



## REMOÇÃO DE COBRE COM USO DA PECTINA

Alessandra Pinheiro dos Santos  
Alessandro Castilho da Silva  
Claudio Avelino Ribeiro  
Jaqueline Campos Macedo

Orientador: Alexandre de Jesus Barros

### RESUMO

A presença de metais pesados como o Cobre em nossos efluentes se tornou algo presente e é proveniente do aumento industrial nos últimos tempos. Este problema pode ser gerado por um acontecimento acidental ou apenas por falta de tratamento dos resíduos descartados pelas indústrias.

A grande concentração deste material pode remeter graves riscos à saúde do ser humano. E por conta deste risco, é utilizada diversas técnicas para a remoção e redução desse metal dos nossos efluentes. Uma das técnicas que pode ser utilizada, mas que hoje não foi tão explorada ainda, é o uso da pectina.

A pectina por possuir característica gelificante é uma ótima alternativa e que pode ser utilizada para redução do cobre nos efluentes, pois ela é predominantemente composta por resíduos de ácido galacturônico e tem valor absorptivo de materiais sólidos. Por ela poder ser extraída de diversos alimentos, tem um grande poder comercial e se torna mais acessível para uso.

Utilização da técnica de absorção pela pectina tem como objetivo de forma significativa da redução do cobre, possibilitando o melhoramento de um método de tratamento de Cobre nos efluentes conforme realizado nos experimentos deste artigo.

**Palavras-chave:** Pectina. Cobre. Metais Pesados.

### ABSTRACT

*The presence of heavy metals such as copper in our effluents has become something present and is due to the industrial increase in recent times. This problem can be generated by an accidental event or just by the lack of treatment of the waste discarded by the industries.*

*The high concentration of this material can pose serious risks to human health. And because of this risk, several techniques are used to remove and reduce this metal from our effluents. One of the techniques that can be used, but which has not been so explored today, is the use of pectin.*

*As pectin has a gelling characteristic, it is a great alternative and can be used to reduce copper in effluents, as it is predominantly composed of galacturonic acid residues and has absorptive value for solid materials. Because it can be extracted from different foods, it has great commercial power and becomes more accessible for use.*

*Use of the pectin absorption technique aims to significantly reduce copper, enabling the improvement of a copper treatment method in effluents as performed in the experiments in this article.*

**Keywords:** Pectin. Copper. Heavy metals

DATA DA APRESENTAÇÃO: 10/12/2021

DATA DA ENTREGA DO MATERIAL: 16/12/2021

## 1. INTRODUÇÃO

Ainda que estejamos morando em um planeta chamado “Terra”, sua formação é composta basicamente por 70% água e 30% terra. O grande problema é que menos de 1% de toda essa água disponível pode ser considerada potável para o consumo, fazendo com que cada vez mais novas técnicas sejam desenvolvidas para preservar esse recurso tão importante e limitado. (CC SOUZA, 2021).

Desde que houve a grande Revolução Industrial iniciando-se na Inglaterra no século XVIII o mundo nunca mais foi o mesmo. Desde esse período até os dias de hoje, grandes empresas têm se instalado em vários cantos do mundo proporcionando grandes mudanças tanto boas quanto ruins. O maior impacto causado por essas grandes empresas tem sido os relacionados ao meio ambiente, especialmente os rios, lagos, lençóis freáticos e represas. (CAVALCANTE, 2021).

Diante de tais problemas que a cada dia só tem diminuído a qualidade de vida de todas as populações, atualmente são desenvolvidas diversas pesquisas focadas em minimizar os impactos causados, buscando alternativas economicamente viáveis, além de ambientalmente seguras. (BATALHA, 1993).

Diante de tal situação, uma grande preocupação tem surgido que é a de se desenvolver ou criar produtos adsorptivos alternativos, muitos estudos relacionados a biomassas têm se expandido e cada vez mais tem conquistado os interesses dos pesquisadores e empresas, pois as biomassas teriam as suas origens em resíduos da atividade agroindustrial. Seguindo este caminho dois grandes problemas seriam resolvidos de uma única vez, os resíduos não seriam mais descartados de forma inadequada, mas se tornariam matéria-prima para a produção de um produto de maior valor e ajudaria na remoção de contaminantes da água já que eles se tornariam materiais adsorptivos.

