Etec DE CIDADE TIRADENTES**

**Curso Técnico em Química**

**Adrielle Jesus de Lima**

**Ana Clara da Silva**

**Maria do Socorro**

**Talita Sanches**

**A UTILIZAÇÃO DA CASCA DE BANANA E DA CASCA DE  
LARANJA COMO BIOSSORVENTE PARA A ADSORÇÃO DE  
CÁLCIO EM SOLUÇÃO AQUOSA.**

**São Paulo**

**2023**

**Adrielle Jesus de Lima**

**Ana Clara da Silva**

**Maria do Socorro**

**Talita Sanches**

**A UTILIZAÇÃO DA CASCA DE BANANA E DA CASCA DE LARANJA COMO BIOSORVENTE PARA A ADSORÇÃO DE CÁLCIO EM SOLUÇÃO AQUOSA.**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso Técnico em Química da Etec da Cidade Tiradentes, orientado pelo Prof. Marconi da Cruz Santos e Alberto Camargo, como requisito parcial para obtenção do Título de Técnico em Química.

**São Paulo**

**2023**

## **DEDICATÓRIA**

Dedicamos esse trabalho aos integrantes do grupo e às pessoas que nos apoiaram nessa grande ideia e ficaram do nosso lado, transmitindo força e confiança para cada um de nós.

## **AGRADECIMENTOS**

O desdobramento deste trabalho de conclusão de curso contou com a ajuda de algumas pessoas, dentre as quais agradeço:

Aos professores do Curso de Técnico em Química que, através dos seus ensinamentos, permitiram a conclusão deste trabalho.

Aos professores orientadores, que durante doze meses, acompanharam e apoiaram o esforço dado para a elaboração do projeto.

Aos integrantes do grupo que participaram, pela colaboração e disposição no processo de obtenção de buscas e resultados.

Aos familiares, que incentivaram e não permitiram que houvesse qualquer desistência por parte dos integrantes do grupo.

Aos professores e amigos, pela compreensão das ausências e pelo afastamento temporário.

## EPÍGRAFE

“Frequentemente é necessária mais coragem para ousar fazer certo do que  
temer fazer errado. ”

Abraham Lincoln.

## RESUMO

Ao decorrer dos anos, as indústrias e a população vêm sofrendo um prejudicial caso de constante contaminação em relação a um dos produtos mais utilizados, a água. Sendo eles, o cálcio e o magnésio. As incrustações nas tubulações são inevitáveis, costumam aparecer no interior delas. Essas impurezas impedem o fluxo de líquidos provocando entupimentos, são provocadas pela chamada água dura. A água dura possui um alto teor de sais de cálcio e magnésio na forma de bicarbonatos, carbonatos, sulfatos e nitratos que se tornam sólidas ao decorrer do tempo. Esses resíduos podem parecer inofensivos, porém, se não tratados, podem causar problemas. Um desses problemas nesse caso, é a impossibilidade da circulação da água. Como nas tubulações de ferro onde podem ocasionar o aumento da oxidação, o qual pode gerar a redução da pressão da água, favorecendo a proliferação de bactérias. O objetivo deste trabalho foi desenvolver um biossorvente a base de casca de laranja e casca de banana para adsorção de íons cálcio da água dura. O biossorvente foi preparado através de seleção, secagem, extração por Soxhlet dos interferentes, sendo aplicado em uma solução aquosa rica em cálcio, com taxa de adsorção de 76 % dos íons cálcio, mostrando um promissor material adsorvente.

**Palavras-chave:** Água. Biorremediação. Tratamento de filtração da água à base da casca da banana e laranja. Incrustações em tubulações tanto nas industriais quanto nas residências.

## ABSTRACT

Over the years, industries and the population have suffered a harmful case of constant contamination in relation to one of the most used products, water. These being calcium and magnesium. Fouling in the pipes is inevitable, they usually appear inside them. These impurities prevent the flow of liquids causing clogging, are caused by the so-called hard water. Hard water has a high content of calcium and magnesium salts in the form of bicarbonates, carbonates, sulfates and nitrates that become solid over time. These residues may seem harmless, but if left untreated, they can cause problems. One of these problems in this case is the impossibility of water circulation. As in iron pipes where they can cause increased oxidation, which can generate a reduction in water pressure, favoring the proliferation of bacteria. The objective of this work was to develop a biosorbent based on orange peel and banana peel for the adsorption of calcium ions from hard water. The biosorbent was prepared through selection, drying, Soxhlet extraction of interferents, being applied in an aqueous solution rich in calcium, with an adsorption rate of 76% of calcium ions, showing a promising adsorbent material.

**Keywords:** Water. Bioremediation. Water filtration treatment based on banana and orange peel. Incrustations in pipes both in industrial and in homes.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1- PROCESSO DE ADSORÇÃO.....	22
FIGURA 2-AMOSTRA METÁLICA DE CÁLCIO.....	24
FIGURA 3-EDTA (ÁCIDO ETILENODIAMINO TETRA-ACÉTICO) .....	25
FIGURA 4-SOXHLET EXTRACTOR.PERCULATOR-BOILER AND REFLUX,DISTILLATION FLASK ON HEATING ELEMENT .....	30
FIGURA 5-EXTRAÇÃO SOHXLET .....	35
FIGURA 6-PROCESSO DE FILTRAÇÃO .....	36
FIGURA 7-TRIPLICATA DAS TITULAÇÕES .....	37

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1-DADOS DE ALGUNS TAMPÕES TRADICIONAIS E SEUS RESPECTIVOS VALORES RECOMENDADOS DE CONCENTRAÇÃO PARA O PREPARO A PARTIR DO ÁCIDO FRACO PRINCIPAL E HIDRÓXIDO DE SÓDIO (OU QUALQUER CONTRAÍON COMPATÍVEL), CALCULADOS USANDO O PEAKMASTER®.....	<b>ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.</b>
TABELA 2-RESULTADOS DAS TITULAÇÕES SEM O MÉTODO SOHXLET .....	39
TABELA 3-RESULTADO DAS TITULAÇÕES COM O MÉTODO SOHXLET .....	39

