



AValiação DO POTENCIAL DE ADSORÇÃO DE COBRE(II) UTILIZANDO BIOCOMPÓSITO DE BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR E MAGNETITA

Beatriz Soares Souza¹
Gabriel Henrique Façanha Iha
Lívia de Sousa Costa
Luís Bernardo Ferreira de Jesus
Marco Antonio Santos da Silva
Orientador: Prof. Dr. Fábio Rizzo de Aguiar
Co-orientadora: Prof. Thaís Taciano dos Santos

RESUMO

Biocompósitos produzidos a partir de bagaços já são foco frequente de estudos químicos devido ao seu alto custo-benefício além de serem um tipo de resíduo imensamente reutilizável, com inúmeras possibilidades para tal. A cana-de-açúcar, *Saccharum officinarum*, planta pertencente à família *Poaceae*, possui um resíduo de moagem em forma de biomassa, com grande porosidade, área de contato e capacidades hidrofóbicas, o que o torna extremamente atrativo em relação às suas capacidades para potencial retenção de componentes na água. Este projeto perseguiu a produção de um biocompósito simples a partir do bagaço da cana-de-açúcar e da magnetita, mineral magnético formado pelos óxidos de ferro(II) e de ferro(III), no intuito de determinar o seu potencial na adsorção de cobre em águas contaminadas. Desta forma, foi produzido um compósito na forma de partículas, contendo bagaço de cana-de-açúcar termicamente tratado e magnetita precipitada no mesmo. Foram realizados 3 ensaios de adsorção com o biocompósito em solução de cobre a 60 ppm, cada ensaio teve duração de 10 minutos, as amostras foram, em seguida, analisadas por meio de espectrofotometria para verificação de mudança da concentração de cobre. Posteriormente foram realizados cálculos para verificação dos resultados e comparação com referencial da literatura.

Palavras-chave: Cana-de-açúcar, Bagaço de cana-de-açúcar, Magnetita, Cobre, Bagaço, Biocompósito, Metal, Adsorção.

ABSTRACT

Biocomposites produced from bagasse are already a frequent focus of chemical studies due to their high cost-effectiveness besides being an immensely reusable type of waste, with numerous possibilities for such. Sugarcane, Saccharum officinarum, a plant belonging to the Poaceae family, has a milling residue in the form of biomass, with high porosity, contact area and hydrophobic capacities, which makes it extremely attractive with regard to its capabilities for potential retention of components in water. This project pursued the production of a simple biocomposite from sugarcane bagasse and magnetite, a magnetic mineral formed by Iron Oxides II and III, in order to determine its potential for copper adsorption in contaminated water. In this way, a composite was produced in the form of particles, containing thermally treated sugarcane bagasse and magnetite precipitated in it. Three adsorption tests were performed with the biocomposite in a 60-ppm copper solution, each test lasting 10 minutes. The samples were then analyzed by spectrophotometry to verify the change in copper concentration. Subsequently, calculations were performed to verify the results and comparison with literature references.

Key words: Sugar cane, Sugar cane bagasse, Magnetite, Copper, Bagasse, Biocomposite, Metal, Adsorption.

¹ Curso Técnico em Química – ETEC Irmã Agostina
Av. Feliciano Correa s/n – Jardim Satélite - CEP 04815-240 - São Paulo – Brasil
* grupo8etecia@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

Com o constante crescimento populacional e alta demanda por fontes de água doce tratada, o investimento em pesquisas dos mais diversos meios para a retirada de impurezas presentes em corpos hídricos é indispensável, e uma prática já universal, desde que, a escassez deste recurso natural afeta o equilíbrio ecológico por todo o globo.

Inúmeros são os tipos de contaminantes presentes em resíduos descartados ao ar livre por fábricas e indústrias químicas, eletroquímicas e eletromecânicas, que geram metais pesados, altamente tóxicos para consumo humano, tratando-se de espécies carcinogênicas.