Uma possível solução que a cada dia tem se mostrado muito promissora tem sido técnicas voltadas a retirar contaminantes de soluções aquosas através da adsorção em materiais adsorptivos, em outras palavras, é a utilização de um material capaz de absorver/reter moléculas ou íons dos contaminantes presentes. O grande desafio para que tal método se torne viável é ele ser de baixo custo, apresentar elevada capacidade de absorção e tenha grande disponibilidade. (BRANDÃO, 2006).

Alguns métodos já vêm sendo utilizados nesse propósito, o mais comum deles é a utilização do carvão ativo como adsorvente, ele tem se mostrado muito eficiente, porém a sua produção envolve reagentes químicos, demora e até consumo de energia. (GUPTA, 2009).

O presente estudo preocupou-se em caracterizar e avaliar a potencial utilização da Pectina Industrial como precursor de um material adsorvente de contaminante, pois a mesma tem se mostrado ser um material de baixo custo, alta disponibilidade e apresenta elevada capacidade de adsorção.

A cada dia tem sido maior a preocupação em se descobrir e criar materiais adsorptivos alternativos, realizando investimentos em estudos com o foco principal na utilização de biomassas, que se constituem como resíduo da atividade agroindustrial do país. Utilizando a pectina como material adsorvente, dois grandes problemas seriam sanados, a retirada eficiente e eficaz de contaminantes do meio e a disposição final inadequada do resíduo, pois o mesmo voltaria para a indústria como matéria-prima para a fabricação de um produto de maior valor agregado.

### 1.1. EFLUENTES INDUSTRIAIS

Historicamente o desenvolvimento urbano e industrial se deu ao longo dos cursos d'água, graças à possibilidade de usar os rios para abastecimento e receptor dos rejeitos. Ao longo dos anos houve um considerável aumento da população e das atividades industriais, fazendo com que a carga de dejetos lançados nos rios aumentasse exponencialmente comprometendo a qualidade dos corpos hídricos. (SAWYER, 2004).

Na indústria a utilização da água ocorre de várias formas e em vários momentos, de uma forma direta como, por exemplo, na lavagem dos maquinários, incorporação ao produto, geração de vapor, tubulação e pisos, resfriamento das máquinas até mesmo nas utilizações mais básicas como, por exemplo, nos refeitórios, escritório administrativo e esgoto sanitário. Toda água utilizada durante o processo industrial torna-se contaminada, com exceção da água incorporada ao produto e a perda pela evaporação, portanto é imprescindível a existência de um sistema de tratamento dos efluentes gerados. (RAMALHO, 1991).

A água dentro de uma indústria pode se tornar contaminada de várias formas, entre elas estão,

perdas de produtos e/ou matérias-primas ou perdas de energia, são situações que demonstram a baixa eficiência dos processos industriais. Para tais situações é fundamental a otimização da engenharia de produção para viabilizar a conservação do meio ambiente e minimizar os custos; lembrando que muitas elevadas são aplicadas a empresas que causam desastres ambientais. (IMHOFF, 1986).

Levando em consideração a viabilidade técnica e econômica, alguns passos podem ser tomados para diminuir a poluição industrial, além de equipamentos mais modernos e técnicas; mudanças nas matérias-primas utilizadas; redução da utilização da água; reorganização da engenharia de produção; manutenção periódica dos equipamentos e instrumentos utilizados, evitando-se perdas por vazamentos e desperdício de energia; além de haver um constante treinamento da mão de obra de operação. Como não existe processo perfeito faz-se necessário após essas mudanças a implantação de um sistema de tratamento de efluentes (METCALF, 2003).