## Sumário

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	13
2.1 . OBJETIVO GERAL.....	13
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO</b> -----	
14	
3.1. CICLO DA VIDA-----	14
3.1.1. CASCA DE BANANA-----	
-----14	
3.1.1.1. PROPIEDADES DA CASCA DE BABANA-----	15
3.1.2. CASCA DE LARANJA-----	
17	
3.1.2.1 PROPIEDADES DA CASCA DE LARANJA-----	18
3.2 AVANÇOS TECNOLOGICOS-----	19
3.3 COMO PODE CRESCER? -----	21
3.4 ADSORÇÃO-----	22
3.5 ÁGUA DURA-----	23
3.6 CÁLCIO-----	24
<b>4. TITULOMETRIA DE COMPLEXAÇÃO</b> -----	25
4.1 SOLUÇÃO TAMPÃO-----	27
4.2 SOXHLET-----	29
4.2.1 SOHXLET COMO FUNCIONA-----	30
<b>5. MATERIAIS E MÉTODOS</b> -----	32
5.1 MATERIAIS-----	32
5.2 MÉTODOS-----	33
5.2.1 PREPARAÇÃO DO MATERIAL ADSORVENTE E SOLUÇÕES-----	33
5.2.2 PREPARO DA SOLUÇÃO TAMPÃO pH 10 e EDTA-----	34
5.3 EXTRAÇÃO SOXHELT-----	35
5.4 FILTRAÇÃO-----	36
5.5 TITULAÇÃO-----	37
<b>6. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> -----	38
<b>7. CONCLUSÃO</b> -----	41
<b>8. REFERÊNCIAS</b> -----	42

## 1. INTRODUÇÃO

A incrustação em tubulações industriais trata-se do acúmulo de resíduos e substâncias sólidas como cálcio e magnésio, que são formadas ao decorrer do tempo no interior das tubulações. Essas incrustações podem acarretar obstruções e reduções no fluxo de líquidos, aumentando o consumo de energia e danificando a eficiência dos sistemas.

Tais resíduos podem ser gerados por muitas substâncias presentes nos fluidos, como sais e carbonatos. Alguns dos motivos como, a pressão, temperatura e a composição química dos fluidos ocasionam a formação dessas incrustações.

Para impedir essas camadas, é necessário a realização da manutenção das tubulações regularmente, observando e limpando-as frequentemente. Há também tratamentos químicos para a remoção e prevenção desses resíduos (FILTROVALI, 2019).

Os efluentes industriais também podem apresentar diversas características específicas como patogenicidade, inflamabilidade, corrosividade, toxicidade dentre outras, exigindo tratamento específico para cada tipo de efluentes. O tratamento de efluentes contendo metais pode ser feito por troca iônica, adsorção, processos eletroquímicos, neutralização/precipitação química, oxidação ou redução (UTFPR, 2014).

O tratamento dos efluentes é necessário para que não haja a presença de resíduos indesejados. O processo de bioadsorção para tratamento de efluentes é um dos meios utilizados para esse tratamento, composto por interações eletrostáticas e formações de complexos entre íons metálicos e grupos funcionais presentes no material, exibindo afinidade por determinado metal. Aplicações deste método têm demonstrado eficácia, baixo custo e possibilidade de utilização de biomassa que pode ser reutilizada no processo e os metais removidos recuperados (RODRIGUES et al., 2006).

O melhor desempenho da bioadsorção dependerá da escolha do material adsorvente. Estudos realizados indicam que cascas de frutas como casca de banana

(CRUZ, 2009), bagaço de laranja (MONTANHER, 2009), casca de coco verde (PINO, 2005), casca de abacaxi e tangerina (BARROS, 2014) e madeira, constituídos de lignina, celulose, hemicelulose e com sítios ativos capazes de adsorverem metais, como grupos carbonilas, carboxilas, aminas e hidroxilas são indicadas para obtenção de resultados satisfatórios. Diante dos fatos apresentados neste estudo, será testado o uso da casca de banana e laranja como material adsorvente para a remoção de cálcio em uma solução aquosa.

## **2. OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GERAL.**

Desenvolver um filtro a base da biomassa da casca da banana e laranja, para filtração dos metais constituintes na água.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS.**

Analisar os processos bioquímicos da água e seus fluentes e mananciais que afetam as tubulações industriais e domésticas.

Realizar, através da casca da banana e da laranja seus benefícios de filtração, a produção de um filtro através da biomassa das cascas;

Analisar as propriedades físico-química da biomassa da casca de laranja e banana no processo de filtração.

### **3. REFERÊNCIAL TEÓRICO**

#### **3.1 CICLO DE VIDA**

##### **3.1.1 CASCA DE BANANA**

O desenvolvimento de uma bananeira é, em média, de cerca de 12 a 14 meses, desde o crescimento da planta até ao corte do cacho de bananas. Nesse período a planta nasce, rebento da planta mãe, cresce e morre, completando, como todo o ser vivo, o ciclo mais certo e mais perfeito da natureza, a vida.

A partir do fim deste ciclo, começamos a dar ênfase ao processo de criação do filtro a base de casca de banana.

As cascas de banana ganham uma segunda vida como elemento purificador de água. Basicamente, o processo de descontaminação das águas é feito da seguinte maneira:

- As cascas de bananas são cortadas em pedaços pequenos e levadas para secar ao sol;
- Depois de secas, elas são moídas com o auxílio de um processador de alimentos;
- O pó produzido é peneirado em peneira granulométrica;
- Esse pó da casca de banana é armazenado em local seco, como em um dessecador;
- O pó produzido é adsorvente que pode ser usado na descontaminação da água.

Existem algumas vertentes para o descarte deste resíduo do processo que é a farinha ou pó da casca de banana contendo os metais pesados, como aterros sanitários específicos para este tipo de resíduo, e em um outro ponto é como estamos é de que, como estamos lidando com biomassa podemos efetuar a queima para gerar energia ( MADEIRA, GOV, 2015).

### 3.1.1.1 PROPIEDADES DA CASCA DE BABANA

De acordo com estudos, a banana é uma fruta tropical consumida globalmente. Suas cascas são usadas para a produção de fertilizantes e ração para animais e diversas outras coisas. Seus principais componentes são compostos de baixo peso molecular, como celulose, hemicelulose, pectina e clorofila. Portanto a casca de banana apresenta alta capacidade de adsorção de metais pesados.

Segundo (Cruz,2009) a casca de banana como material adsorvente para remoção de metais pesados demonstrou alta eficiência, cerca de 98,7% foram estudados cobre, zinco, cádmio e chumbo, porém a ordem de adsorção foi  $Pb > Cd > Zn > Cu$ . Estudos mais recentes de (Buske (2012) demonstraram que a casca de Banana também apresentou resultados satisfatórios, onde para 1 g de adsorvente, a capacidade de adsorção foi de: ferro (14,6 mg/g), alumínio (21 mg/g), cromo (17,6 Mg/g) e manganês (13 mg/g) para tratamento de efluentes industriais líquidos contendo os metais pesados.