Um grande exemplo desse tipo de espécie é o cobre, metal descartado em grande quantidade na natureza por ser um dos mais utilizados em indústrias de galvanoplastia, siderúrgicas e de produção de equipamentos elétricos. Sua presença em fontes hídricas, entretanto, causa problemas crônicos como anemia hemolítica, distúrbios neurológicos e câncer em seres humanos, além de destruir ambientes aquáticos. (ABREU *et al.*, 2015)

Para separar contaminantes de origem industrial ou agrícola de efluentes, são frequentemente utilizados os métodos físico-químicos de adsorção, que consistem na retenção de partículas dos componentes em uma fase sólida com grande superfície de contato, que são normalmente materiais com grande porosidade presente em uma fase sólida. (TOLEDO *et al.*, 2020)

Um material com um enorme potencial nesse quesito é o bagaço de cana-de-açúcar. Além de possuir baixo ou nenhum custo, este resíduo é favorável ao meio-ambiente. A cana-de-açúcar é utilizada em larga escala nas indústrias sucroalcooleiras, seu bagaço já é utilizado, em muitos casos, como uma fonte de energia a partir de sua queima, para as próprias usinas, ao invés de ser descartado. (SOARES, 2014)

Com sua grande área superficial, porosidade, e por ser extremamente hidrofóbico quando submetido a picotagem e a aquecimento em uma estufa, o bagaço de cana-de-açúcar pode ser muito eficiente na separação de cobre em pequenas ou grandes concentrações em uma fonte de água. (TOLEDO *et al.*, 2017)

Este trabalho pretende realizar análises para determinar a eficácia de um biocompósito de bagaço de cana-de-açúcar e magnetita na remoção de cobre de águas contaminadas.

2. METODOLOGIA

2.1. MATERIAIS

Foram utilizados no desenvolvimento deste trabalho: bastão de vidro, vidro de relógio, balão volumétrico, béquer, erlenmeyer, proveta, pipeta Pasteur, pipeta volumétrica, almofariz, pistilo, ponteiras plásticas, cubetas, suporte universal, argola, funil de vidro, papel de filtro, barra magnética, fita de pH, frasco âmbar de armazenamento e frasco de plástico com tampa, frasco de vidro com tampa, e ímãs.

2.2. EQUIPAMENTOS

Os equipamentos usados durante este trabalho, fornecidos pela instituição de ensino, foram: agitador mecânico, capela de exaustão, agitador magnético (Hytrel, HTR 8068), balança analítica (Gehaka, AG 200), estufa de secagem (Vatecnica, NT 513-i), mufla, processador de alimentos de uso doméstico (Mondial), espectrofotômetro de absorção molecular (Nova, 1600UV) e pipeta automática P 200.

2.3. REAGENTES

A seguir, as soluções utilizadas ao longo de toda a metodologia: solução aquosa de propanona a 50%, solução aquosa de sulfato de ferro(II) hepta-hidratado a $2 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, solução aquosa de cloreto de ferro(III) hexa-hidratado a $3 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, solução aquosa de hidróxido de sódio a $5 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ e solução aquosa de sulfato de cobre(II) penta-hidratado a $0,1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ e solução de hidróxido de amônio a $6 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

2.4. TRATAMENTO DE BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR

O bagaço de cana-de-açúcar usado neste trabalho foi proveniente de resíduo de produção de caldo de cana-de-açúcar em uma feira local na cidade de São Paulo.

Primeiramente, o bagaço foi lavado em água potável, a lavagem foi repetida até a água sair transparente. Após isso, foi separado em porções menores para lavagem com água destilada, removendo quaisquer resíduos indesejados.

O bagaço, agora higienizado, foi pesado em uma balança analítica, sendo a massa obtida 98,7 g, e então levado à estufa a $60 \text{ }^\circ\text{C}$ para secagem durante 24 horas.

