



INSTITUTO FEDERAL DA PARAÍBA – CAMPUS SOUSA
DIRETORIA DE DESENVOLVIMENTO DE ENSINO
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO SUPERIOR
CURSO SUPERIOR DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

**PROPOSTA DE EXPERIMENTO DIDÁTICO NO ENSINO
DE QUÍMICA: UTILIZAÇÃO DA BIOMASSA DE COCO
NA REMOÇÃO DE Cu^{2+} EM SOLUÇÕES AQUOSAS**

Sousa (PB)

2024

ARIANA LETICIA FURTADO ABRANTES

**PROPOSTA DE EXPERIMENTO DIDÁTICO NO ENSINO
DE QUÍMICA: UTILIZAÇÃO DA BIOMASSA DE COCO
NA REMOÇÃO DE Cu^{2+} EM SOLUÇÕES AQUOSAS**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado ao Curso Superior de Licenciatura
em Química do Instituto Federal da Paraíba,
Campus Sousa, como requisito para obtenção
do título de Licenciando em Química.

Orientador: Prof.^o Dr. Lech Walesa Oliveira
Soares.

Sousa (PB)

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

A161p Abrantes, Ariana Leticia Furtado.
Proposta de experimento didático no ensino de química:
utilização da biomassa de coco na remoção de Cu^{2+} em
soluções aquosas / Ariana Leticia Furtado Abrantes, 2024.

37 p.: il.

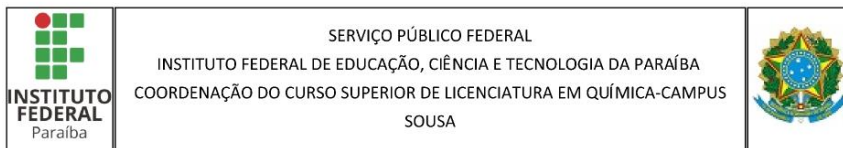
Orientadora: Prof. Dr. Lech Walesa Oliveira Soares
TCC (Licenciatura em Química) – IFPB, 2024.

1. Biomassa de coco. 2. Metais tóxicos. 4. Experimentação na
química. 5. Efluentes contaminados. I. Título. II. Soares, Lech
Walesa Oliveira.

IFPB Sousa / BS

CDU 54:37

Milena Beatriz Lira Dias da Silva – Bibliotecária – CRB 15/964



Documento 535826

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: Proposta de Experimento Didático no Ensino de Química: Utilização da Biomassa de Coco na Remoção de Cu^{2+} em Soluções Aquosas.

Autor(a): Ariana Leticia Furtado Abrantes.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Campus Sousa, como parte das exigências para a obtenção do título de Licenciado(a) em Química.

Aprovado pela Comissão Examinadora em: 22/02/2024.

Dr. Lech Walesa Oliveira Soares

IFPB – Campus Sousa / Professor(a) Orientador(a)

Dr. Breno Gustavo Porfírio Bezerra

UFRN – Campus Central (Natal) / Examinador(a) 1

Dr. João Batista Moura de Resende Filho

IFPB – Campus Sousa / Examinador(a) 2

Documento assinado digitalmente
LECH WALESA OLIVEIRA SOARES
Data: 22/02/2024 18:21:57-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Documento assinado digitalmente
BRENO GUSTAVO PORFÍRIO BEZERRA
Data: 22/02/2024 21:47:08-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Documento assinado digitalmente
JOAO BATISTA MOURA DE RESENDE FILHO
Data: 23/02/2024 20:34:13-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

RESUMO

No Brasil, a produção e o consumo do fruto do coco verde têm crescido significativamente, sendo a região nordeste a responsável pela maior parte da produção. A produção destaca-se basicamente pelo consumo *in natura* da água do coco e as formas industrializadas (leite de coco, óleo e coco ralado), mostrando boas perspectivas na comercialização tanto no mercado interno brasileiro como o de exportação. Por conseguinte, o consumo desse fruto gera resíduos que são descartados de forma inadequada, provocando problemas ambientais, tornando-se necessário o debate sobre maneiras de reaproveitamento desse subproduto. Desta forma, este trabalho busca desenvolver um experimento para o ensino de química utilizando a biomassa de coco como material adsorvente para a remoção de Cu^{2+} em soluções aquosas. Assim, foi realizado um experimento a partir da obtenção da biomassa de coco na sua forma *in natura* e tratada. Os resultados analisados por Espectrometria de Emissão Óptica por Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-OES), mostraram que tanto a biomassa *in natura* como a biomassa tratada foram capazes de reduzir o teor de cobre na solução. Contudo, a biomassa de coco tratada foi mais eficaz na redução das concentrações de cobre, indicando que ao remover parte da hemicelulose e da lignina aumentou-se a capacidade de adsorção do material. Portanto, conclui-se que a biomassa obtida do coco é uma excelente alternativa para remediação de Cu em efluentes.

Palavras-chaves: Biomassa de coco. Metais tóxicos. Experimentação na Química. Efluentes contaminados. Cobre (Cu). Adsorvente.

ABSTRACT

In Brazil, the production and consumption of green coconut fruit has grown significantly, with the northeast region being responsible for most of the production. Production stands out basically for the fresh consumption of coconut water and industrialized forms (coconut milk, oil and grated coconut), showing good prospects for commercialization in both the Brazilian domestic and export markets. Therefore, the consumption of this fruit generates waste that is discarded inappropriately, causing environmental problems, making it necessary to debate ways of reusing this by-product. Therefore, this work seeks to develop an experiment for teaching chemistry using coconut biomass as an adsorbent material for the removal of Cu^{2+} in aqueous solutions. Thus, an experiment was carried out by obtaining coconut biomass in its natural and treated form. The results analyzed by Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP-OES) showed that both fresh biomass and treated biomass were capable of reducing the copper content in the solution. However, the treated coconut biomass was more effective in reducing copper concentrations, indicating that by removing part of the hemicellulose and lignin the material's adsorption capacity was increased. Therefore, it is concluded that biomass obtained from coconut is an excellent alternative for Cu remediation in effluents.

Keywords: Coconut biomass. Toxic metals. Experimentation in Chemistry. Contaminated effluents. Copper (Cu). Adsorbent.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Principais partes que constituem o coco verde.	10
Figura 2 – Imagens mostrando a biomassa de coco imerso na solução de cloro ativo e hidróxido de sódio. (a) imagem lateral ao béquer, (b) imagem mostrando o interior do béquer, (c) imagem com a solução exposta ao sol.	19
Figura 3 – Aparato experimental do tratamento orgânico ao qual a biomassa de coco foi submetida. (a) imagem mais ampla do experimento, (b) imagem com foco na coluna condensadora e do balão reacional, (c) imagem com foco na amostra presente no balão reacional.....	20
Figura 4 – Imagens dos ensaios de biossorção. O béquer mais escuro contém a solução de Cu^{2+} a 10 ppm e a biomassa de coco <i>in natura</i> ; o béquer mais claro contém a mesma solução, mas com a biomassa de coco tratada. (a) imagem mais ampla pegando a capela e (b) imagem mais próxima aos béqueres.	21
Figura 5 – Fluxograma mostrando de forma sistemática a metodologia do trabalho desenvolvido.....	22
Figura 6 – (a) imagem do coco seco comprado no mercado local da cidade de Sousa/PB. (b) amostra da biomassa de coco <i>in natura</i> após ser triturada e peneirada. (c) amostra da biomassa de coco tratada após ser triturada e peneirada.	23
Figura 7 – Imagens do extrato após as lavagens da biomassa de coco com tratamento alcalino e cloro ativo até pH igual a 7. (a) São colocados lado a lado o extrato da primeira lavagem, cor mais escura, e o extrato da última lavagem, cor amarelo claro. (b) o extrato da primeira lavagem apresentou pH entre 9 e 10. (c) O extrato da última lavagem apresentou pH igual a 7.	23
Figura 8 - Imagens do extrato após as lavagens da biomassa de coco com etanol e ácido clorídrico, tratamento orgânico, até pH igual a 7. (a) São colocados lado a lado o extrato da primeira lavagem, cor mais âmbar, e o extrato da última lavagem, de aparência transparente. (b) O extrato da primeira lavagem apresentou pH entre 2 e 3. (c) O extrato da última lavagem apresentou pH igual a 7.....	24
Figura 9 – Gráfico com as composições das alíquotas das soluções de Cu^{2+} analisadas por Espectrometria de Emissão Óptica por Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-OES) nos testes de biossorção com o bagaço tratado e <i>in natura</i> para os tempos de 0, 1, 8, 24 e 48 horas.	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Código e descrição das alíquotas analisadas por Espectrometria de Emissão Óptica por Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-OES)	21
Tabela 2 – Composição das alíquotas das soluções de Cu ²⁺ analisadas por Espectrometria de Emissão Óptica por Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-OES) nos testes de biossorção com a biomassa tratada e <i>in natura</i> para os tempos de 0, 1, 8, 24 e 48 horas.	25

Sumário

1	INTRODUÇÃO	7
1.1	EXPERIMENTAÇÃO NA QUÍMICA	8
1.2	TRATAMENTO DE EFLUENTES	9
1.3	BIOMASSA DE COCO	9
1.4	BIOSSORÇÃO	11
1.5	ESPECTROMETRIA DE EMISSÃO ÓPTICA POR PLASMA ACOPLADO INDUTIVAMENTE (ICP-OES)	12
1.6	METAIS TÓXICOS	13
1.6.1	Cobre	15
2	OBJETIVOS	17
2.1	OBJETIVO GERAL	17
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3	METODOLOGIA	18
3.1	OBTENÇÃO DA BIOMASSA DE COCO	18
3.2	PRÉ-TRATAMENTO ALCALINO	18
3.3	TRATAMENTO ORGÂNICO.....	19
3.4	PREPARO DAS SOLUÇÕES CONTENDO METAIS.....	20
3.5	ENSAIOS DE BIOSSORÇÃO DOS METAIS.....	20
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5	CONCLUSÃO	27
6	REFERÊNCIAS	28

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, o cultivo do coco verde vem se destacando economicamente pela quantidade de produtos que podem ser explorados, tendo como o principal, o consumo interno de água de coco, estimado em 500 milhões de litros para os anos seguintes, sendo assim o quarto colocado no ranking mundial na produção de coco (ROCHA, et al, 2015).