Diante disso, neste estudo será testado o uso de casca de banana e da casca de laranja como material adsorvente para a remoção de metais pesados em uma solução aquosa. Onde será efetuado a possibilidade de criar um filtro a base da celulose da casca da banana e laranja, para que seja realizado o processo de filtração desses metais.

A fauna e a flora aquática são essenciais para a sobrevivência dos seres vivos, o crescimento industrial e urbano nas últimas décadas vem preocupando frequentemente o sistema ambiental devido as diversas atividades desenvolvidas pelo homem. Qualquer alteração que o homem faz devido as suas ações, sejam elas industrial ou agrícolas, pode representar sérios prejuízos para o meio ambiente como um todo.

A contaminação das áreas aquáticas ocorre devido o volume crescente de resíduos industriais e orgânicos descartados incorretamente. Os processos tradicionais de tratamento da água não são suficientes para remover eficientemente esses resíduos que conseqüentemente contaminam o solo, desses, os principais são os metais pesados como o mercúrio (Hg), chumbo (Pb), Cromo (Cr), cádmio (Cd) e arsênio (As). Esses metais são considerados os mais prejudicialmente silenciosos e

invisíveis para os seres vivos, e se encontram em forma sólida e que podem ser tóxicos (UNICAMP, 1995).

Independentemente dos tipos de contaminantes presentes na água, busca-se aprimorar as tecnologias tradicionalmente empregadas nos processos de tratamento hídrico a fim de garantir uma água segura para o abastecimento da população, sem considerar as inovações tecnológicas neste setor. Assim, o presente estudo busca evidenciar a necessidade de melhorar as ações de tratamento de água, em função dos riscos associados à saúde pública. Busca-se também analisar o reuso potável direto e como esta prática pode ser uma solução para promover uma água de qualidade e suprir a demanda de grandes centros urbanos em situação de escassez hídrica.

Em relação ao principal setor de controle da qualidade da água, acaba seguindo uma regulamentação falha, onde seriam necessárias técnicas de adsorção mais competentes e de baixo custo que não prejudique mais o meio ambiente em si.

Após várias análises, estudos apontam que através de uma específica fruta ao qual sua casca se tornou uma dessas técnicas mais viáveis de filtração desses metais. Sendo esta, a casca da banana.

### **3.1.2 CASCA DE LARANJA**

A laranjeira é uma árvore cítrica sempre-verde com uma vida produtiva de 50-60 anos. Algumas árvores bem cuidadas de laranja podem viver até 100 anos ou mais. A planta da laranja (*Citrus x sinensis*) pertence à família Rutaceae. É uma árvore que floresce e sua altura quando adulta pode ir de 5 a 15m (16-50pés). A árvore da laranja é cultivada principalmente por conda de suas frutas, mas suas flores também são ornamentais. O Brasil é o líder mundial na produção de laranja, já que para cada 4 laranjas que são produzidas mundialmente, mais de 1 é produzida no Brasil. Entretanto, os Estados Unidos, México, Índia e China também são grandes produtores de laranja (WIKIFARMER, 2017).

### 3.1.2.1 PROPIEDADES DA CASCA DE LARANJA

De acordo com (BlucherChemistry Proceedings), a poluição dos recursos hídricos e os respectivos impactos socioambientais constituem motivo de preocupação mundial, em virtude da ascendente escassez deste recurso associada ao elevado custo energético e financeiro atrelado ao seu tratamento. Um dos poluentes mais preocupantes e frequentes são os metais pesados, por serem altamente tóxicos para a saúde dos seres vivos e capazes de inviabilizar a utilização da água para diferentes fins (AJMAL, M. et al.2009).

Como alternativa, várias técnicas de tratamento têm sido propostas para a remoção de metais de águas naturais, com destaque para as tecnologias de adsorção por troca iônica.

A utilização de biossorventes obtidos a partir da casca e do mesocarpo de diferentes frutos (laranja, limão, banana, entre outros), tem mostrado resultados bastante promissores. O presente trabalho apresenta uma revisão acerca da viabilidade da casca da laranja no processo de biossorção, por conta do alto potencial da biomassa não comestível deste fruto para o processo de troca iônica. Em linhas gerais, estudos revelam que a casca da laranja pode ser utilizada em substituição ao carvão ativado comercial, que possui alto custo, mas que ainda é a técnica mais empregada para a remoção de metais em águas contaminadas. A modificação química da casca da laranja também tem mostrado excelentes resultados para a adsorção dos íons metálicos, porém estudos toxicológicos ainda necessitam ser realizados acerca dos riscos de contaminação com compostos secundários (Revista Cubana de Química, 2013).

### **3.2 AVANÇOS TECNOLÓGICOS.**

De acordo com o artigo publicado pelo site (Fia Business School), avanços tecnológicos são processos nos quais a aplicação de novos conhecimentos relacionados à tecnologia tem resultados práticos visíveis.

Foram construídas em Nippur, na Babilônia, as primeiras galerias de esgoto da história. O Vale do Indo e suas cidades são conhecidos pelos planejamentos urbanos e sistemas de abastecimento e drenagem elaborados para a época.

Em 312 a.C, o Império Romano desenvolveu um sistema de abastecimento, o Aqueduto Aqua Apia, com aproximadamente 17 km de extensão. Foram eles a primeira grande civilização a realizar esse tipo de sistema.

No início do século XIX, o cientista escocês Robert Thom construiu a primeira estação de purificação de água em Paisley, na Escócia. Utilizavam filtros de areia para filtrar a água;

Quatro anos mais tarde, o colega de Robert, John Gibb, modernizou a primeira instalação de purificação de água, criando o primeiro sistema de abastecimento de água potável a uma cidade inteira.

Tratou o saneamento de fato. Foram constituídas grandes galerias subterrâneas, assim como banheiros públicos, chafarizes e reservatórios.

Em 1827 James Simpson construiu aquilo a que poderíamos chamar o primeiro filtro de água da história, como os conhecemos hoje. É considerado o primeiro sistema de tratamento de água comprovadamente eficaz. Era feito de areia e pedras e tinha várias fases de filtração, pelo que se tem uma ideia, como os atuais filtros de água da torneira, mas de uma forma gigantesca. (21, junho 2020/ Fernando).