Para descobrir um sistema a ser implementado, engenharia, sua disposição e materiais a serem utilizados, alguns fatores são levados em consideração, como custos do investimento e de operação; a quantidade e qualidade do lodo gerado; clima onde o empreendimento está situado; a segurança operacional; o tipo de efluente a ser produzido; geração de odores; possibilidade de explosões; possibilidade de reutilização dos efluentes tratados; interação com a vizinhança e confiabilidade para atendimento a legislação ambiental (GIORDANO, 1999). Aparentemente são muitos requisitos exigidos para que ocorra a implantação de um sistema de tratamento de influentes, porém é imprescindível que a empresa utilize esses parâmetros como base, para que a mesma esteja segura de estar atendendo os requisitos específicos para o lançamento de rejeitos em particular, garantindo que a qualidade do corpo receptor é compatível com as características dos efluentes que serão tratados (METCALF, 2003).

## 1.2. OS CONTAMINANTES

A cada dia vários estudos e noticiários têm demonstrado os danos ambientais causados pela má destinação final dos rejeitos industriais. Por conta do constante crescimento as indústrias têm produzido em larga escala resíduos com altas

concentrações de elementos tóxicos, infelizmente os tratamentos convencionais a disposição no mercado para a remoção ou atenuação desse tipo de material, como por exemplo, metais potencialmente tóxicos, tem apresentado altos custos e restrições, por não poderem garantir a redução dos elementos tóxicos aos limites mínimos estabelecidos pelos padrões estabelecidos pelos órgãos ambientais (BAYRAMOGLU, 2008).

Nos últimos anos, uma grande quantidade de indústrias tem produzido efluentes de mais variada diversidade, com as mais variadas composições (FIGUEIREDO, 2005). Uma das consequências tem sido a contaminação dos corpos d'água por esses compostos químicos que nos últimos anos só tem aumentado, acarretando sérios problemas ambientais devido à alta toxicidade desses componentes.

## 1.3. OS METAIS

Naturalmente os metais fazem parte da composição dos corpos hídricos, havendo uma oscilação em suas concentrações, as quais, em geral, são baixas. Os escoamentos industriais, agrícolas e urbanos de uma forma inadequada podem aumentar as concentrações desses metais tornando-os contaminantes. As regiões urbanas são os locais aonde normalmente ocorre a contaminação das águas, por haver altas concentrações de metais nos fluídos de drenagem (LEE, 1999).

Por conta dessa situação, em 1997 foi promulgada a Lei Federal n.º 9.433, instituindo a Política Nacional de Recursos Hídricos, na tentativa de resguardar e assegurar a atual e às futuras gerações água em quantidade e qualidade, através de uma utilização racional e integrada, garantindo a prevenção e a defesa dos recursos hídricos.

Essa decisão em defesa das nossas águas não foi um esforço único e inovador. Em 1991 o Estado de São Paulo deu o grande passo inicial, promulgando a Lei Estadual n.º 7.663, que estabelece normas e orientações a Política Estadual de Recursos Hídricos. Tal lei foi serviu de base para a discussão e elaboração das demais legislações estaduais, influenciando diretamente a esfera federal.

Depois da promulgação das leis estaduais e federais, ficaram previstos e assegurados padrões a serem respeitados e cumpridos de contaminantes em corpos hídricos.

**Tabela N 1 - Padrões e valores permitidos de Cu.**  
(Adaptação: FIT/CETESB, 2021)

Meio	Concentração	Comentário
Água potável	2 mg/L	VMP (Padrão de potabilidade)
	2 mg/L	VMP (consumo humano)
Água subterrânea	0,5 mg/L	VMP (dessedentação)
	0,2 mg/L	VMP (irrigação)
	1 mg/L	VMP (recreação)
	2 mg/L	VI
Águas doces	0,009 mg/L	VM (classes 1 e 2)
	0,013 mg/L	VM (classe 3)
Águas salinas	0,005 mg/L	VM (classe 1)
	0,0078 mg/L	VM (classe 2)
Efluentes <sup>1</sup>	1,0 mg/L	VM (Padrão de lançamento)

VMP = Valor Máximo Permitido; VM = Valor Máximo.

O metal acima foi escolhido entre tantos outros, pois diversos estudos têm comprovado e demonstrado a ação tóxica desses componentes em conjunto ou isoladamente e eles tem sido amplamente usados pelas indústrias em diversas atividades.