De acordo com Rocha *et al.* (2015) cerca de 85% do peso bruto do fruto vem da casca, o que gera um subproduto do consumo e da industrialização da água de coco, sendo descartado sem reaproveitamento. Esses resíduos têm se tornado um problema ambiental, principalmente nos centros urbanos devido ser um material de difícil decomposição. Portanto, além da relevância econômica e social, a reutilização da casca do coco verde se faz necessária também, do ponto de vista ambiental.

No município de Sousa, localizado no alto sertão da Paraíba, a água de coco destaca-se como uma das melhores no cenário nacional. Grande parte do cultivo da iguaria, é feito na Várzea de Sousa, cujo perímetro tem área irrigável de 4391 hectares, além da produção média de 400 mil cocos por mês. O cultivo da água de coco gera cerca de onze mil empregos diretos e indiretos, com principal ponto de distribuição local e transportado para Brasília, Fortaleza, Recife, Rio de Janeiro e São Paulo (BRASIL, 2022).

Neste contexto, a utilização da biomassa de coco como adsorvente contribui para o desenvolvimento de tecnologias limpas, sendo uma alternativa promissora, para o tratamento de efluentes contaminados e devido à sua abundância e baixo custo. Desta forma, a metodologia deste trabalho foi realizada a partir da obtenção da biomassa de coco, adquirido no comércio local da cidade de Sousa/PB. Realizou-se um pré-tratamento alcalino com hidróxido de sódio (NaOH), para solubilizar parte da lignina e facilitar a próxima etapa (tratamento orgânico), posteriormente foram preparadas soluções sintéticas contendo o metal cobre e a biomassa do coco tratada e *in natura*. A partir disso, retirou-se alíquotas de 50 mL, nos tempos de 0, 1, 8, 24 e 48h, as quais foram filtradas e encaminhadas para análise via ICP-OES.

Portanto, o objetivo principal deste trabalho é desenvolver um experimento para o ensino de química utilizando o resíduo do coco como material adsorvente para a remoção de Cu^{2+} em soluções aquosas.

1.1 EXPERIMENTAÇÃO NA QUÍMICA

A química é a ciência que estuda a natureza da matéria, suas transformações e a energia envolvida nesses processos. Ao entrar no ensino médio, o aluno aprende algumas ciências separadamente, entre elas a Química, que assim, pode ser vista com um olhar mais particular do que durante as séries anteriores quando era tratada por ciências. O estudo da Química, assim como de outras áreas do conhecimento, é essencial para desenvolver a capacidade de raciocinar logicamente, observar, redigir com clareza, experimentar e buscar explicações sobre o que se vê e o que se lê (CLEMENTINA, 2011). Contudo, é observado que os alunos mostram uma grande dificuldade em aprender a disciplina e associam a química a uma ciência muito difícil de ser compreendida, gerando desinteresse e desmotivação, devido principalmente a ausência de aulas práticas, criativas e mais expositivas.

A autora citada acima nos mostra também que muitas das coisas à nossa volta estão relacionadas a Química, pois todos os materiais que nos cercam passaram ou passam por algum tipo de transformação. A Química é uma ciência em pleno desenvolvimento e suas aplicações podem ser percebidas em muitos eventos comuns que se passam conosco e ao nosso redor (CLEMENTINA, 2011). Dessa forma, a importância da contextualização dos temas químicos sociais é evidenciada pelo interesse despertado nos alunos quando se trata de assuntos vinculados diretamente ao seu cotidiano. Assim, o uso da experimentação no ensino de Química mostra-se um método eficaz para o processo de ensino e aprendizagem, promovendo a relação entre teoria e prática, possibilitando a contextualização, tornando as aulas mais atrativas e divertidas, sendo uma forma de estimular e motivar os alunos.

De acordo com Salesse (2012), dentre os principais entraves encontrados na experimentação no ensino da química, destaca-se a indisponibilidade de local e tempo para a realização de práticas, bem como a insegurança advinda dos recursos materiais disponíveis. Ademais, cabe salientar que problemas de infraestruturas são comuns e responsáveis pelos imbrólios encontrados na efetuação da prática experimental nas escolas públicas. Autores como Barros e Hosoume (2008) afirmam que alguns materiais que podem ser utilizados para o ensino não são difíceis de conseguir e estão presentes na rotina dos alunos. Sendo assim uma das formas de mitigar a problemática da ausência de atividades práticas devido a questões de infraestrutura, seria os próprios alunos a trazerem

materiais alternativos encontrados no cotidiano. Dessa forma, é possível estimular o interesse dos alunos para uma melhor aprendizagem dos conteúdos vistos em sala, desde que eles participem do processo de preparação das aulas.

Nesse sentido, é fundamental o surgimento de novas metodologias de ensino de menor custo, a fim de intensificar o processo de aprendizagem, possibilitando que o conhecimento não se restrinja apenas ao ambiente escolar, mas também seja identificado e praticado no cotidiano dos alunos (FRANÇA *et al.*, 2012). Assim, é viável a utilização de materiais alternativos desde que alguns experimentos viabilizam o uso de objetos de fácil acesso e reagentes que estão disponíveis na nossa cozinha (MARTINS *et al.*, 2018).

1.2 TRATAMENTO DE EFLUENTES

Os efluentes são resíduos na forma de líquidos ou gases resultantes de ações humanas, podendo conter substâncias de origem químicas ou orgânicas que são descartados na natureza. São divididos em dois tipos: os provenientes de atividades industriais, como efluentes gasosos vindo das chaminés de indústrias, águas residuais das etapas do processo produtivo e os provenientes de ações domésticas, como os líquidos de hábitos higiênicos e das necessidades biológicas, restos de comidas e lavagem de áreas comuns. Contudo, há a possibilidade de os efluentes serem nocivos, pois podem conter metais tóxicos, óleos e outras substâncias que causam danos ambientais graves. Por esse motivo é muito importante a tomada de medidas para diminuir a poluição das águas. Para isso, temos os tratamentos de efluentes que consistem em uma série de processos para remover os contaminantes existentes nos líquidos residuais antes de serem devolvidos a natureza ou reutilizados para outros fins não potáveis. De acordo com Crespilho et al (2004), dentre os diferentes processos, podem-se evidenciar os tratamentos físicos, que são definidos por meio de separação de fases: sedimentação, decantação, filtração, centrifugação ou flotação dos resíduos. Tais métodos configuram à mudança dos resíduos para uma nova fase. Além dos métodos físicos, há ainda processos químicos por exemplo a troca iônica, oxidação química, biológicos e adsortivos.

1.3 BIOMASSA DE COCO

O Brasil ocupa o quarto lugar na produção mundial de coco, equivalente a um total de 4,5%, em virtude de seu clima favorável. É esperado que o campo de colheita de coco no Brasil chegue a 223 mil hectares com produção de 1,95 bilhão de frutos. Nessa perspectiva, em 2020 foram calculadas 63,6 milhões de toneladas, distribuídas entre a Indonésia (30,1%), Filipinas (24,7%) e Índia (19,0%) (BRAINER, 2020).

O fruto do coqueiro é formado por albúmen líquido (água de coco), albúmen sólido ou amêndoa, endocarpo conhecido comumente como “quenga” e casca. A casca compõe em torno de 57% do fruto sendo constituída pelo mesocarpo (fibra e pó) e epicarpo (camada mais externa da casca). O volume e o peso da casca alteram com as condições e a forma climáticas da região de plantio, a adubação, os tratos culturais e fitossanitários do coqueiro e a variedade cultivada (Nunes 2007).

Figura 1- Principais partes que constituem o coco verde.



Fonte: Ribeiro, 2022.

De acordo com Jeronimo e Silva 2013, a maior parte dos cachos do coqueiro, folhas e das cascas de coco são queimados ou descartados como rejeito nas propriedades rurais produtoras de coco, em lixões e nas vias públicas das grandes cidades. Quando queimados geram substâncias poluentes para o meio ambiente, quando descartados formam um meio propício para a reprodução de animais peçonhentos e insetos transmissores de doenças, atuando como agente poluente para o meio ambiente e causando risco ao bem-estar da sociedade.

O assunto econômico e ambiental vem reforçando a importância dos recursos naturais, por meio de ações como a elaboração de materiais alternativos, aproveitamento de resíduos, e em outros casos, a mudança de materiais fósseis pelos renováveis (CASTRO, 2011). Nesse contexto, o aproveitamento da casca do coco se faz necessário, pois ajuda a reduzir a disposição inadequada de resíduos sólidos, causando menos impactos à natureza.

O mesocarpo do coco possui fibras constituídas por celulose, hemicelulose e lignina. Estas fibras são facilmente modificadas por agente químicos, possuem baixa

densidade, boa flexibilidade durante o processamento, além de serem biodegradáveis (AZEVEDO, 2022).

A casca do coco abrange várias aplicações como: substrato agrícola, para artesanato, jardinagem e, por conter grande quantidade de material lignocelulósico, e atualmente está sendo utilizada como material de estudo na área de biotecnologia para produção de enzimas e fabricação de bioetanol de 2ª geração (CABRAL, 2015).

A biomassa de coco pode ser reaproveitada de diversas formas, na agricultura como substrato em substituição a outros produtos como a vermiculita, pó de xaxim, turfa e outros. As fibras extraídas da casca do coco também podem ser usadas na produção de estofados, tapetes, colchoes, pincéis, em mantas para contenção de encostas, na fabricação de palmilhas para calçados, entre outros. Nesse sentido, além da importância do ponto de vista ambiental, ainda contribui para o desenvolvimento e aumento de renda da população.