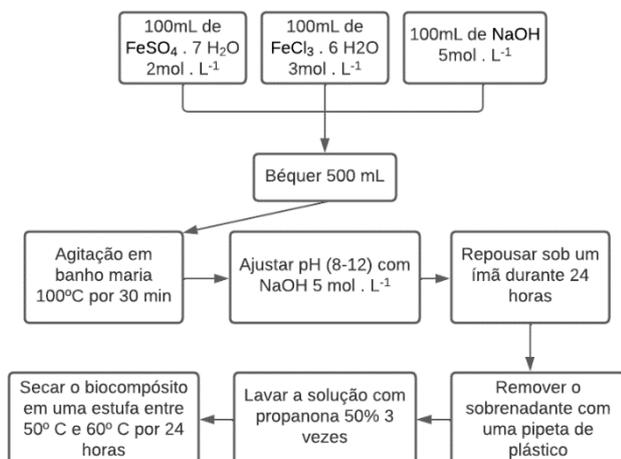
Após ser retirado da estufa, foi levado novamente para pesagem, agora com 16,9 g. Em seguida, foi colocado em um processador de alimentos para ser triturado até a obtenção de um pó, que foi peneirado – usando uma peneira comum – para retenção de partículas maiores, mantendo ao final apenas o pó com tamanho médio homogêneo para utilização posterior. O produto obtido foi levado à mufla por 30 minutos a $300 \text{ }^\circ\text{C}$.

2.5. PREPARO DO BIOCAMPÓSITO

A produção de magnetita ocorreu por meio da precipitação de suas micropartículas após uma reação em meio alcalino controlado pela adição de hidróxido de sódio dentro de um béquer de 500 mL, este já contendo o pó de bagaço de cana-de-açúcar para a formação do biocompósito. Foram adicionados, nesta sequência, 100 mL da solução de sulfato de ferro(II) hepta-hidratado, 100 mL da solução de cloreto de ferro(III) e 100mL da solução de hidróxido de sódio. O sistema foi mantido em agitação com um bastão de vidro em um banho maria a 100 °C por 30 minutos. Depois disso, novas porções de NaOH (aq) foram adicionadas, até que o sistema se encontrasse em uma de pH entre 8 e 12. Após o ajuste de pH, o sistema foi deixado em repouso por 24 horas sobre um ímã que auxiliaria na precipitação das micropartículas de magnetita.

As micropartículas foram obtidas separando o sistema em pequenos lotes, retirando o sobrenadante com o auxílio de uma pipeta Pasteur, mantendo-se o ímã para atrair a magnetita ao fundo do béquer, e, após isso foram feitas as lavagens desses lotes três vezes seguidas usando a solução de propanona e, após isso, cada um dos lotes foram enviados para secagem em uma estufa a uma temperatura entre 50 °C e 60 °C por 24 horas. Após a secagem foram obtidas as micropartículas que foram armazenadas dentro de um recipiente de vidro.

Figura 1: Fluxograma de preparo do biocompósito



2.6. ANÁLISES ESPECTROFOTOMÉTRICAS

A solução de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ inicial foi diluída, em um balão volumétrico de 200 mL, atingindo a concentração de 2000 ppm (solução-mãe). A partir dessa, as soluções-padrão para as análises no EAM foram preparadas em balões volumétricos de 10 mL, nos quais foram adicionadas quantidades pré-determinadas da solução-mãe e 2 mL da solução de NH_4OH após o que, todos os balões tiveram o volume completado com água destilada,

perfazendo um conjunto de soluções de concentração 200, 400, 600, 800 e 1000 ppm. A solução de 600 ppm foi utilizada para encontrar o comprimento de onda de máxima absorção do complexo tetraminacobre(II) – $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ – de coloração azul intensa.