#### 1.4. COBRE

Metal usado em grande escala por indústrias de diversos setores de atividade, amplamente distribuído na natureza é utilizado na fabricação de tubulações, fios condutores, na galvanoplastia, algicidas, ligas, pigmentos, conservantes de madeiras, inseticidas, baterias, fungicidas, entre outro (GUNTHER, 1998). Estando em meio

aquoso, possui grande afinidade com matéria orgânica, estando dissolvido ou associado a colóides ou materiais particulares (LIMA, 2001). Além da grande utilização no meio industrial, o Cobre também tem sido de grande importância na área da saúde, sendo utilizado como co-fator de diversas enzimas celulares por se tratar de um metal essencial para diversas funções orgânicas, (LIMA, 2001), contudo, a sua utilização pode causar sérios riscos a saúde, em excesso, pode atacar o fígado e o cérebro provocando hepatite, sintomas neurológicos e psiquiátricos, causando a doença de Wilson, além de afetar a estrutura do DNA.

#### 1.5. MATERIAIS ADSORVENTES E O PROCESSO ADSORTIVO

Dois ações básicas e eficientes podem ser implementadas a fim de resguardar os corpos hídricos e conseqüentemente os seres vivos dessas substâncias de alta periculosidade, são elas: ações profiláticas que previnam a contaminação do meio e o tratamento iminente e adequado do ambiente já contaminado (CETESB, 1999)

Por conta das grandes catástrofes causadas ao meio ambiente, métodos de tratamentos para esses resíduos de alta periculosidade têm sido estudados, entre eles, um tem apresentado baixos custos aliado a um bom desempenho de remoção, tem sido o método de adsorção por superfícies adsorventes (BAYRAMOGLU, 2008).

Heumann (1997) definiu adsorção como um processo na qual ocorre a transferência da massa de uma ou mais substância (adsorvato) presente em um meio gasoso ou líquido é transferido de forma seletiva para a superfície de um sólido poroso (adsorvente). Existem duas formas de adsorção: adsorção química ou quimissorção que envolve reações químicas em seu processo, e a adsorção física ou fissorção que envolve em seu processo somente a força física.

De modo geral, todo material sólido possui alguma capacidade de adsorção, porém a escolha do sólido adsorvente é de extrema importância para se alcançar uma alta eficiência no processo. Ainda que todo sólido possua capacidades de adsorção, nem todo sólido tem as propriedades adequadas para serem utilizados como adsorventes em processos industriais de separação ou no tratamento de efluentes (HEUMANN, 1997).

Um material muito conhecido e utilizado tem sido o carvão ativado, segundo os autores Ruthven (1984) e Strauss (1975), entre outros, ele pode ser de origem vegetal ou mineral. Diversos tipos de biomassa ou outro material carbonáceo podem ser utilizados para a produção do mesmo, a partir da carbonização por exposição a altas temperaturas. Existem duas opções para realizar a ativação do carvão, por meio químico (lavagem com algumas soluções específicas básicas ou ácidas, seguida de aquecimento a alta temperatura) ou por processo físico (exposição a uma corrente de vapor de água ou dióxido de carbono em alta temperatura 700 – 1100° C). Esse processo de ativação resulta no aumento da área superficial específica no carvão, com valores variando entre 300 e 2500 m<sup>2</sup>/g.

Outros diversos materiais já tiveram a sua eficiência testada e comprovada nesse processo, como, por exemplo, membranas (ROHRICHT, 2009), polímeros (FRIMMEL, 2002) e a argila (VELI, 2007). Membranas e polímeros tiveram o seus usos inviabilizados por dependerem de condições experimentais; já as argilas mesmo sendo naturais e abundantes, não são retornáveis ao meio ambiente, problemas em sua destinação final.