Segundo Sousa *et al.* (2007) a aplicação das cascas de coco verde como adsorvente para tratar efluentes contaminados é um campo de prática viável, devido à grande quantidade e o baixo custo deste material.

Silva *et al.* (2013) explicam que o poder de adsorção na fibra do coco verde *in natura*, é esclarecida pela morfologia porosa e por ela ser rica em carboxila, hidroxila, carbonila dentre outros grupos funcionais. Desse modo, seu potencial para remoção de metais se dá devido a sua grande quantidade de matéria orgânica formada basicamente por lignina e celulose.

1.4 BIOSORÇÃO

A Biossorção é um método em que se usa biomassa vegetal ou micro-organismos, no intuito de remover, recuperar ou reter metais tóxicos de um ambiente líquido (VOLESKY, 2001).

O processo de biossorção é formado por duas fases: a primeira delas é a fase sólida (adsorvente ou biossorvente: material biológico), enquanto a segunda delas é a fase líquida (solvente, normalmente água), em que contém uma espécie dissolvida para ser adsorvida (adsorbato, íons metálicos). Em razão à alta afinidade do adsorvente pelos adsorbatos, estes são atraídos e ligados por diferentes mecanismos. Esse processo de atração continua até que o equilíbrio seja estabelecido entre a quantidade de sólido ligado

aos adsorbatos e sua porção remanescente na solução. O grau de afinidade do adsorvente pelo adsorbato é o que define a divisão entre o sólido e a fase líquida (AHALYA; RAMACHANDRA; KANAMADI, 2003).

Segundo Silva (2014), a biossorção é uma técnica eficaz e de baixo custo comparado aos tratamentos convencionais utilizada para remoção ou recuperação de metais tóxicos. Ademais, ela possibilita a aplicabilidade de resíduos agroindustriais como biossorventes fazendo com que ocorra o reaproveitamento desses rejeitos.

A biossorção é um tipo de processo de adsorção, que pode ser compreendida como um sistema de transferência de massa, que analisa a capacidade de certos sólidos em concentrar na sua superfície certas substâncias presentes em fluidos líquidos ou gasosos, permitindo a separação dos elementos desses fluidos (NASCIMENTO, 2020).

1.5 ESPECTROMETRIA DE EMISSÃO ÓPTICA POR PLASMA ACOPLADO INDUTIVAMENTE (ICP-OES)

No Brasil essa técnica é utilizada desde a década de setenta, quando foram instalados os primeiros equipamentos de ICP-OES. A partir dessa época, seus componentes ópticos e sistemas de detecção vêm sendo aperfeiçoados, com a finalidade de se obter resultados mais exatos e precisos. Um exemplo importante é o emprego da vista axial do plasma (a radiação emitida é focalizada pelo sistema óptico ao longo do canal central do plasma), que possibilita melhores limites de detecção (LDs) em relação à vista radial (apenas uma pequena parte da radiação é focalizada), em cerca de uma ordem de grandeza, embora os efeitos de matriz sejam mais acentuados (PETRY, 2005).

O processo de excitação e o relaxamento atômico são a base para a análise em ICP-OES. Nesse sentido, a amostra em solução é introduzida no plasma na forma de aerossol, tendo o argônio como o gás de arraste utilizado. A energia térmica é responsável pela excitação das espécies atômicas e iônicas que são formadas no plasma. Devido a sua instabilidade, o átomo tende a retornar a seu estado fundamental, ocasionando na emissão de energia na forma de luz. Além disso, como cada elemento químico apresenta níveis de energia diferentes, as emissões variam igualmente, tornando possível a determinação analítica elementar. Para a maioria dos elementos químicos, os resultados são expressos em $\mu\text{g L}^{-1}$, mg L^{-1} , mg kg^{-1} ou porcentagem (%) (MORAES, 2003).

A flexibilidade da técnica de ICP-OES deve-se não apenas ao grande número de elementos que podem ser determinados de forma rápida, especialmente quando se dispõe de espectrômetros que fazem medições simultâneas, com vistas de observação radial e axial; deve-se também à diversidade de tipos de amostras de diferentes áreas que podem ser analisadas: meio ambiente, geologia, medicina, siderurgia, biologia, agricultura, alimentos (PETRY, 2005).

Em virtude das muitas vantagens que a técnica de Espectrometria de Emissão Óptica em Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES) oferece, ela vem sendo empregada de modo mais abrangente, haja vista que possui características como: rapidez, ampla faixa dinâmica linear, sensibilidade, análise multielementar simultânea e alta precisão (MORGANO *et al.*, 1999).

1.6 METAIS TÓXICOS

Pouco tempo após o fim do período da pedra polida, também conhecido como período neolítico, é constatado a descoberta dos primeiros metais pelo ser humano. O Cu e o Au foram os primeiros descobertos e explorados, acredita-se que tal fato deve-se a notável divergência de cor, peso e brilho em relação as rochas e por se encontrarem na superfície. Inicialmente foram manuseados com o objetivo de produzir utensílios de uso diário, posteriormente passando a ser usado na fabricação de armas, moedas e joias (ROUTHIER, 2000).

Nesse sentido, os metais são elementos químicos caracterizados pela sua boa condutibilidade elétrica e térmica, brilho, ductibilidade, alto ponto de fusão e ebulição, maleabilidade e dureza, sendo geralmente sólidos em seu estado puro. Inserido nesse grupo encontram-se os metais tóxicos que se diferenciam por apresentar maior densidade, número atômico, massa específica e atômica (ROUTHIER, 2000).

Para Souza *et al.* (2018), a nomenclatura “metais tóxicos” é utilizada para referenciar os elementos metálicos que possuem uma densidade acima de 5 g/cm^3 . Em virtude de suas propriedades químicas, eles são altamente reativos e além de proporcionar a bioacumulação, ainda podem originar substâncias químicas que não são metabolizadas. Os principais metais tóxicos que têm recebido atenção devido a sua acumulação nos solos, plantas, rios e nas águas subterrâneas são chumbo (Pb), cádmio (Cd), cobre (Cu), zinco

(Zn), níquel (Ni), cromo (Cr) e mercúrio (Hg). Os metais podem estar presentes como íons-livres ou complexos organo-minerais solúveis ou adsorvidos às partículas sólidas.

A definição de metais tóxicos está também relacionada ao pertencimento destes ao grupo de compostos químicos não biodegradáveis e ubíquos, que em concentrações elevadas desempenham efeitos tóxicos sobre plantas e animais (ALLOWAY, 1995; COBBINA *et al.*, 2015).

Embora tenha ocorrido avanços na legislação brasileira acerca do descarte de resíduos sólidos, ainda é comum que em algumas cidades o lixão seja o único local para depositar esses resíduos, que contém um alto teor de metais tóxicos, como restos de tinta, lâmpadas, baterias e pilhas. Logo, através de processos como o de lixiviação, torna-se possível uma maior propagação desses metais tóxicos para as águas e posteriormente causando contaminação em seres vivos (CAVALLET; CARVALHO; NETO, 2013).

De acordo com Gouveia (2012) e Barbosa *et al.* (2007), a presença de metais tóxicos no solo é resultante da ação da natureza, através do processo de intemperismo das rochas, degradação, decomposição, bem como de ações antropogênicas, sendo essas combinadas.

Assim, esses metais podem ser incorporados durante a cadeia alimentar, alterando a biota e ocasionando prejuízos à saúde humana. O peixe, por exemplo, tornou-se a principal fonte de ingestão de metais para os indivíduos, haja visto que devido a seu índice proteico é um alimento muito comum na dieta da população (CONSALTER *et al.*, 2019).

Metais como o As, Pb, Cd e Hg estão presentes na natureza e representam uma eminente ameaça para a população humana mesmo quando estão em menor concentração, pois podem ocasionar a morte ou lesões tanto do homem, como plantas e animais, tendo em vista que influenciam de modo irreversível o funcionamento bioquímico e fisiológico dos indivíduos. Portanto, a exposição prolongada pode ocasionar no homem traumas neurológicos, mudanças na metabolização do cálcio e da glicose, agravos ao DNA, entre outros (LEITE *et al.*, 2015; e CRUZ; GONÇALVES, 2020).

Nessa perspectiva, através da exposição os metais adentram no organismo humano por meio da inalação (ar/ poeira) ou da ingestão (alimentos/ água). Uma parte do elemento químico será absorvida pelo pulmão ou pelo trato gastrointestinal e o resto será excretado ou exalado. A quantidade que será absorvida depende das características biológicas individuais de cada hospedeiro, bem como da natureza do metal (LEAL *et al.*, 2009).

Alguns metais tóxicos são substâncias bastantes nocivos e não são compatíveis com a maior parte dos tratamentos biológicos de efluentes existentes. Desse modo, efluentes com esses metais presentes não devem ser descartados na rede pública, para tratamento juntamente com o esgoto doméstico. As fontes predominantes de poluição por metais tóxicos são resultantes dos efluentes industriais, de mineração e das lavouras (AGUIAR, 2002).

Cabe destacar o elemento químico cobre (Cu), sendo esse o metal tóxico de maior destaque nessa pesquisa. A mineração é uma grande contribuinte para a contaminação ambiental por Cu, que é um metal com fácil adesão ao material orgânico, que se encontra no solo e pode ser encontrado na água, contaminando a mesma, uma vez que é um elemento de carácter solúvel. Com isso, os solos de indústrias e ambientes urbanos apresentam uma maior concentração de Cu, que por mais que seja essencial na alimentação e processos biológicos, em excesso tem consequências tóxicas para o homem no que diz respeito aos distúrbios neurológicos e cardiovasculares, assim como no surgimento de anemia (RIBEIRO, 2013).