Nos tempos passados passamos por algumas situações difíceis em relação ao fornecimento de água para a utilização da população, devido a este fato foram disseminadas doenças e pessoas foram levadas à morte. Em 1561 foi feita a primeira obra de saneamento básico no Brasil. O militar português Estácio de Sá, fundador da cidade do Rio de Janeiro, mandou construir um poço para abastecer a cidade.

Com os avanços tecnológicos, a fábrica Neo Life na década de 1970 criou o primeiro purificador de água do Brasil. Foram desenvolvidos diversos modelos de filtros de água com diversas cores e que se tornaram uma grande tendência da época.

Desde então várias melhorias foram feitas em relação ao nosso sistema de tratamento de água, o que o deixa cada vez mais potável. Atualmente o tratamento de água é feito por estações de tratamento onde ela é submetida a diversos processos para sua purificação e a realização do seu consumo.

### 3.3 COMO PODE CRESCER?

Com a intenção de recuperar os recursos já prejudicados, como as águas poluídas, é necessária a criação de novas tecnologias que visem ao tratamento desses efluentes e que sejam eficientes e economicamente viáveis. Com isso em mente, a pesquisadora Milena Boniolo realizou pesquisas no Centro de Energia Nuclear na Agricultura (Cena) da USP, em Piracicaba, São Paulo, que estudou o potencial uso das cascas de banana na descontaminação de águas poluídas.

A ideia é interessante principalmente por ser um projeto que visa ao desenvolvimento sustentável, pois a banana é um fruto bastante presente nos mercados mundiais, mas que também é alvo de grande desperdício, principalmente porque as suas cascas geralmente são descartadas e somente a polpa é utilizada.

Assim, com essa proposta, há um reaproveitamento de uma matéria-prima importantíssima que iria parar no lixo, tornando essa técnica de baixo custo.

As principais fontes de poluição por metais são efluentes industriais, principalmente da mineração e lavouras (AGUIAR; NOVAES, 2002), galvanoplastia (CRUZ, 2009) e curtumes. Dentre os metais, é importante destacar o chumbo que é utilizado em indústrias de munições, soldas e fundição, tintas e corantes, baterias e manufaturas de produtos químicos (HOMEM, 2001).

Os problemas ambientais gerados pelo aumento considerável dos descartes de efluentes industriais contaminados com metais pesados nos rios, mares e solo, aliados às leis ambientais cada vez mais rigorosas, estimularam as pesquisas para obtenção de métodos alternativos de baixo custo e mais eficientes no tratamento de águas e despejos contendo esses contaminantes (AGUIAR; NOVAES 2002).

Segundo os pesquisadores, o método ainda não foi utilizado em grande escala, mas tem potencial para tratamento de água de abastecimento público, principalmente em regiões com intensa atividade agrícola.

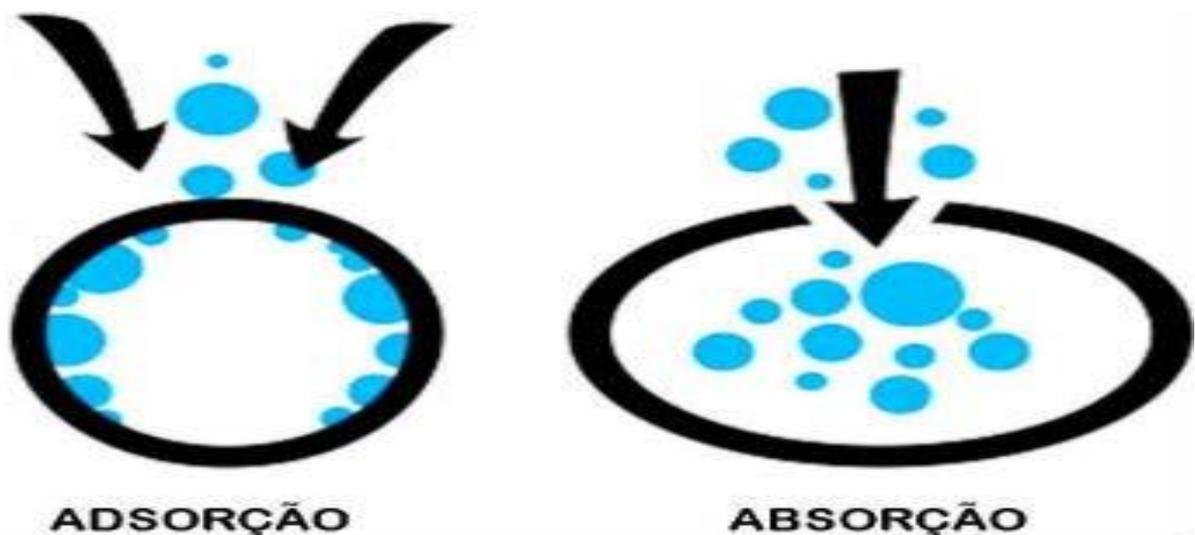
### 3.4 ADSORÇÃO

A adsorção é uma propriedade físico-química das moléculas de substâncias líquidas, gasosas e sólidas. O processo ocorre quando as partículas líquidas ou gasosas ficam retidas na superfície de sólidos. Caso os sólidos sejam porosos, a capacidade de adsorção aumenta ainda mais. Existem duas classificações para os componentes que participam do processo:

**Adsorvatos:** É a substância líquida ou gasosa que fica retida na superfície de um sólido adsorvente.

**Adsorventes:** É a substância sólida que promove a retenção de outras substâncias (S.J Gregg e K Sing Academic Press, 1982).

**Figura 1- Processo de Adsorção**



Fonte: Google, 2023.

### 3.5 ÁGUA DURA

A dureza da água está relacionada à presença de sais de metais alcalino terrosos, predominantemente cátions de Cálcio e de Magnésio, ou de outros metais como Bário, Ferro, Manganês, Zinco ou Alumínio – os quais podem ser levados em conta na aferição da dureza, apesar de isso não ser muito usual. Em breves linhas, uma água é considerada “dura” quando contém uma alta concentração desses sais, e “macia” quando os mesmos se encontram em pequenas quantidades.

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), uma amostra de água é considerada dura quando a concentração de carbonato de cálcio é superior a 120 mg por litro, e “macia” quando os teores em carbonato de cálcio são inferiores a 60 mg/L. A dureza da água pode variar geograficamente, ou seja, irá depender da natureza geológica do local que a água atravessa e com os quais tem contato. Uma água dura está associada a zonas onde as rochas são de natureza calcária ou dolomítica (EQUIPE TECNICA MS SCHIPPERS, 2022).