## **1.6. UTILIZAÇÃO DE BIOMASSA COMO MATERIAL ADSORVENTE**

Atualmente o material mais utilizado no processo de adsorção de substâncias contaminantes de compostos fenólicos em solução aquosa (YAN, 2013) e metais tóxicos (ISSABAYEVA, 2010), tem sido o carvão ativado e estudos demonstraram a sua eficiência (FOO, 2010), apesar do seu custo elevado. Por conta desses altos custos, materiais adsorventes alternativos com possibilidade de substituição do carvão ativado comercial têm sido investigados. Entre as matérias-primas utilizadas podem-se destacar as cascas de frutas ou partes de vegetais, principalmente pelo fato de serem reaproveitados, uma vez que são resíduos da atividade agrícola (VIEIRA, 2011).

Ligado ao desenvolvimento sustentável e a possibilidade de comercialização de seus subprodutos, cada vez mais as biomassas tem sido utilizadas para a produção de novos compostos químicos com aproveitamento energético, sendo um dos principais processos de conversão a pirólise (BRIDGWATER, 1999). A pirólise é usada na produção do carvão ativado

desses resíduos industriais, ela é realizada usualmente na ausência de ar, removendo materiais voláteis da matéria-prima criando uma estrutura porosa inicial e ordena a estrutura compacta do material carbonáceo.

Varias biomassas tem se mostrado eficientes para a remoção de poluentes aquosos, tais como, bagaço de cana-de-açúcar (SANTOS, 2011), cascas de arroz (MIMURA, 2010), resíduos de castanha (YAO, 2010), cascas de amendoim (LIU, 2010), resíduos de laranja (SOUZA, 2012), dentre outros materiais.

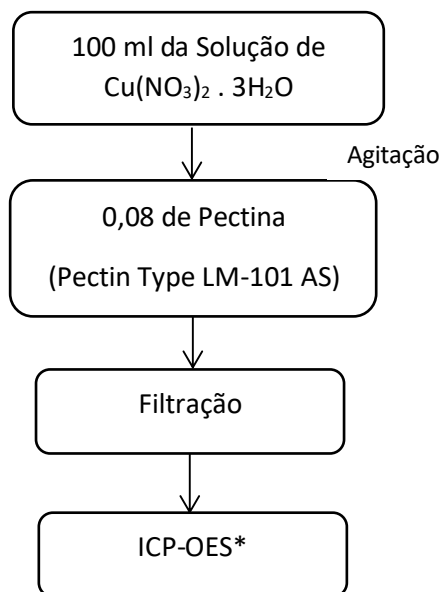
## **2 MATERIAIS E METODOS**

De forma a determinar a eficácia da pectina na remoção do cobre, foram realizados três ensaios de agitação com três soluções de nitrato de cobre cada, variando a concentração e tempo para identificar em qual eixo melhor se encaixa a função pretendida do uso da pectina. A metodologia foi representada na figura 1.

Foram realizadas triplicatas com 100mL de soluções provenientes de preparações estoque em concentração aproximada de 1g/L de nitrato de cobre II em três béqueres.

Inicialmente, 0,08g de pectina foram adicionadas no béquer contendo 100mL da solução estoque, onde em seguida foram submetidas a agitação por 15 minutos em uma mesa agitadora.

No segundo ensaio, a massa da pectina foi alterada para 0,2g, mantendo o tempo anterior. O fator tempo foi alterado no último ensaio, aumentando mais 15 minutos e mantendo a quantidade de 0,2g de pectina. Todas as soluções, ao final de cada ensaio, foram filtradas em papéis de filtro quantitativos de 0,1cm de espessura e, em seguida, preparadas com hidróxido de amônia em balões de 5mL para serem analisadas no espectrofotômetro, que foi calibrado com uma solução padrão de nitrato de cobre a 10g/L.



**Figura 1: Metodologia aplicada**

\*ICP-OES – Espectrômetro de emissão óptica com plasma induzido acoplado

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Baseado nos padrões de qualidade do CONAMA Nº357 é permitido que a quantidade de 1,0 mg/L de Cobre dissolvido seja lançado nos efluentes. Acima deste padrão máximo estabelecido, pode acarretar efeitos tóxicos agudos em organismos aquáticos e tornar inviável o uso desta água para abastecimento da população.