2.7. ENSAIOS DE ADSORÇÃO

Porções do biocompósito preparado (0,5; 1,0 e 1,5 g) foram pesadas em uma balança analítica em béqueres de 100 mL. Sobre o biomaterial, foram adicionados, 25 mL de uma solução de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ a 600 ppm, previamente analisada no espectrofotômetro.

Paralelamente, o procedimento foi repetido usando duas porções (0,5 e 1,0 g), do bagaço-de-cana triturado e seco, no lugar do compósito.

Os béqueres foram deixados em agitação magnética durante 10 minutos e, findo o tempo, foram preparadas soluções-amostra para análise no EAM a partir dessas amostras, adicionando-se 2 mL da solução de NH_4OH em balões volumétricos de 5 mL, nos quais completou-se o volume, com a solução sobrenadante dos ensaios de adsorção.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. TRATAMENTO DE BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR

O bagaço-de-cana triturado e seco resultou em um pó de ligeiramente amarelado (Figura 1) e com tamanho médio das partículas bastante uniforme. Depois de calcinado em mufla (Figura 2), o aspecto do biomaterial mudou consideravelmente, assemelhando-se às cinzas minerais, como esperado.

Figura 1: pós do bagaço-de-cana seco e triturado



Figura 2: cinzas obtidas após a calcinação do biomaterial



3.2. PREPARO DO BIOCOMPÓSITO

Após o final do processo de preparação da magnetita, foram obtidos 20,1045 g do biomaterial adsorvente, que se mostrou na forma de uma mistura de coloração preta e aspecto metálico (Figura 3)

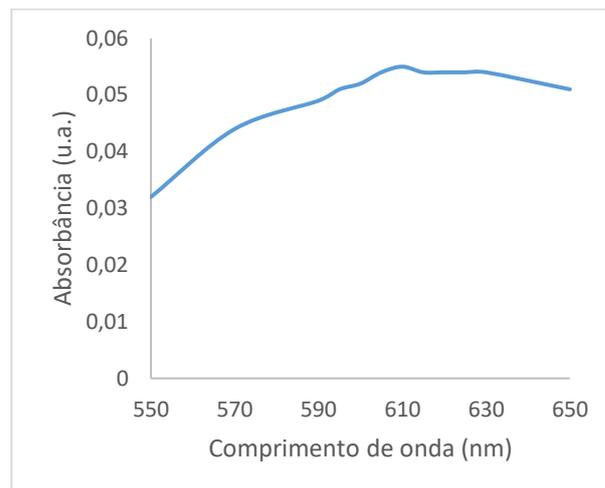
Figura 3: biocompósito bagaço-de-cana-magnetita obtido



3.3. ANÁLISES ESPECTROFOTOMÉTRICAS

No início das análises espectrofotométricas, buscou-se o melhor comprimento de onda para ser utilizado nas análises quantitativas posteriores, o espectro de absorvância em função do comprimento de onda foi traçado entre 550 e 650 nm, com intervalos de 20 nm, sendo que, entre 590 e 630, esse intervalo foi reduzido para 5 nm. A curva com o perfil espectrofotométrico do complexo $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ está representada na Figura 4.

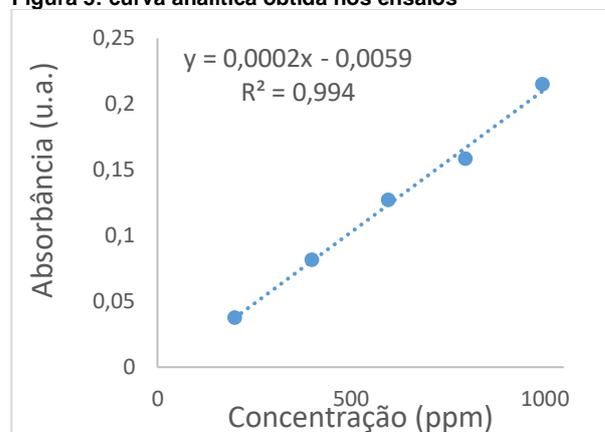
Figura 4: perfil espectrofotométrico do complexo $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$



Observando o comprimento de onda em que ocorreu a maior absorvância registrada, nas condições do ensaio, fixou-se o valor de 610 nm como referência e as demais foram realizadas nesse comprimento de onda.