### 3.6 CÁLCIO

O cálcio é um metal alcalino terroso localizado no quarto período da Tabela Periódica.

O cálcio, em sua forma metálica, apresenta coloração acinzentada, sendo macio, maleável, dúctil e um pouco quebradiço. Em contato com o ar, sofre oxidação, e sua superfície brilhante acaba se tornando turva rapidamente, pois há a formação de uma camada esbranquiçada.

O comportamento químico do cálcio remete a outros dois metais alcalinos: o estrôncio e o bário. Por exemplo, ele é capaz de reagir com a água e com ácidos, produzindo gás hidrogênio, além de ser diluído em amônia líquida,  $\text{NH}_3$  (l), produzindo soluções azuis. Quando queimado, gera uma chama de coloração amarela avermelhada, com a formação de seu óxido,  $\text{CaO}$ .

Como todos os elementos do grupo 2, o cálcio, quando aquecido, reage com  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ , enxofre ( $\text{S}_8$ ) e os halogênios (grupo 17).

**Figura 2-Amostra metálica de cálcio.**



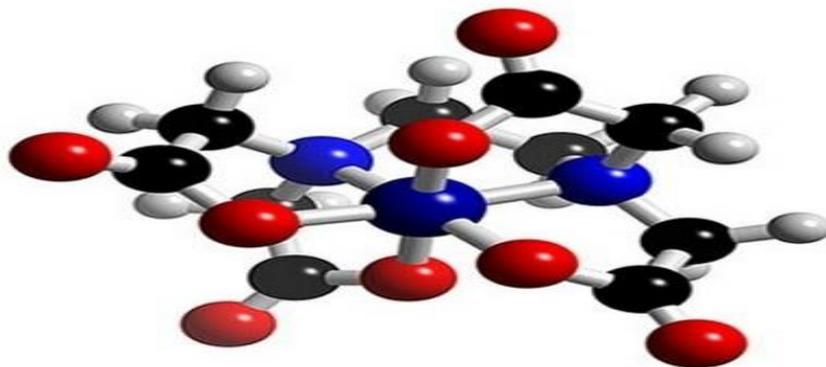
Fonte: Google, 2023.

#### 4. TITULOMETRIA DE COMPLEXAÇÃO

Segundo Lewis, primeiro cientista a descrever os fundamentos da Titulometria de complexação ou titulações por complexação, afirma que as titulações envolvem reações de formação de complexos. Um íon metálico reage com ligante formando um complexo suficientemente estável. Constantes de Formação ( $K_f$ ) ou Constantes de Estabilidade ( $K_{est}$ ). (Unesp, 2008)

Uma técnica de análise volumétrica na qual a formação de um complexo colorido entre o analito e o titulante é usado para indicar o ponto final da titulação. Titulações complexométricas são particularmente úteis para a determinação de diferentes íons metálicos em solução. Um indicador capaz de produzir uma mudança de cor não ambígua é usado para detectar o ponto final da titulação. (Introdução da aula de Química analítica da professora Maria Auxiliadora Campos Martins 2012).

Figura 3-EDTA (Ácido Etilenodiamino Tetra-acético)



Fonte: 3dchem

Fonte: Google, 1999.

O EDTA é um ácido que atua como ligante hexadentado, ou seja, pode complexar o íon metálico através de seis posições de coordenação. É usado como descolorante para cabelos; pode ser também utilizado na fabricação de pães e derivados na indústria alimentícia. Também é usado durante tratamento endodôntico por ter uma função quelante e retirar íons cálcio ( $Ca^{2+}$ ). Essa afinidade com o cálcio, faz com que seja também utilizado como anticoagulante.

Na Titulometria de complexação é um composto orgânico que age como agente quelante, formando complexos muito estáveis com diversos íons metálicos.[2] Entre eles estão magnésio e cálcio,[3] em valores de pH acima de 7 e manganês, ferro(II), ferro(III), zinco, cobalto, cobre(II), chumbo e níquel em valores de pH abaixo de 7.[4] O EDTA é um ácido que atua como ligante hexadentado, ou seja, pode complexar o íon metálico através de seis posições de coordenação, a saber: através de quatro ânions carboxilato (-COO-), após a saída dos 4 H<sup>+</sup> dos grupos carboxílicos, e também através dos dois N.( Secretaria de educação ca.seed 2010).

#### 4.1 SOLUÇÃO TAMPÃO

Uma solução tampão é uma solução química que mantém o pH relativamente constante quando adicionado água ou ácido ou base forte. É formada por um ácido fraco em equilíbrio com sua base conjugada (ou uma base fraca em equilíbrio com seu ácido conjugado) em uma solução aquosa. Quando um ácido ou uma base é adicionado a uma solução tampão, ocorre uma variação mínima do pH porque o ácido fraco ou a base fraca presentes na solução podem neutralizar essas substâncias, diminuindo o efeito sobre o pH.

As soluções tampão são importantes em muitas aplicações biológicas e químicas, incluindo processos enzimáticos, análises químicas, separação de biomoléculas e sistemas fisiológicos (MANUAL DA QUÍMICA, 2023).

Tabela 1-Dados de alguns tampões tradicionais e seus respectivos valores recomendados de concentração para o preparo a partir do ácido fraco principal e hidróxido de sódio (ou qualquer contraíon compatível), calculados usando o PeakMaster®

pH desejado a 25 °C	TAMPÃO	CONCENTRAÇÃO DOS REAGENTES MMOL/L <sup>-</sup>	
		C <sub>NaOH</sub>	C <sub>ácido</sub>
3,8	(Ácido acético Acetato)	100	9
4,8		100	50
5,8		100	91
8,2	(Ácido bórico Borato)	100	9
9,2		100	50
10,2		100	91
11,8		100	115
12,8		100	227
3,1	(Ácido cítrico Citrato)	100	50
4,8		100	150
6,4		100	250
6,3	(Ácido carbônico Carbonato)	100	50
10,3		100	150
2,2	(Ácido fosfórico Fosfato)	100	50
3,2		100	90

<b>6,2</b>		
	100	110
<b>7,2</b>	100	150
<b>8,2</b>	100	190

Fonte: Adaptado de Olívia Brito, 2020.