1.6.1 Cobre

De acordo com Barreto (2020), o cobre foi o metal pioneiro a ser usado como instrumento de trabalho, na produção de armas e de objetos, ou com a finalidade decorativa. Estima-se que foi descoberto por volta de 13.000 a.C., na superfície da terra, adjacente aos rios Tigres e Eufrates, situado então ao norte do Golfo Pérsico. Desse modo, desde as antigas civilizações esse elemento químico tem sido visto como um metal de grande emprego no dia a dia, além de representar um importante papel no que concerne à evolução humana, sendo fundamental também para a revolução no aspecto tecnológico, em virtude das suas características de resistência, condutividade e versatilidade.

Esse metal ocupa a 25^o posição no que diz respeito aos elementos mais abundantes na crosta terrestre, sendo utilizado nas indústrias de mineração, automobilísticas, elétricas, de utensílios domésticos, de fertilizantes, entre outras de suas variadas finalidades. Cerca de 40% da fabricação anual de cobre são destinadas para a composição de ligas, principalmente com os metais alumínio, estanho, níquel e zinco (SALVADOR, 2009).

De acordo com o International Copper Study Group (ICSG, 2018), este metal tóxico futuramente poderá ser manuseado na aquicultura, energia renovável, propulsão elétrica, para a dissipação de energia sísmica, componentes de cobre ultracondutores, bem como se enquadra como um potente antimicrobiano. Nesse sentido, é possível afirmar que a utilização do cobre está em crescimento exponencial no mercado.

Segundo Salvador (2009), o cobre tem como fontes mais notáveis os depósitos industriais e de mineração, assim como algicidas, por exemplo o sulfato de cobre (CuSO_4) empregados nos lagos e na queima de materiais que contêm esse metal, sendo assim um contaminante ambiental. Todavia, não atua como um poluente da atmosfera, devido a sua não constituição no estado gasoso, limitando-se dessa forma à contaminação do solo e do meio aquático. Na água, há a presença de alguns fatores que podem ser responsáveis por ocasionar interferências na disponibilidade de metais (fração livre), por exemplo o estado químico que possui efeito tóxico, e a existência de materiais orgânicos, como o ácido fúlvico e o húmico. Entretanto, em lugares com menores concentrações de matérias orgânicas, o metal tóxico pode ser achado em matérias inorgânicas, como na constituição de carbonato e complexado à hidróxidos (CuCO_3) e (Cu(OH)_2), ou na dureza do meio aquoso, tendo em vista a alta concentração de cálcio na água, além disso, também está relacionado ao fenômeno da complexação deste metal.

A ação do potencial hidrogeniônico (pH) e da alcalinidade corroboram para o efeito de toxicidade do cobre nos peixes. Autores acreditam que essa toxicidade esteja relacionada a ligação do elemento químico nos lugares ativos na fisiologia das brânquias deste animal. Nesse sentido, peixes com uma alta taxa de acúmulo de Cu no tecido braquial acabaram afetados no que concerne à absorção de sódio, nutriente fundamental no ambiente (PLAYLE *et al.*, 1993). Ademais, o cobre se faz imprescindível na nutrição, para que algumas enzimas do corpo humano possam funcionar normalmente, porém é necessário apenas quantidades mínimas de 250 mg. Assim a ingestão excessiva é deletéria ao organismo, quanto mais o cobre exerce a função de catalisador dos radicais livres, mais ele será tóxico. O efeito mais conhecido é o da deterioração mental e ausência de coordenação motora, característicos da doença de Wilson (SALVADOR, 2009).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um experimento para o ensino de química utilizando a biomassa de coco como material adsorvente para o tratamento de soluções contaminadas com Cu^{2+} .

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Ativar a biomassa de coco (adsorvente) com tratamentos químicos para melhorar a afinidade e capacidade de adsorção de cobre(II), Cu^{2+} .
- Avaliar a utilização da biomassa de coco *in natura* e tratada quimicamente na biossorção do metal tóxico cobre(II), Cu^{2+} .
- Propor um experimento didático-pedagógico para o ensino de química abordando a temática ambiental: “desenvolvimento de material adsorvente a partir da biomassa de coco para adsorção de metais tóxicos”

3 METODOLOGIA

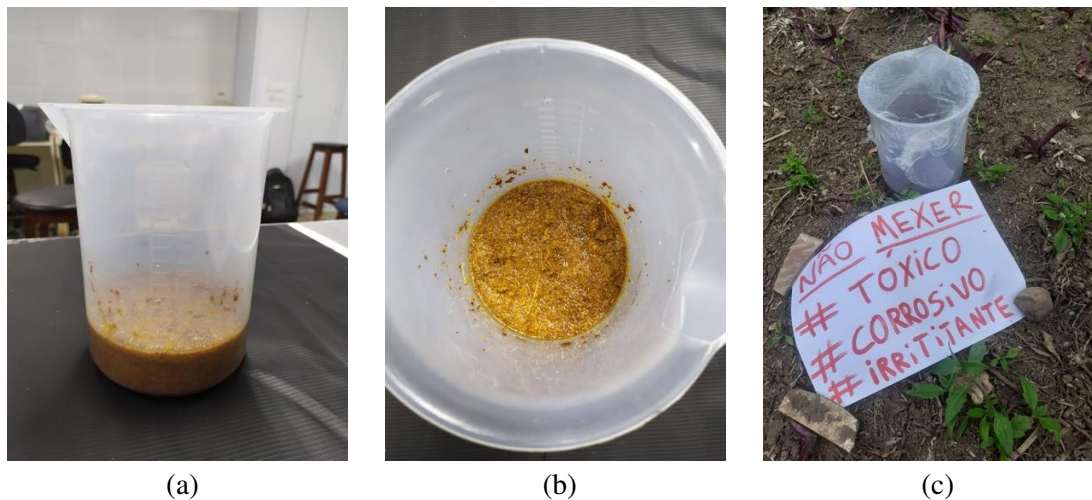
3.1 OBTENÇÃO DA BIOMASSA DE COCO

A biomassa de coco utilizado neste trabalho foi obtida na cidade de Sousa/PB. Inicialmente, o coco foi desmedulado, lavado com bastante água e exposto à secagem na estufa por 24 h a 60°C. Na etapa seguinte o material foi triturado em liquidificador e peneirado, assim, obtendo a biomassa de coco *in natura*.

3.2 PRÉ-TRATAMENTO ALCALINO

A biomassa foi submetida a um tratamento alcalino com o objetivo de solubilizar parte da lignina do material, bem como facilitar a etapa posterior (tratamento orgânico). Para tanto, cerca de 20 gramas da biomassa moído foi colocado em aproximadamente 400 mL de solução contendo 0,1 mol.L⁻¹ de hidróxido de sódio (NaOH) e 0,2 mol.L⁻¹ de hipoclorito de sódio (NaClO). A solução estoque/concentrada de NaClO foi adquirida no comércio local da cidade de Sousa/PB. A determinação da concentração dessa solução foi feita por volumetria de oxirredução de iodometria. Sendo assim, constatou-se que a concentração da solução comercial concentrada de cloro ativo era de 1,0 mol.L⁻¹. Partindo desse resultado, fez-se a diluição necessária para se obter uma concentração de 0,2 mol.L⁻¹. A biomassa de coco ficou imersa nessa solução em “temperatura ambiente” durante um período de 48 horas (Figura 2, “a” e “b”), sendo dessas, aproximadamente 24 horas “no sol” (Figura 2, “c”). A exposição à luz do sol se deve ao fato da lignina, que compõe cerca de 25% do material, apresentar estrutura polifenólica e, portanto, bastante sensível à luz ultravioleta. Assim, o objetivo da exposição à luz solar é degradar parte da estrutura polifenólica da lignina, já parcialmente sensível em função da solução alcalina. Ao final do tratamento, o material foi lavado exaustivamente com água até pH igual a 7 e, em seguida, o material foi colocado no dessecador e armazenado.

Figura 2 – Imagens mostrando a biomassa de coco imerso na solução de cloro ativo e hidróxido de sódio. (a) imagem lateral ao béquer, (b) imagem mostrando o interior do béquer, (c) imagem com a solução exposta ao sol.

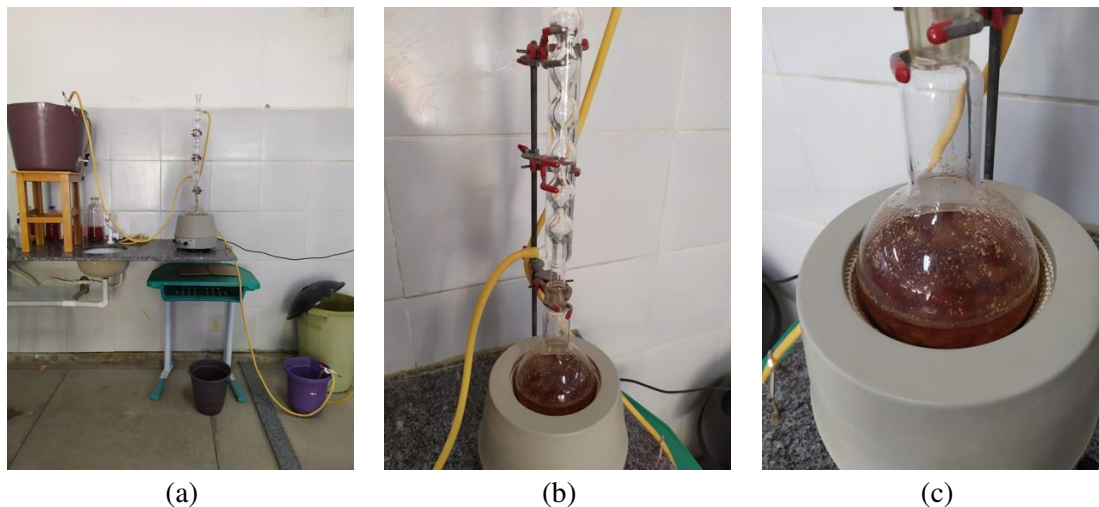


Fonte: Autoria própria, 2024.