Nos testes foram preparadas soluções de cobre com concentração de A: 1,1436 g/L, B: 1,162 g/L e C: 1,0152 g/L e realizadas triplicatas adicionando quantidades variáveis de pectina com tempos de agitação variados para verificar a eficácia da adsorção em diferentes circunstâncias e reservamos todos para uma análise no espectrofotômetro.

Após realizado todos os experimentos em triplicata, foi feita uma diluição das amostras em balões de 10 mL com 1 mL de  $\text{NH}_4\text{OH}$  e  $\text{H}_2\text{O}$  para permitir que fosse feita a leitura no espectrofotômetro e realizado a curva de calibração com todos os dados obtidos.

De acordo com a figura 3, conseguimos identificar que a pectina foi eficaz no tratamento da solução e sua utilização foi maior aproveitada em concentrações mais altas, demonstrando um grande potencial de uso no tratamento de efluentes. No primeiro ensaio, o qual foi utilizado 0,08g de pectina industrial, houve diminuição da concentração do íon cobre na solução de 56,54%, indicando indícios da eficácia da adsorção do

experimento. O aumento da pectina no segundo ensaio demonstra que a quantidade utilizada aumenta significativamente os resultados, o experimento com 0,2g de pectina resultou em uma diminuição de 69,15% da concentração do cobre, em comparação ao terceiro experimento, o tempo de agitação não foi um fator considerável identificado por nós para resultados na adsorção do cobre; a adsorção teve efeito de 58,19% a mais que o segundo experimento. A figura 2 mostra a concentração do cobre após adição da pectina sofrendo agitação.

Com base também nos valores padrão permitidos de cobre definidos pela FIT/CETESB, 2021 é aceitável a concentração de até 2mg/L de cobre para que seja considerável água potável e de 1,0 mg/L em efluentes.

Com nossos dados após os testes é possível que em quantidades maiores de pectina utilizada trará remoções de cobre em maiores quantidades, tornando cada mais adequada para uso e se enquadrando em classes e meios diferentes de acordo com menores concentrações de cobre.

De acordo com os padrões de qualidade do CONAMA Nº 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005, estes são os valores máximos consideráveis e aceitáveis:

0,009 mg/L Cu dissolvido na TABELA I - CLASSE 1 - ÁGUAS DOCES

0,013 mg/L Cu dissolvido na TABELA III - CLASSE 3 - ÁGUAS DOCES

0,005 mg/L Cu dissolvido na TABELA IV - CLASSE 1 - ÁGUAS SALINAS

7,8 µg/L Cu dissolvido na TABELA VI - CLASSE 2 - ÁGUAS SALINAS

0,005 mg/L Cu dissolvido na TABELA VII - Classe 1 - ÁGUAS SALOBRAS

7,8 µg/L Cu dissolvido na TABELA IX - CLASSE 2 - ÁGUAS SALOBRAS

1,0 mg/L Cu dissolvido na TABELA X - LANÇAMENTO DE EFLUENTES

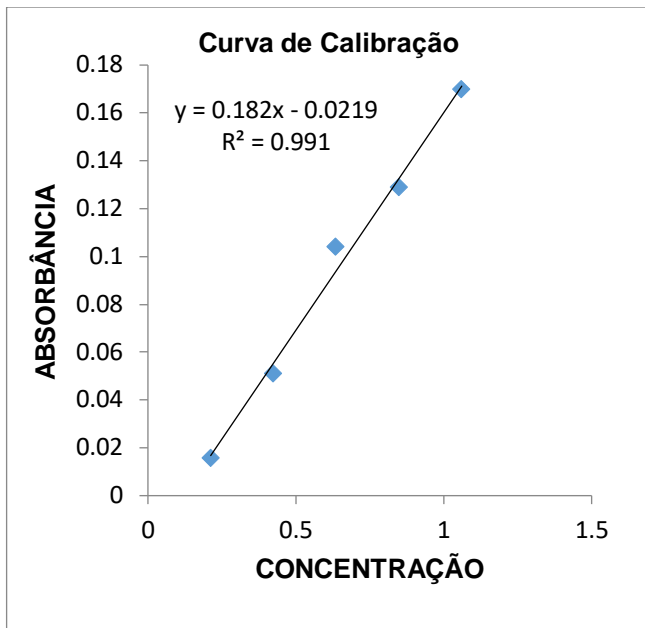


Figura 2: Curva de calibração do Cobre da solução estoque 10,61 g/L

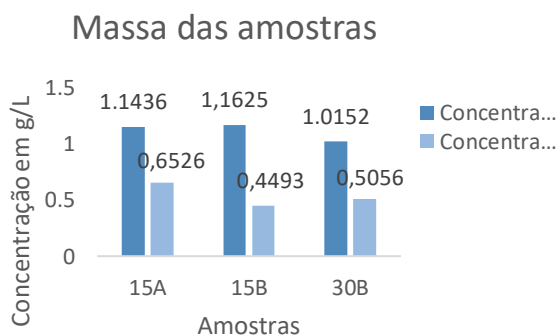


Figura 3: Concentração de cobre após os ensaios

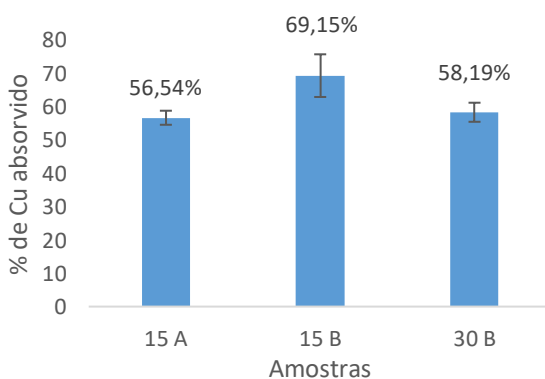


Figura 4. Porcentagem de absorção de Cu em gramas

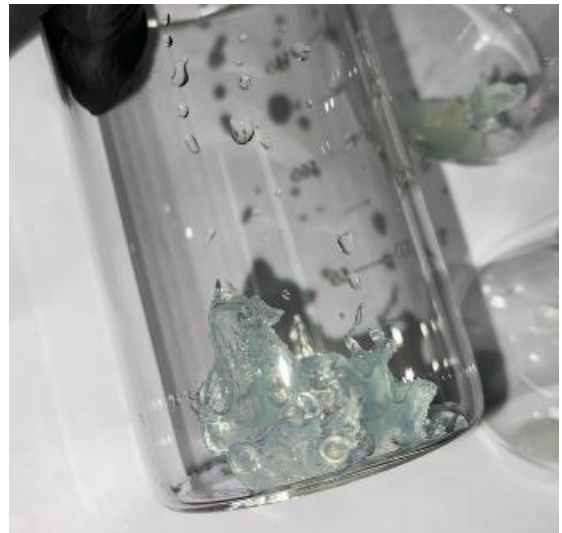


Figura 5: Pectina após agitação em solução com cobre.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Compreendemos nesse TCC a importância dos métodos de adsorção e sua evolução conforme avançam os tempos buscando sempre a conservação do meio ambiente e a redução dos danos ao mesmo, evitando uma poluição industrial, sendo a Pectina Industrial a mais eficaz e com um baixo custo.

#### 5 AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaríamos de agradecer a Deus por estarmos todos aqui, por ter ganhado forças para superar e vencer algo tão desejado por nós em um ano difícil de vários aprendizados, onde um dos grandes desafios foi estar distante e ao mesmo tempo juntos em um só propósito, nos dedicando em conjunto a este aprendizado. O desenvolvimento e a conclusão desse projeto contaram com a ajuda de várias pessoas, das quais tenho a agradecer: aos professores, que nos incentivaram, ensinaram e nos corrigiram, que se aprimoraram e se dedicaram as novas práticas que o mundo teve que aprender. A todos aqueles que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho e aos que participaram direta ou indiretamente do desenvolvimento do mesmo, enriquecendo o meu processo de aprendizado. A todos meus colegas que participaram das pesquisas, pela colaboração e disposição no processo de obtenção de dados e as pessoas com quem convivi durante a conclusão desse curso, que me incentivaram e que certamente

tiveram impacto na minha formação e na minha vida.