## 4.2 SOXHLET

O Soxhlet possui três partes, e cada uma delas realiza o processo sem necessidade manual. A primeira é o reservatório de vidro (também conhecido como dedal), que contém um tubo na parte lateral. Esse tubo pode esvaziar ou preencher o espaço no qual o composto é colocado. O reservatório de vidro é envolto por outras duas partes: o condensador — que ocasiona o refluxo do solvente que é posto na concentração —, e o balão, que fica concentrado na parte de baixo e destila o composto com a adição do solvente.

No momento de realizar o processo, é importante que o balão seja aquecido com uma manta aquecedora para que a extração de lipídios no Soxhlet seja eficaz e a destilação ocorra sem nenhum problema (PROLAB,2018).

#### 4.2.1 SOXHLET COMO FUNCIONA.

Após a colocação da substância no reservatório de vidro, o manipulador precisa colocá-lo na câmara do Soxhlet, com um filtro de papel envolto para absorver com mais propriedade o aquecimento da manta. Em seguida, o solvente é colocado dentro do balão de destilação, sempre em uma quantidade maior do que o composto. Normalmente, um nível quatro vezes a mais do que o volume do composto é o recomendável para que se chegue a um resultado oportuno.

Figura 4-Sistema de extração por Soxhlet



Fonte: Google, 2023.

Com as medidas analisadas e já preparadas, o reservatório é aquecido e o Soxhlet colocado na parte de cima do frasco. O solvente é aquecido, e o refluxo é ocasionado a partir do condensador, com o vapor subindo ao frasco e se condensando na parte central do Soxhlet. Absorvendo o solvente, aos poucos o composto vai se dissolvendo com o aquecimento do solvente e as partículas sólidas da substância são extraídas pelo tubo lateral do reservatório de vidro.

A vantagem do Soxhlet é que o solvente entra em ebulição por meio de um aquecimento apropriado e em uma condição que o composto vai sofrer a extração de forma rica e sem perda dos materiais a serem analisados. O líquido é absorvido pelo papel filtro e as partes sólidas não são empurradas para o balão.

Para analistas de laboratório, o uso do Soxhlet é inteiramente importante para se chegar a uma amostra mais concentrada e com uma porção considerável para estudo e análise (PROLAB,2018).

## 5. MATERIAIS E MÉTODOS

### 5.1 MATERIAIS

- Bandeja
- Cascas de laranja e banana
- Fritadeira sem óleo
- Liquidificador/ processador
- Erlenmeyers
- Espátula
- Água da torneira e destilada
- Balança analítica
- Bureta
- Suporte universal
- Balão volumétrico de funcho chato
- Condensador
- Extrator de Soxhlet
- Garra
- EDTA
- Negro de eriocromo T
- Cloreto de Calcio

## **5.2 MÉTODOS**

### **5.2.1 PREPARAÇÃO DO MATERIAL ADSORVENTE E SOLUÇÕES**

As cascas de banana e laranja utilizadas no processo, foram desidratadas em uma fritadeira sem óleo com recirculação de ar a 140 °C por 1 h. O material seco obtido foi triturado individualmente em um liquidificador até a obtenção de uma biomassa granulométrica e em seguida armazenada em um recipiente de vidro.

A solução contendo cálcio foram preparadas a partir da diluição de cloreto de cálcio, utilizando 0,6 g em 1,6 L de água destilada.

### **5.2.2 PREPARO DA SOLUÇÃO TAMPÃO pH 10 e EDTA**

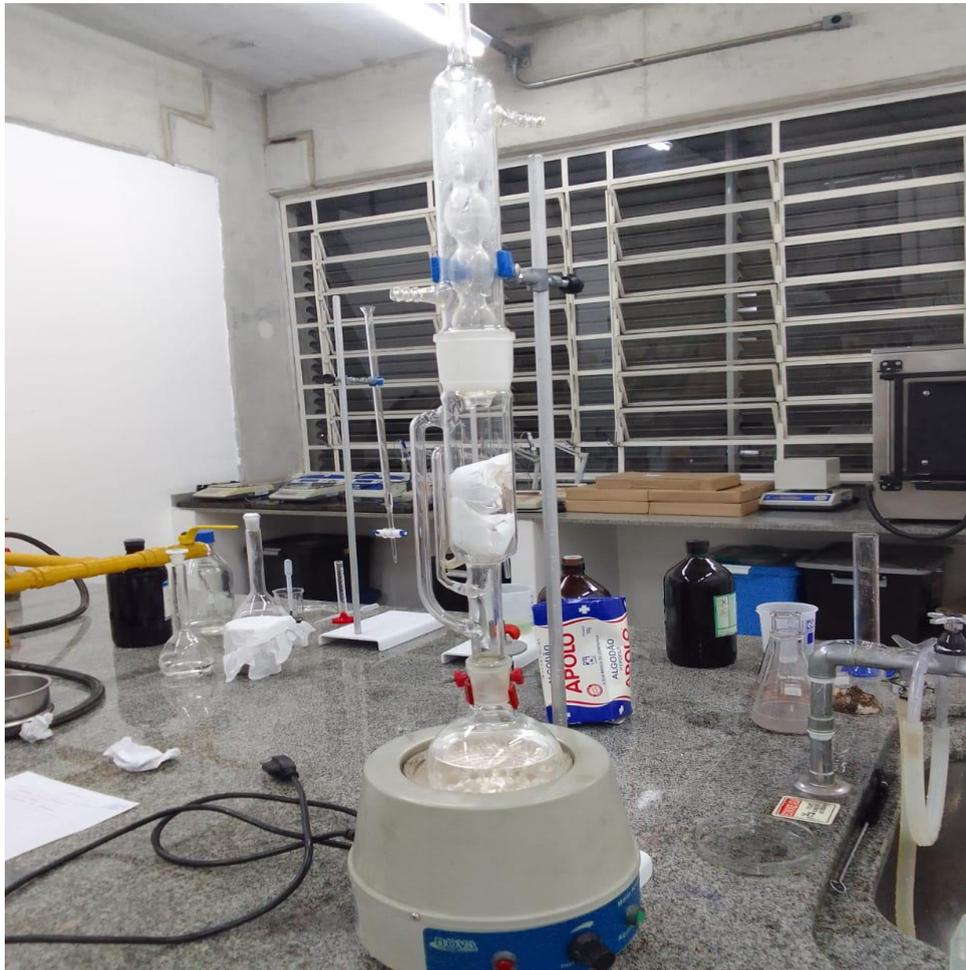
Em um béquer, foi diluído em 5 mL de água destilada, 1 g de hidróxido de sódio e 19 g de borato de sódio. Após a diluição, a solução foi levada para medição do pH e reservada em um balão volumétrico de 250 mL completando-o com água destilada até seu ponto volumétrico.