As leituras dos valores de absorvância, em cada uma das soluções-padrão, permitiram traçar a curva analítica (Figura 5) e, por meio dela, foi determinada a equação da reta média que, relacionada à lei de Lambert-Berr, permite o cálculo da concentração de íons Cu^{2+} nas soluções-amostra antes e depois dos ensaios de adsorção.

Figura 5: curva analítica obtida nos ensaios



Dos dados obtidos, pode-se reconhecer uma excelente linearidade – $R^2 = 0,994$, o que permite a quantificação com segurança das concentrações de Cu^{2+} nas soluções-amostra.

3.4. ENSAIOS DE ADSORÇÃO

Após os ensaios de adsorção usando o biocompósito, quando colocado o hidróxido de amônio, notou-se, após alguns minutos, a formação de um precipitado gelatinoso de coloração alaranjada (Figura 6), provavelmente $\text{Fe}(\text{OH})_3$, oriundo da magnetita. Foi então feita

uma filtração simples com papel de filtro e funil de vidro para a remoção desse precipitado.

Figura 6: soluções-amostra contendo, provavelmente, $\text{Fe}(\text{OH})_3$ (s)



A Tabela 1 resume os dados da concentração de Cu^{2+} em cada um dos ensaios, após 10 minutos de contato com o biocompósito bagaço-de-cana-magnetita.

Tabela 1: concentrações de Cu^{2+} nas soluções-amostra, após os ensaios de adsorção e taxas de adsorção

Ensaio	Adsorvente (massa – g)	Conc. de Cu^{2+} (ppm)	% de adsorção
1	Biocompósito (0,5 g)	325	45,8
2	Biocompósito (0,5 g)	302,5	49,6
3	Biocompósito (0,5 g)	304	49,3
4	Biocompósito (1,0 g)	218	63,7
5	Biocompósito (1,5 g)	207,5	65,4
6	Bagaço (0,5 g)	242	59,7
7	Bagaço (1,0 g)	308,5	48,6

Os dados acima, demonstram que, nas condições experimentais, uma eficiência de adsorção média de 48,3% nos ensaios em que foi utilizado 0,5 g do biocompósito.

3.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Cobre foi a espécie escolhida para as análises devido a possibilidade de quantificá-lo por análise espectrofotométrica, enquanto outros metais como o cádmio, que foi também estudado, não poderiam ser quantificados com os equipamentos oferecidos pela infraestrutura de nossa instituição. Portanto, em virtude do tempo, o cobre foi o metal analisado durante o desenvolvimento deste projeto.

Como perspectivas futuras percebe-se que, a complexação da magnetita e a sintetização do biocompósito podem ser realizadas de maneira que consuma menos reagentes. Podem ainda ser feitas análises com uma maior massa de biocompósito adsorvente, visando a comparação de resultados. Além de ser interessante a análise de eficiência com outras espécies de metais pesados, visto que, foi comprovado em testes realizados nos laboratórios da USP que a magnetita filtra diversos metais pesados, o que deixa claro a vastidão de situações em que o bioadsorvente formado por ela e por bagaço pode ser empregado. A montagem de um filtro também é muito promissora com as capacidades físico-químicas do bagaço de cana-de-açúcar em relação a adsorção.

Com base nos resultados obtidos, foi possível preparar um biocompósito de bagaço de cana-de-açúcar e magnetita e utilizar esse bioadsorvente em ensaios de remoção de íons Cu^{2+} de efluentes contaminados simulados. Nos ensaios em que foram utilizados 0,5 g do biocompósito, a adsorção média foi de 48,3%.