## 6 REFERÊNCIAS

- BATALHA, B. H. L.; PARLATORE, A. C. **Controle da qualidade da água para consumo humano: bases conceituais e operacionais**. São Paulo, CETESB, 1993.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 357**, de 15 de junho de 2005.
- BRIDGWATER, A. V.; MEIER, D.; RADLEIN, D. **An overview of fast pyrolysis of biomass**. *Organic Geochemistry*, v. 30, n. 12, p. 1479-1493, 1999.
- CAVALCANTI, C. **Meio ambiente, desenvolvimento sustentável e políticas públicas**. 4. ed. São Paulo: Cortez; Recife: Fundação Joaquim Nabuco, 2002.
- FIGUEIREDO, S. A.; LOURIERO, J. M.; BOAVENTURA, A. R. **Natural waste materials containing chitin as adsorbents for textile dyestuffs: batch and continuous studies**. *Water Research*, v. 39, p.4142-4152, 2005.
- FOO, K. Y.; HAMEED, B. H. **Detoxification of pesticide waste via activated carbon adsorption process**. *Journal of Hazardous Materials*, v. 175, p. 1-11, 2010.
- FRIMMEL, F. H.; ASSENMACHER, M.; KUMKE, M. U.; SPECHT, C.; ABBT-BRAUN, G.; GRÄBE, G. **Removal of hydrophilic compounds from water with organic polymers: Part II: adsorption behavior of industrial wastewater**. *Chemical Engineering Process*, vol.41, p.731, 2002.
- GIORDANO, G. **Avaliação ambiental de um balneário e estudo de alternativa para controle da poluição utilizando o processo eletrolítico para o tratamento de esgotos**. 1999. 137 p. Dissertação de Mestrado em Ciências Ambientais, Universidade Federal Fluminense, Niterói, Rio de Janeiro, 1999.
- GUPTA, V. K; SUHAS. **Application of low-cost adsorbents for dye removal – A review**. *Journal of Environmental Management*, v. 90, p. 2313-2342, 2009.
- IMHOFF, K.R. **Manual de tratamento de águas residuárias**. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, p. 301, 1986.
- ISSABAYEVA, G.; AROUA, M. K.; SULAIMAN, N. M. **Study on palm shell activated carbon adsorption capacity to remove copper ions from aqueous solutions**, *Desalination*, n. 262, p. 94–98, 2010.
- LEE, J. H.; BANG, K. W. **Characterization of urban stormwater runoff**. *Water Resource*, v. 34, n 6, p. 1773-1780, 1999.
- LIU, Y.; SUN, X.; LI, B. **Adsorption of Hg<sup>2+</sup> and Cd<sup>2+</sup> by ethylenediamine modified peanut shells**. *Carbohydrate Polymers*, v. 81, p. 335-339, 2010.
- MIMURA, A. M. S.; VIEIRA, T. V. A.; MARTELLI, P. B.; GORGULHO, H. F. **Aplicação da casca de arroz na adsorção dos íons Cu<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup>, Ni<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>**. *Química Nova*, São Paulo, v. 33, n. 6, p. 1279-1284, 2010.
- Ruthven (1984) - RUTHVEN, D. M. **Principles of adsorption and adsorption process**. United States of America: Wiley – Interscience Publication, p. 1 – 13, 221 – 270, 1984.
- SANTOS, V. C. G.; TARLEY, C. R. T.; CAETANO, J.; DRAGUNSKI, D. C. **Copper ions adsorption from aqueous medium using the biosorbent sugarcane bagasse in natura and chemically modified**. *Water, Air, and Soil Pollution*, v. 216, n. 1/4, p. 351-359, 2011.
- YAO, Z. Y.; QI, J. H.; WANG, L. H. **Equilibrium, kinetic and thermodynamic studies on the biosorption of Cu (II) onto chestnut shell**. *Journal of Hazardous Materials*, v. 174, p. 137-143, 2010.