Após, a solução concentrada de EDTA 0,01 mol/L foi diluída em água destilada, e sequencialmente a solução concentrada foi separada em um balão volumétrico e, completando assim, com água destilada até atingir o volume total de 250 mL.

### 5.3 EXTRAÇÃO SOXHLET

As amostras trituradas de cascas de banana e laranja foram submetidas ao processo de remoção dos extrativos, utilizando primeiramente o etanol de cereais como solvente durante um período de 48 h, seguido de água destilada por um período aproximado de 24 h em um extrator Soxhlet até que o solvente apresentasse sua aparência incolor.

**Figura 5-EXTRAÇÃO SOXHLET**



Fonte: Autoria própria, 2023.

## 5.4 FILTRAÇÃO

Após a realização da extração Soxhlet, a biomassa foi transferida para um alongador, onde em seu interior continha algodão. Por fim, a solução de cloreto de sódio foi filtrada pela biomassa e reservada.

**Figura 6-PROCESSO DE FILTRAÇÃO**



Fonte: Autoria própria, 2023.

## 5.5 TITULAÇÃO

A solução de EDTA 0,1 mol/L foi transferida para uma bureta de 25 mL, em seguida adicionado a solução de cloreto de cálcio, a medida de 2 mL de solução tampão pH 10 e 2 (equivalente à 0,1 mL) em gotas de Negro de Eriocromo T para um Erlenmeyer de 250 mL. Sendo efetuado o processo de titulação, até seu ponto de viragem, onde foi observado a alteração do pH.

**Figura 7-TRIPLICATA DAS TITULAÇÕES**



Fonte: Autoria própria, 2023.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com o processo de desidratação da biomassa, foi possível observar sua estrutura. E após a trituração dela, o propósito foi adquirir uma aparência granulométrica.

A solução tampão preparada alcançou pH 10 de acordo com as instruções da tabela criada por software PeakMaster® Olívia Brito, 2020 específica para titulações, dentre elas a titulação para a determinação de cálcio.

As primeiras filtrações realizadas, obtiveram resultados esperados. Ao final do processo observou-se que a água filtrada estava carregando os extrativos e os pigmentos presentes na casca de banana e laranja aparentando assim, uma coloração alaranjada.

No entanto, com a filtração, através da utilização do método de extração sohxlet, obteve-se êxito na remoção do pigmento.

Os resultados das primeiras titulações realizadas em triplicatas, também foram esperados. Já que a água titulada, sem o método de extração sohxlet, estava com alta concentração de cálcio. Devido a mesma, também, absorver os extrativos presentes nas biomassas.

Tabela 1-Resultados das titulações sem o método Soxhlet

<b>Sem filtração (Volume da média consumida da bureta em mL).</b>	<b>Com filtração (Volume médio consumido na bureta em mL).</b>
<b>19,1 mL</b>	<b>39,6 mL</b>

Fonte: Autoria própria, 2023.

Ao observar a tabela, notasse resultados indistintos entre as titulações, esse resultado indica que uma à concentração de cálcio em abundância tanto na casca de banana quanto na casca de laranja.

Tabela 2-Resultado das titulações com o método Soxhlet

<b>SEM FILTRAÇÃO (VOLUME DA MÉDIA CONSUMIDA NA BURETA EM mL).</b>	<b>COM FILTRAÇÃO (VOLUME MÉDIO CONSUMIDO NA BURETA EM mL).</b>
<b>19,2 mL</b>	<b>3,1 mL</b>

Fonte: Autoria própria, 2023.

Fórmula de concentração inicial

$$\begin{aligned}
 C_n * V_n &= C_i * V_i \\
 0,1 * 19,1 &= C_i * 25 \\
 \frac{1,91}{25} & \\
 C_i &= 0,076 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \text{ Ca}^{2+} +
 \end{aligned}$$

Fórmula da concentração final

$$\begin{aligned}
 C_n * V_n &= C_i * V_i \\
 0,1 * 3,1 &= C_i * 25 \\
 \frac{0,31}{25} &= 0,0124 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \text{ Ca}^{2+} +
 \end{aligned}$$

Porcentagem %

$$\begin{aligned}
 0,076 * x &= 0,0124 * 100 \\
 x &= \frac{1,24}{0,076} \\
 x &= 16\%
 \end{aligned}$$

$$100\% - 16\% = 76\%$$

De acordo com as fórmulas apresentadas, foi observado que, as concentrações de  $\text{Ca}^{2+}$  apresentou divergência em seus resultados. À medida que a concentração inicial resultou em 0,076 mol/L, a concentração final apresentou um resultado de 0,0124 mol/L. Esse resultado confirma que a biomassa utilizada, reteve cerca 76% do cloreto de cálcio.

## 7. CONCLUSÃO

O uso de cascas de banana e laranja na remoção de cálcio em solução aquosa, obteve uma eficácia de remoção, demonstrando assim, a possibilidade do seu uso como biossorvente alternativo na filtração da água para o processo de adsorção de cálcio em indústrias ou em residências. Os resultados experimentais se aproximaram do seu potencial valor teórico, descrevendo assim, o processo de adsorção.

Portanto o desenvolvimento da elaboração do projeto foi essencial, tornando possível, novas pesquisas de desenvolvimento para que esse projeto seja elaborado em grande escala para utilização futura nas indústrias e enfim, nas residências. Trazendo assim, a possibilidade de maior redução de metais pesados e uma água totalmente potável, sem causar maiores danos à saúde da população e com um saneamento mais eficaz também para os grupos residências de baixa renda e trazendo um nível mais sustentável para toda a população.