Ortiz (2000) e Ferreira e colaboradores (2000) ensaiaram o potencial de adsorção de cobre(II) pelos materiais separadamente, obtendo, respectivamente, 97,84% para o índice de adsorção do íon pela magnetita e 96,4%, pelo bagaço de cana-de-açúcar. Embora a adsorção média do cobre(II) pelo biocompósito tenha sido inferior aos valores de adsorção dos materiais que o constituem separadamente na literatura o resultado obtido não foi ruim já que o biocompósito foi capaz de adsorver grande quantidade dos íons de Cu^{2+} e se mostrou eficiente na velocidade de remoção.

Ao fim deste trabalho, constata-se que os resultados obtidos poderiam ser aprimorados com mais ensaios e análises, identificando os fatores que de fato ocasionaram uma possível perda no potencial de adsorção, sendo estes na preparação da magnetita, em sua combinação com o bagaço de cana-de-açúcar para formação do biocompósito magnético, ou, na proporção de adsorvente utilizada em relação a solução.

3.6. AGRADECIMENTOS

À Deus, nossas famílias, amigos e colegas por todo o suporte. Ao nosso orientador Prof. Dr. Fábio Rizzo de Aguiar e a co-orientadora Prof.^a Thaís Taciano dos Santos pelo auxílio e paciência durante o desenvolvimento deste projeto.

Relembramos também o nosso trabalho e esforço ao longo deste ano, por todos os momentos difíceis e adversidades que enfrentamos juntos, dando apoio uns aos outros e nos esforçando para atingir o máximo do potencial que este projeto poderia alcançar. A nossos animais domésticos por todo o conforto e carinho entregue a cada momento deste período, em especial a aquela que não se encontra mais entre nós.

À ETEC Irmã Agostina, por toda a infraestrutura oferecida. Aos funcionários da ETEC, e a todos os professores que cederam suas aulas e compadeceram com nosso ambicioso projeto. Um agradecimento especial à Adriana Machado da Silva, bibliotecária, por encarecidamente emprestar-nos seus ouvidos e trabalho, nos dando apoio, tanto emocional como em bases científicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A. L. O. TOLEDO, C. A. COSTA, G. N. R. OLIVEIRA, N. R. SANTOS, N. M. R. MORINAGA, W. S. BENJAMIN. **ESTUDO DA ADSORÇÃO EM EFLUENTES LÍQUIDOS ATRAVÉS DO MESOCARPO DO COCO E BAGAÇO DA CANA DE AÇÚCAR.** Disponível em: <https://repositorio.uniube.br/bitstream/123456789/871/1/ana-luiza-oliveira-de-toledo.pdf>

ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA CENTRAL (Portugal). **Propriedades da Água.** 2012. Disponível em: <https://conselhonacionaldaagua.weebly.com/propriedades-da-aacutegua.html>. Acesso em: 18 jun. 2022.

BINI, Raquel. **Desenvolvimento de nanopartículas de magnetita para aplicações biológicas: propriedades estruturais, microestruturais e magnéticas.** Dissertação de mestrado - Universidade Estadual de Maringá, 2016.

Bruno de Paulo Silva, Vinícius Matos Quintão, Márcio Fernandes Caria. **O Efeito do Oxigênio nas Propriedades do Vergalhão de Cobre Eletrolítico*.**

CULLITY, B. D. e GRAHAM, C. D. **Introduction to magnetic materials.** 2nd ed. New Jersey : Wiley-IEEE, 2008.

DANTAS, Alailson. **AVALIAÇÃO DA 2,2'-BIQUINOLINA NA SEPARAÇÃO, PRECONCENTRAÇÃO E DETERMINAÇÃO DE COBRE POR ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORÇÃO MOLECULAR EM SOLUÇÃO E EM FASE SÓLIDA.** 2004. Disponível em:

<https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/9948/1/Alailson%20Dantas.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2022.