3.3 TRATAMENTO ORGÂNICO

O material pré-tratado alcalinamente foi submetido a um tratamento orgânico. Esse tratamento serve para degradar parte da lignina por solvólise e remover parte da hemicelulose do material. Assim, obtém-se um material mais fibroso, rico em celulose. Para tal, a reação ocorreu em balão reacional de 1L contendo 462 mL de etanol 99,5%, 9,1 mL de ácido clorídrico (HCl) a $12,076 \text{ mol.L}^{-1}$ e 78,9 mL de água deionizada, o suficiente para completar o volume de 550 mL de meio reacional. A reação se processou em manta aquecedora a $80 \text{ }^\circ\text{C}$, sob refluxo de um condensador, durante 1h (ver aparato experimental em Figura 3). Ao final do processo, o conteúdo da reação foi filtrado e lavado com água deionizada até pH neutro. Em seguida, o material será seco e armazenado.

Figura 3 – Aparato experimental do tratamento orgânico ao qual a biomassa de coco foi submetida. (a) imagem mais ampla do experimento, (b) imagem com foco na coluna condensadora e do balão reacional, (c) imagem com foco na amostra presente no balão reacional.



Fonte: Autoria própria, 2024.

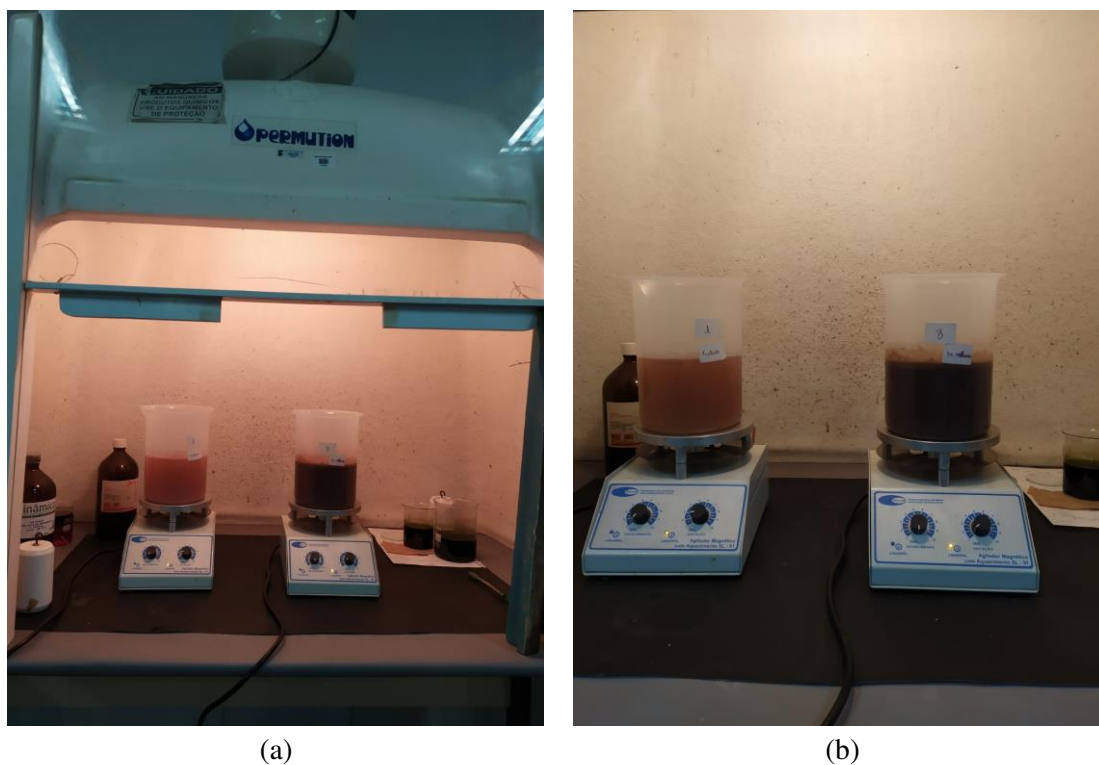
3.4 PREPARO DAS SOLUÇÕES CONTENDO METAIS

O presente trabalho analisou uma solução contaminada com 10 ppm do metal cobre em sua forma iônica Cu^{2+} . O sal de cobre utilizado foi o $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ da marca Dinâmica – Produtos Químicos, com grau de pureza 98%. A resolução do CONAMA N°430/2011 apresenta a concentração máxima permitida de cobre (1 ppm) e outros metais em efluentes.

3.5 ENSAIOS DE BIOSORÇÃO DOS METAIS

Os ensaios de biossorção do metal foram realizados em béqueres de 2 L. Em cada copo, serão colocados 1 L da solução contendo o metal de interesse e 10,0 g da biomassa de coco (*in natura* e tratada) triturada e peneirada (ver Figura 4). Os ensaios procederam-se durante 48 h, com amostragem nos tempos de 0, 1, 8, 24 e 48 h. Ao final de cada tempo, retirou-se alíquotas de 50 mL, as quais foram filtradas e encaminhadas para análise via Espectrometria de Emissão Óptica por Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-OES). Ao final do processo, foram obtidas 9 amostras.

Figura 4 – Imagens dos ensaios de bioissorção. O béquer mais escuro contém a solução de Cu^{2+} a 10 ppm e a biomassa de coco *in natura*; o béquer mais claro contém a mesma solução, mas com a biomassa de coco tratada. (a) imagem mais ampla pegando a capela e (b) imagem mais próxima aos béqueres.



Fonte: Autoria própria, 2024.

A alíquota contaminada com 10 ppm de Cu^{2+} , antes de adicionar as biomassas foi chamada de AB0. As alíquotas retiradas da solução da biomassa tratada foram chamadas de A com o número de horas correspondente ao ensaio de bioissorção após a letra A, e.g. A1, A8, A24, A48. De forma similar, foram denominadas as alíquotas da solução de cobre com a biomassa *in natura*, e.g. B1, B8, B24, B48 (ver Tabela 1).

Tabela 1 – Código e descrição das alíquotas analisadas por Espectrometria de Emissão Óptica por Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-OES)

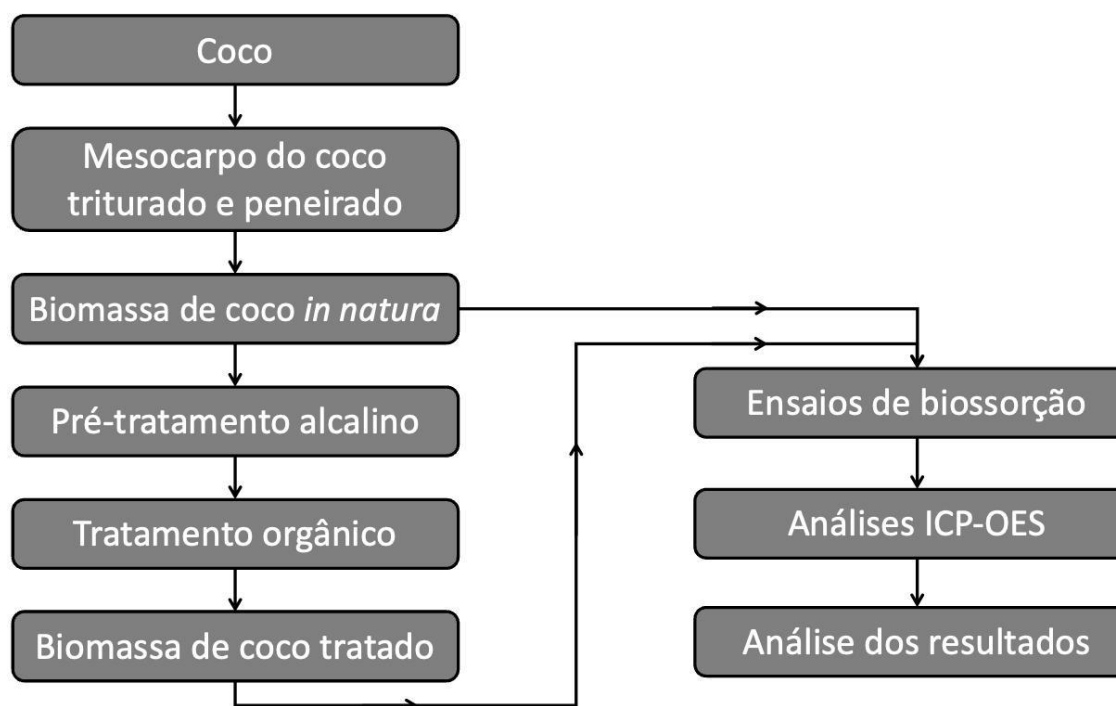
Código das alíquotas	Descrição
AB0	Alíquota da solução de cobre a 10 ppm antes de adicionar as biomassas.
A1	Alíquota da solução de cobre com a biomassa tratada após 1 hora.
A8	Alíquota da solução de cobre com a biomassa tratada após 8 horas.
A24	Alíquota da solução de cobre com a biomassa tratada após 24 horas.
A48	Alíquota da solução de cobre com a biomassa tratada após 48 horas.
B1	Alíquota da solução de cobre com a biomassa <i>in natura</i> após 1 hora.
B8	Alíquota da solução de cobre com a biomassa <i>in natura</i> após 8 horas.

B24	Alíquota da solução de cobre com a biomassa <i>in natura</i> após 24 horas.
B48	Alíquota da solução de cobre com a biomassa <i>in natura</i> após 48 horas.

Fonte: Autoria própria, 2024.