## 8. REFERÊNCIAS

**ROMANO SILVA, NAYARA CRISTINA. UTILIZAÇÃO DA CASCA DE BANANA COMO BIODSORVENTE PARA A ADSORÇÃO DE CHUMBO (II) EM SOLUÇÃO AQUOSA.** Universidade Tecnológica Federal Do Paraná Departamento De Engenharia Ambiental Curso De Engenharia Ambiental. Campo Mourão 2014. Disponível em: <CM\_COEAM\_2014\_1\_18.pdf (utfpr.edu.br)>

**Cruz, Nathalie, Mierzwa, José Carlos.** SAÚDE PÚBLICA E INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS PARA ABASTECIMENTO Artigos originais. Saúde soc. 29 (1) 03 Fev 2020. Publicação nesta coleção. Disponível em<<https://www.scielo.org/article/sausoc/2020.v29n1/e180824/>>

**REMOÇÃO DE METAIS DA ÁGUA UTILIZANDO CASCAS DE BANANAS** DOI:10.34117/bjdv7n4-239 Recebimento dos originais: 09/03/2021 Aceitação para publicação: 09/04/2021. Brazilian Journal of Development ISSN: 2525-8761 36806. Disponível em < ISSN: 2525-8761 (tratamentodeagua.com.br)/>. Acesso em 30/09/2022.

**METAIS PESADOS, HORMÔNIOS E AGROTÓXICOS ESTÃO NA ÁGUA QUE CHEGA ÀS TORNEIRAS.** Por Cida de Oliveira, da RBA, Publicado 02/03/2018 - 11h15 .Disponível em: <Metais pesados, hormônios e agrotóxicos estão na água que chega às torneiras - Rede Brasil Atual > . Acesso 29 de set de 2022.

**DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO: GUIA COMPLETO PARA ADMINISTRADORES. PUBLISHED BY FIA. 4 ANOS AGO.** Disponível em: Desenvolvimento Tecnológico: Guia Completo para Administradores - FIA. Acesso em 28 de set de 2022.

**BLOG, SANEAMENTO BÁSICO. CONHEÇA A HISTÓRIA DO SANEAMENTO BÁSICO E TRATAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO.** *\*Texto adaptado de Rodrigo Barros, Texto original no Rodoinside e Aegea.* Disponível em: < História do saneamento básico e tratamento de água e esgoto EOS Consultores> Acesso em: 29 set. 2022.

**FERNANDO.** QUEM INVENTOU OS FILTROS DE ÁGUA. Disponível em < Quem inventou os filtros de água>. Acesso em 29 de set. 2022.

**PURIFICADOR DE ÁGUA: COMO SURTIU E QUANDO FOI CRIADO.** Filtros Apol > Purificadores > Purificador De Água: Como Surgiu E Quando Foi Criado? By adminwp.14 de julho de 2021.Purificadores. Disponível em: <Purificador de água: como surgiu e quando foi criado? (filtrosapol.com.br)>. Acesso 29 de set. 2022.

**AJMAL,** M. et al. Adsorption studies on Citrus reticulata (fruit peel of orange): removal and recovery of Ni II from electroplating wastewater. Journal of Hazardous Materials, v. 79, n. 1-2, p 117-131, 2000.

**ALOMÁ-VICENTE,** I. de la. C. et al. Panorama general em torno a la contaminación del agua por níquel. La biosorción como tecnología de tratamiento. Revista Cubana de Química, v. 25, n. 3, p. 266-280, 2013.proceedings.blucher.com.br/article-details/potencial-da-casca-da-laranja-como-biossorvente-alternativo-para-remoo-de-metais-pesados-em-guas-residuais2013

**RAMOS,** Renato: Director of Sales na Hydranautics - A Nitto Group Company (ele/dele). A EVOLUÇÃO DO TRATAMENTO DE ÁGUA. Publicado em 1 de novembro de 2017. Disponível em: <<https://www.linkedin.com>>. Acesso em: 27 set. 2022.

**SABESP: TRATAMENTO DE ÁGUA.** Disponível em: <<https://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=47>>. Acesso 25 de set. de 2022.

**ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA, COMO FUNCIONAM E QUAIS SUAS VANTAGENS.** Tubarão–Santa Catarina. Disponível em <<https://aguasclarasengenharia.com.br/tratamento-de-agua/>>. Acesso dia 27 de set, 2022.

**COMPLEXOMETRIA:** Por André Luis Silva da Silva - Licenciatura Plena em Química (Universidade de Cruz Alta, 2004)

Mestrado em Química Inorgânica (Universidade Federal de Santa Maria, 2007)Disponível em: < <https://www.infoescola.com/quimica/complexometria/>>. Acesso em: 29 de set, 2020.

**CASCAS DE BANANA MADURA AGEM COMO ELEMENTO PURIFICADOR DE ÁGUA.** *American Chemical Society.* \*Fernando Trucco\*\* Fonte (\*): *American Chemical Society.* "Banana peels get a second life as water purifier." ScienceDaily, 10 March 2011.Disponível em: <<https://www.docelima.com.br>>. Acesso em: 30 set. 2022.

**COMO É O CICLO DE VIDA DA BANANA.** 2022. Disponível em <<https://treinamento24.com>>. Acesso em 30 de set, 2022.

**NOVAIS, Stéfano Araújo.** "Cálcio (Ca)"; *Brasil Escola.* Disponível em: <<https://brasilescola.uol.com.br>>. Acesso em 28 de maio de 2023.

**O CICLO DA BANANEIRA.** Secretaria regional da Agricultura e Desenvolvimento Rural. Publicado em 15 de julho de 2015. Disponível em <<https://dica.madeira.gov.pt>>. Acesso em 28 de maio de 2023.

**EXTRATOR SOXHLET**, O que é um Extrator de Soxhlet? - SPLABOR. Presidente Prudente – SP- Desde 2020. Publicado em 23/01/2017. Disponível em <<https://www.splabor.com.br/>>. Acesso em 30 de maio de 2023.

**Limpeza Química, Tubulações. COMO ELIMINAR INCRUSTAÇÕES DAS TUBULAÇÕES. FILTOVALI.** Itajaí – SC. Publicado em 2 de julho de 2019. Disponível em <<https://www.filtrovali.com.br/>>. Acesso: 28 de maio de 2023.

**LOPES**, Diogo Lopes. SOLUÇÃO TAMPÃO. MANUAL DA QUÍMICA. Omnia – GO - 2023. Disponível em: <https://www.manualdaquimica.com/fisico-quimica/solucao-tampao.com>. Acesso: 25 de maio de 2023.

---

DA SILVA, William Leonardo “e” TEIXEIRA RIBAS, Felipe Brondani. **BIOSSORÇÃO: UMA REVISÃO SOBRE MÉTODOS ALTERNATIVOS PROMISSORES NO TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS.** Rio de Janeiro – RJ – 27 de fevereiro de 2022. Disponível em <<https://www.scielo.br/>>. Acesso 25 de maio de 2023.