A Figura 5, apresenta um fluxograma para facilitar o entendimento do procedimento experimental e da metodologia utilizada nesse trabalho. Primeiro, parte-se do coco inteiro, adquirido na cidade de Sousa/PB; extrai-se o mesocarpo, o qual é triturado e peneirado. Obtém-se, assim, a biomassa de coco *in natura*, o qual passa por um processo alcalino e, em seguida, um tratamento orgânico. Dessa forma, obtém-se a biomassa de coco tratada. A biomassa *in natura* e biomassa tratada foram utilizados nos testes de biossorção com uma solução contaminada com cobre à 10 ppm, alíquotas foram retiradas nos tempos de 0 hora, 1 hora, 8 horas, 24 horas e 48 horas para posterior análise via Espectrometria de Emissão Óptica por Plasma Acoplado Indutivamente (SILVA, 2016).

Figura 5 – Fluxograma mostrando de forma sistemática a metodologia do trabalho desenvolvido.



Fonte: Autoria própria, 2024.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os cocos utilizados para a obtenção da biomassa foram adquiridos no mercado local da cidade de Sousa/PB (Figura 6, “a”). Após o tratamento na biomassa de coco, observou-se que este tinha uma maior densidade comparado a biomassa *in natura*, aparentava também ter maior rugosidade e cor mais clara (Figura 6, “b” e “c”).

Figura 6 – (a) imagem do coco seco comprado no mercado local da cidade de Sousa/PB. (b) amostra da biomassa de coco *in natura* após ser triturada e peneirada. (c) amostra da biomassa de coco tratada após ser triturada e peneirada.



(a)



(b)



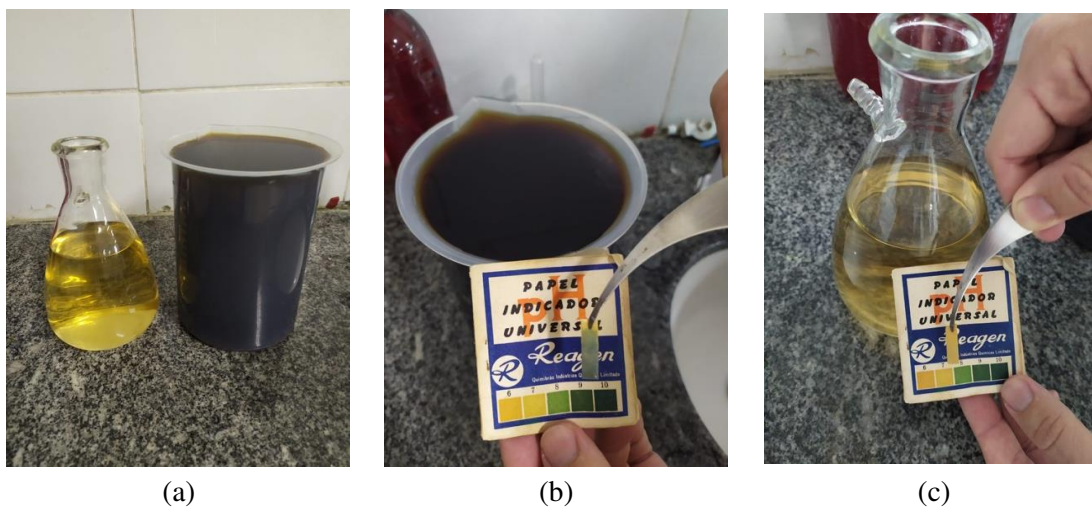
(c)

Fonte: Autoria própria, 2024.

Após 48 horas da biomassa de coco *in natura* em contato com o hidróxido de sódio e cloro ativo, lavou-se a biomassa com água destilada até pH igual a 7. O extrato da primeira lavagem tinha uma coloração escura, mostrando que houve muita degradação da matéria orgânica presente na biomassa de coco. Quando o pH do extrato retirado era igual a 7, a sua coloração era amarela clara (Figura 7).

Figura 7 – Imagens do extrato após as lavagens da biomassa de coco com tratamento alcalino e cloro ativo até pH igual a 7. (a) São colocados lado a lado o extrato da primeira lavagem, cor mais escura, e o extrato

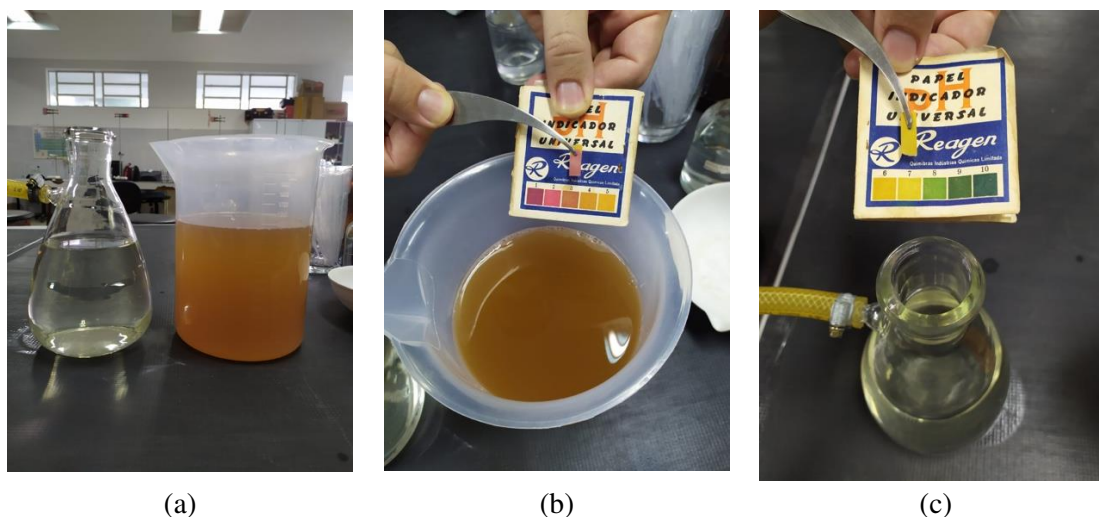
da última lavagem, cor amarelo claro. (b) o extrato da primeira lavagem apresentou pH entre 9 e 10. (c) O extrato da última lavagem apresentou pH igual a 7.



Fonte: Autoria própria, 2024.

Após o tratamento alcalino, a biomassa passou por um processo de degradação da lignina e hemicelulose na presença de etanol e ácido clorídrico. Baseado na coloração do extrato, o qual tinha coloração âmbar, percebe-se que houve degradação da matéria orgânica do mesocarpo do coco (Figura 8), (SILVA, 2016).

Figura 8 - Imagens do extrato após as lavagens da biomassa de coco com etanol e ácido clorídrico, tratamento orgânico, até pH igual a 7. (a) São colocados lado a lado o extrato da primeira lavagem, cor mais âmbar, e o extrato da última lavagem, de aparência transparente. (b) O extrato da primeira lavagem apresentou pH entre 2 e 3. (c) O extrato da última lavagem apresentou pH igual a 7.



Fonte: Autoria própria, 2024.

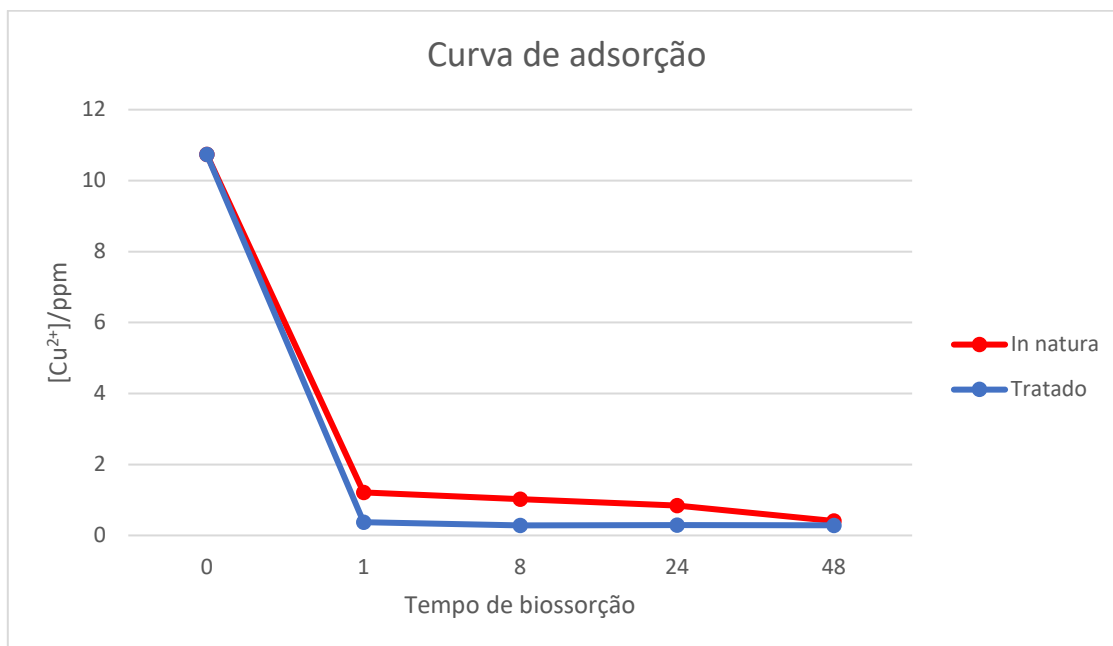
Com os resultados das análises de Espectrometria de Emissão Óptica por Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-OES), tanto a biomassa *in natura* como a biomassa tratada apresentaram excelentes resultados na redução do teor de cobre na solução. Após uma hora de ensaio de bioissorção a biomassa tratada reduziu a concentração de cobre(II) de 10,743 ppm para 0,369 ppm, o que representa uma redução percentual de 96,57%. Já a biomassa *in natura*, também apresentou um excelente resultado, com uma redução de 88,76%. De 1 hora para 48 horas os ensaios de bioissorção para a biomassa tratada não apresentaram mudanças significativas, onde após 48 horas a redução da concentração de cobre(II) foi de 97,34%. A biomassa *in natura*, apresentou maior variação na redução percentual do teor de cobre(II) entre o intervalo de 1 hora e 48 horas; mas, também, não foi uma variação significativa: passando de 88,76% para 96,21%. Os resultados discutidos acima sobre a concentração de Cu^{2+} nas alíquotas retiradas nos tempos determinados de 0, 1, 8, 24 e 48 horas e analisadas por ICP-OES estão apresentados na Tabela 2 e na Figura 9.

Tabela 2 – Composição das alíquotas das soluções de Cu^{2+} analisadas por Espectrometria de Emissão Óptica por Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-OES) nos testes de bioissorção com a biomassa tratada e *in natura* para os tempos de 0, 1, 8, 24 e 48 horas.

Código das alíquotas	[Cu²⁺] ppm ou mg/L	% de redução da [Cu²⁺]
AB0	10,743	-
A1	0,369	96,57
A8	0,292	97,28
A24	0,287	97,33
A48	0,286	97,34
B1	1,208	88,76
B8	1,022	90,49
B24	0,842	92,16
B48	0,407	96,21

Fonte: Autoria própria, 2024.

Figura 9 – Gráfico com as composições das alíquotas das soluções de Cu^{2+} analisadas por Espectrometria de Emissão Óptica por Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-OES) nos testes de biossorção com a biomassa de coco tratada e *in natura* para os tempos de 0, 1, 8, 24 e 48 horas.



Fonte: Autoria própria, 2024.

Segundo a Resolução RDC n° 33 publicada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) em 25/02/2003, os resíduos gerados em laboratório que contêm metais tóxicos devem ser submetidos a tratamento de acordo com as orientações do órgão local de meio ambiente ou destinados a um aterro sanitário industrial para resíduos perigosos (LICHTIG *et al.*, 2004)

5 CONCLUSÃO

Pode-se concluir a partir desses resultados que:

A biomassa do coco é uma ótima alternativa para ser utilizada como adsorvente no tratamento de efluentes contaminados com o metal tóxico cobre (Cu), uma vez que, obteve bons resultados tanto com a biomassa *in natura* como na biomassa tratada.

Os tratamentos químicos foram capazes de remover parte da lignina e da hemicelulose, visto que, foi visivelmente evidenciado após o tratamento pela mudança de coloração âmbar para uma coloração mais límpida, característica típica de quando esses componentes são removidos.

Os tratamentos químicos utilizados para ativar a biomassa de coco mostraram-se eficientes em aumentar a capacidade biossorvente da biomassa de coco.

Por fim, foi elaborada uma proposta de experimento didático-pedagógico para o ensino de química abordando a temática ambiental: “desenvolvimento de material adsorvente a partir da biomassa de coco para adsorção de metais tóxicos”, com o intuito de instigar o interesse do aluno utilizando materiais de suas vivências diárias para estimular cada vez mais a aprendizagem e conseqüentemente a afinidade com estudo da química e motivar o senso crítico para resoluções de problemas, já que o casca do coco é um resíduo produzido em grandes quantidades que causa problemas ambientais por seu descarte indevido e requer o desenvolvimento de novas formas de reaproveitamento.

6 REFERÊNCIAS

AGUIAR, Mônica Regina Marques Palermo de; NOVAES, Amanda Cardoso; GUARINO, Alcides Wagner Serpa. **Remoção de metais pesados de efluentes industriais por aluminossilicatos**. Química nova, v. 25, p. 1145-1154, 2002.

AHALYA, N.; RAMACHANDRA, T. V.; KANAMADI, R. D. **Biosorption of heavy metals**. Res. J. Chem. Environ. v. 7, p. 71-78, 2003.

ALLOWAY, B.J. **Heavy metals in soils**. London: Blackie Academic and professional, 1995. 368 p.

AZEVEDO, B. **Produção de celulasas e xilanases por uma nova espécie fúngica – Achaetomium lippiae URM 7547 – utilizando a fibra do coco verde pré-tratada por explosão a vapor**. Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação em Engenharia Química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2022. 101f.

BARBOSA, A. M.; GALINDO, E. A.; DAESSLE, L.W.; BORBON, O. M. V.; ZAVALA, J. A. S. **Relationship between metal enrichments and a biological adverse effects index in sediments from Todos Santos Bay, northwest coast of Baja California**. Marine Pollution Bulletin, v.64, p.405-409, p.267-276. 2007.

BARRETO, Paula Bernardes. **Caracterização e concentração do minério de cobre da Mineração Caraíba**. 2020.

BARROS, Pedro Renato Pereira e HOSOUME, Yassuko. **Um olhar sobre as atividades experimentais nos livros didáticos de física**. 2008, Anais. São Paulo: SBF, 2008.

BRAINER, Maria Simone de Castro Pereira; XIMENES, Luciano Feijão. **Produção de coco: soerguimento das áreas tradicionais do Nordeste**. 2020.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Perímetro no sertão paraibano produz 400 mil unidades de coco por mês**. [S. I.]: Ministério das Cidades, 21 fev. 2014. Atualizado em 01 nov. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/noticias/anterior/perimetro-no-sertao-paraibano-produz-400-mil-unidades-de-coco-por-mes> . Acesso em: 05 de fevereiro de 2024.

CABRAL, Mirelle Márcio Santos et al. **Aproveitamento da casca do coco verde para a produção de etanol de segunda geração.** 2015.

CASTRO, C. D. P. DA C. **Universidade Estadual de Campinas Faculdade de engenharia de alimentos Avaliação da fibra de coco verde como material de acolchoamento em sistemas de embalagens para mamão e manga.** São Paulo: Universidade Estadual de Campinas, 2011.

CAVALLET, L. E., DE CARVALHO, A. G., NETO, P. F. **Metais pesados no rejeito e na água em área de descarte de resíduos sólidos urbanos.** Rev Ambient. Água. vol. 8, n. 3, Taubaté – Sep. / Dec. 2013.

CLEMENTINA, Carla Marli. **A importância do ensino da química no cotidiano dos alunos do Colégio Estadual São Carlos do Ivaí de São Carlos do Ivaí-PR.** 2011 - São Carlos do Ivaí, Paraná.

COBBINA, S.J., CHEN, Y., ZHOU, Z., WU, X., ZHAO, T., ZHANG, Z., FENG, W., WANG, W., LI, Q., WU, X. & YANG, L. **Toxicity assessment due to sub-chronic exposure to individual and mixtures of four toxic heavy metals.** Journal of Hazardous Materials. v. 294, pp. 109-120, 2015.

CONSALTER, B. G., et al. **Avaliação da contaminação por cobre e chumbo do lago Aratimbó- Umuarama- PR.** Arq. Ciênc. Saúde UNIPAR, Umuarama, v. 23, n. 1, p. 29-34, jan./abr. 2019.

CRESPILHO, Frank Nelson; SANTANA, Claudemir Gomes; REZENDE, Maria Olímpia Oliveira. **Tratamento de efluente da indústria de processamento de coco utilizando eletroflotação.** Química Nova, v. 27, p. 387-392, 2004.

DA CRUZ M., J., & GONÇALVES, P. R. **Impacto Toxicológico de Metais Pesados: Uma Análise de Efeitos Bioquímicos e Celulares: Impact of Heavy Metals: Na Analysis of Biochemical and Cellular Effects.** Health and Biosciences, v. 1, n. 2, pp. 88-100, 2020.

DA SILVA, Jéssika Lorena Bandeira Cruz et al. **Biossorção de metais pesados: uma revisão.** Revista saúde & ciência, v. 3, n. 3, p. 137-149, 2014.

DA SILVA, Kaio Masiel Dema et al. **Caracterização físico-química da fibra de coco verde para a adsorção de metais pesados em efluente de indústria de tintas.** Engevista, v. 15, n. 1, p. 43-50, 2013.

FRANÇA, M. C.et. al. **Recurso Didático Alternativo para Aula de Eletroquímica.** 2012.

GOUVEIA, L. **Resíduos Sólidos Urbanos-impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social.** Ciência & Saúde Coletiva. São Paulo, 2012

INTERNATIONAL COPPER STUDY GROUP – ICSG. The World Copper factbook 2018. Lisboa: 2018. Disponível em: <https://www.icsg.org/index.php/component/jdownloads/finish/170/2876> Acesso em: 11 de agosto de 2023.

JERONIMO, C. E.; SILVA, G. O. **Estudo de alternativas para o aproveitamento de resíduos sólidos de industrialização do coco.** Revista Monografias Ambientais, v. 10, n. 10, 14 jan. 2013.

LEAL, F., Catarino, R., Pimenta, A. & Souto, R. **Importância da especiação de metais na avaliação do seu impacto na saúde humana – desenvolvimento de metodologias voltamétricas com eléctrodos de filme de bismuto.** Revista da Faculdade de Ciências da Saúde. Porto: Edições Universidade Fernando Pessoa, v. 6, pp. 220-230, 2009.

LEITE, A., Silva, R., & Cunha, E. **Occupational disease: Médico legal importante. A case report.** Arquivos de Medicina, v. 29, N. 4, pp. 93-97, 2015.

LICHTIG, Jaim et al. **Descarte de resíduos de laboratório contendo metais pesados (Hg, Pb, Cd) por adsorção em hidróxido de ferro (III).** Rev. Inst. Adolfo Lutz, v. 63, n. 1, p. 70-72, 2004.

MARTINS, M. G., Freitas, G. F. G. de, & Vasconcelos, P. H. M. de. (2018). **A utilização de materiais alternativos no Ensino de Química no conteúdo de geometria molecular.** Revista Thema, 15(1), 44–50.

MORAES, M, P, G, de. **Determinação de metais pesados em lodos de esgoto por espectrometria de fluorescência de raio X.** 2003. 65f. Dissertação (Mestrado em

Geociências) – Instituto de Geociências - Universidade Estadual de Campinas, Campinas/SP.

MORGANO, Marcelo Antônio; QUEIROZ, Sônia Cláudia do Nascimento; FERREIRA, Márcia Miguel Castro. **Determinação dos teores de minerais em sucos de frutas por espectrometria de emissão óptica em plasma indutivamente acoplado (ICP-OES).** Food Science and Technology, v. 19, p. 344-348, 1999.

NASCIMENTO, Ronaldo Ferreira do et al. **Adsorção: aspectos teóricos e aplicações ambientais.** 2020.

NUNES, Maria Urbana Corrêa; DOS SANTOS, Júlio Renovato; DOS SANTOS, Thiago Claiton. **Tecnologia para biodegradação da casca de coco seco e de outros resíduos do coqueiro.** 2007.

PETRY, Cristiane Franchi. **Determinação de elementos traço em amostras ambientais por ICP OES.** 2005.

PLAYLE, R.C., DIXON, D.G., BURNISON, K. **Copper and cadmium binding to gills: estimates of metal-gill stability constants and modelling of metal accumulation.** Can. J. Fish. Aquat. Sci. V.50, p.2678-2687, 1993.

RIBEIRO M. A. Do C. **Contaminação dos solos por metais pesados.** Dissertação (mestrado em engenharia do ambiente) – faculdade de engenharia, Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, Lisboa, junho, 2013.

RIBEIRO, Vitor Troccoli. **Influência do Tween 80 no pré-tratamento por explosão a vapor e alcalino, hidrólise enzimática e fermentação para produção de etanol a partir da fibra de coco verde.** 2022.

ROCHA, Angela Machado et al. **Aproveitamento de fibra de coco para fins energéticos: revisão e perspectivas.** Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, 2015.

ROUTHIER, P. **Voyage au monde du metal,** eds. Berlin, Paris, 2000.

SALESSE, Anna Maria Teixeira. **A experimentação no ensino de química: importância das aulas práticas no processo de ensino aprendizagem.** 2012

SALVADOR, Graziela et al. **Estudo da adsorção de cobre (II) usando como adsorvente pó da casca de coco verde ativada com hidróxido de sódio.** 2009.

SILVA, F. R. da. **Aplicação de tratamento organosolv ao bagaço de cana para utilização na descontaminação de águas contendo metais pesados.** 2016. 49 f. Dissertação (Mestrado em Materiais). Programa de Mestrado Profissional em Materiais, Fundação Oswaldo Aranha. Volta Redonda, RJ, Brasil, 2016.

SOUSA, Francisco W. et al. **Uso da casca de coco verde como adsorbente na remoção de metais tóxicos.** Química Nova, v. 30, p. 1153-1157, 2007.

SOUZA, A. K. R., & Morassuti, C. Y. **Poluição do ambiente por metais pesados e utilização de vegetais como bioindicadores.** Acta Biomedica Brasiliensia, v. 9, n. 3, pp. 95-106, 2018.

VOLESKY, B., 2001. **Detoxification of metal-bearing effluents: biosorption for the century.** Hydrometallurgy, (3): p.203-216.

ANEXO I

TRATAMENTO DE EFLUENTES CONTAMINADOS COM O METAL TÓXICO COBRE VIA BIOSSORÇÃO UTILIZANDO O BAGAÇO DO COCO.

OBJETIVO

Utilizar a biomassa de coco como material biossorvente para o tratamento de soluções aquosas contaminadas com o metal tóxico cobre(II).

INTRODUÇÃO

Aproximadamente 30% da população global não tem acesso a água potável devido a contaminação por diversos poluentes e metais tóxicos [1,2]. Os metais tóxicos são nocivos e não-biodegradáveis podendo se acumular nos tecidos dos organismos vivos [3]. Por isso, a contaminação por metais tóxicos é uma temática de crescente discussão para a saúde humana e ecológica. Mesmo em concentrações ultrabaixas, o chumbo é altamente tóxico e pode causar graves problemas de saúde problemas, como atrasos no desenvolvimento e dificuldades de aprendizagem em crianças, redução do crescimento fetal em mulheres grávidas e danos ao sistema nervoso, rins e fígado [4]. A resolução do CONAMA N°430/2011 apresenta a concentração máxima permitida de cobre (1 ppm) e outros metais em efluentes [5]. Assim, é essencial reduzir as concentrações de metais tóxicos no abastecimento de água para um nível seguro. De acordo com os EUA Agência de Proteção Ambiental, o nível máximo de contaminantes de o chumbo na água potável é 0 µg/L. Além das águas residuais das cidades, contaminantes aquosos de metais tóxicos são gerados por diversas indústrias e processos, como mineração, petroquímica, impressão, agricultura, eletrônica, revestimento, pintura e fabricação e descarte de baterias [6].

Tecnologias têm sido aplicadas para reduzir as concentrações aquosas de metais tóxicos, tais como osmose reversa, evaporação de precipitação química, filtração por separação por membrana, eletro-extração e eletrocoagulação. No entanto, estes métodos convencionais estão associados a várias desvantagens, como a necessidade de produtos químicos adicionais, a produção de contaminantes secundários, sendo caros e apresentando baixa eficácia quanto a redução das concentrações dos metais tóxicos (1–100 mg/L). Todavia, a adsorção é uma abordagem atraente devido à sua operação conveniente, eficácia e baixo custo de energia. Além disso, os adsorventes são o principal custo do processo de adsorção. Os adsorventes anteriormente usados em remoção de metais incluem carvão ativado, nanotubos de carbono, biochar, sílica gel e resinas de troca iônica. Embora esses adsorventes convencionais possam apresentar bom desempenho para remoção dos metais tóxicos, eles são muitas vezes caros e ambientalmente insustentáveis [7]. Dessa forma, o desenvolvimento de alternativas eficientes, econômicas e sustentáveis, tal como as biomassas, é uma condição *sine qua non*.

A biomassa lignocelulósica pode ser obtida a partir de produtos agrícolas baratos e resíduos florestais (e.g. bagaço de cana-de-açúcar e coco, pó de madeira, casca de arroz)

e podem ser matérias-primas para a produção de biossorventes utilizados na adsorção de compostos orgânicos e inorgânicos em águas residuais. Os principais componentes da biomassa são lignina, hemicelulose e celulose, grupos hidroxila, carbonila, carboxila e fenólicos. Esses componentes podem remover íons aquosos de metais tóxicos por meio do fenômeno químico da quelatação [8].

MATERIAIS E REAGENTES

MATERIAIS	REAGENTES
Estufa	Água destilada
Liquidificador	Sulfato de Cobre Pentahidratado – CuSO ₄ .5H ₂ O
Peneira de 40 mesh	
Espátula	
Coco seco	
Béquer de 2 litros	
5 frascos de 50 mililitros com tampa	
Agitador magnético com aquecimento	

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Preparo da biomassa de coco in natura.

- Desmedule o coco e lave-o com bastante água.
- Bote-o para secar em estufa por 24 h a 60°C.
- Triture-o em liquidificador e peneire com peneira de 40 mesh.

Experimento de biossorção

- Prepare a 1 litro da solução de cobre a 10 ppm do metal na forma Cu²⁺.
- Adicione 10 gramas da biomassa in natura triturada e peneirada.
- Retire alíquotas de 50 mL para análise nos tempos de 0, 1, 8, 24 e 48 horas para serem analisadas por Espectrometria de Emissão Óptica por Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-OES).

ATIVIDADE PÓS-LABORATÓRIO

QUESTÃO 1

Quais as consequências dos metais pesados para a saúde humana e ambiental?

QUESTÃO 2


Descreva a técnica de Espectrometria de Emissão Óptica por Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-OES) e para que ela é utilizada.

QUESTÃO 3

O que é Biossorção? Quais as vantagens de se utilizar materiais biossorventes?

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Drinking-water, World Health Organization (WHO). <https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water> (acessado em 09 de Novembro de 2023).
2. Progress on drinking water, sanitation and hygiene: 2017 update and SDG baselines. Geneva: World Health Organization (WHO) and the United Nations Children's Fund (UNICEF), 2017. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/258617/1/9789241512893-eng.pdf> (acessado em 09 de Novembro de 2023).
3. Boechat CL, Pistóia VC, Ludtke AC, Gianello C. **Solubility of heavy metals/metalloid on multi-metal contaminated soil samples from a gold ore processing area : effects of humic substances**. Rev Bras Cienc Solo 2016;40:1–10.
4. Iyer S, Sengupta C, Velumani A. **Lead toxicity: an overview of prevalence in Indians**. Clin Chim Acta 2015;451:161–4.
5. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA (*Conselho Nacional do Meio Ambiente*) Nº 430 de 13 de maio de 2011.
6. Barakat MA. **New trends in removing heavy metals from industrial wastewater**. Arab J Chem 2011;4:361–77.
7. Liu J, Beckerman J. *Application of sustainable biosorbents from hemp for remediation copper(II)-containing wastewater*. J Environ Chem Eng 2022;10: 107494.
8. Putro JN, Santoso SP, Ismadji S, Ju YH. *Investigation of heavy metal adsorption in binary system by nanocrystalline cellulose – bentonite nanocomposite: improvement on extended langmuir isotherm model*. Microporous Mesoporous Mater 2017;246:166–77

	INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
	Campus Sousa - Código INEP: 25018027
	Av. Pres. Tancredo Neves, S/N, Jardim Sorrilândia III, CEP 58805-345, Sousa (PB)
	CNPJ: 10.783.898/0004-18 - Telefone: None

Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

Entrega de TCC

Assunto:	Entrega de TCC
Assinado por:	Ariana Abrantes
Tipo do Documento:	Projeto
Situação:	Finalizado
Nível de Acesso:	Ostensivo (Público)
Tipo do Conferência:	Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- **Ariana Leticia Furtado Abrantes, ALUNO (201718740021) DE LICENCIATURA EM QUÍMICA - SOUSA**, em 23/03/2024 22:55:16.

Este documento foi armazenado no SUAP em 23/03/2024. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 1124477

Código de Autenticação: fa9cf4f765