Duarte, Hélio A. **Ferro - um elemento químico estratégico que permeia história, economia e sociedade.** *Química Nova* . 2019, v. 42, n. 10 Disponível em: <<https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170443>>. Acesso em: 30 de maio de 2022.

FERREIRA, R. V. **Síntese e caracterização de nanopartículas magnéticas funcionalizadas com núcleo magnético de magnetita.** Dissertação (Mestrado em Química). Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG. 2009.

Harris, Daniel C.; **Análise Química Quantitativa; tradução Carlos Alberto Riehl...[et al.].** 5.ed. LTC Editora, Rio de Janeiro:1999.

<https://scholar.archive.org/work/kfmwvplfmzgdvc3ytl6dtzq45u/access/wayback/https://abmproceedings.com.br/ptbr/article/download-pdf/o-efeito-do-oxigenio-nas-propriedades-do-vergalhao-de-cobre-eletrolitico>: Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2016.

In: NASCIMENTO, Ronaldo Ferreira do; LIMA, Ari Clecius Alves de; VIDAL, Carla Bastos; MELO, Diego de Quadros; RAULINO, Giselle Santiago Cabral. **Adsorção: aspectos teóricos e aplicações ambientais.** 2. ed. Fortaleza: Imprensa Universitária., 2020. ISBN 978-65-990722-7-7. *E-book*.

LARISSA AZEVEDO SOARES. **SINTESE, ATIVAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE CARVÃO OBTIDO A PARTIR DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR E AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE ADSORÇÃO.**

https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/22736/1/LarissaAzevedoSoares_DISSERT.pdf.

Lenhinger, Albert Lester; **Princípios de Bioquímica.** 3.ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro:1992.

LIBARDI, Paulo Leonel. **Dinâmica da Água no Solo.** [S. l.]: EdUSP, 2005. 335 p. v. 61. ISBN 8531407567, 9788531407567.

LIMA, E. S. **Tratamento químico da poeira de aciaria elétrica e utilização na síntese de ferrita de zinco (ZnFe2O4).** Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Ceará – UFC, 2014.

M. B. ABREU, J. R. ANDRADE, F. R. B. TURBIANI, M. L. GIMENES, N. R. C. FERNANDES-MACHADO, F. L. SEIXAS. **APLICAÇÃO DE CARVÃO ATIVADO NA BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR NA ADSORÇÃO DE Cd(II) E Cu(II).** 2006. Disponível em https://www.researchgate.net/profile/Marcelino-Gimenes/publication/301419548_APLICACAO_DE_CARVAO_ATIVADO_DE_BAGACO_DE_CANA-DE-ACUCAR_NA_ADSORCAO_DE_CDII_E_CUII/link/s/57d8a12e08ae5f03b498609a/APLICACAO-DE-

CARVAO-ATIVADO-DE-BAGACO-DE-CANA-DE-ACUCAR-NA-ADSORCAO-DE-CDII-E-CUII.pdf.

MACHADO, C.F.C. **Ferritas de Bário: síntese, caracterização física e aplicação.** Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Maringá – UEM, 2008.

MOTTA, Valter Teixeira. **Bioquímica clínica para o laboratório - princípios e Interpretações. 5ª edição.** Rio de Janeiro: MedBook, 2009.

TOLEDO, Jennifer Allana Guimarães; ALMEIDA, Andressa Silva Campos; D'AMELIO, Monica Tais Siqueira. **ESTUDO DA ADSORÇÃO DE CHUMBO UTILIZANDO BAGAÇO DE CANA-DEAÇÚCAR ATIVADO.** 1984. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Monica-Damelio/publication/349655945_ESTUDO_DA_ADSORCAO_DE_CHUMBO_UTILIZANDO_BAGACO_DE_CANA-DE-ACUCAR_ATIVADO/links/60aacea745851522bc10ac43/ESTUDO-DA-ADSORCAO-DE-CHUMBO-UTILIZANDO-BAGACO-DE-CANA-DE-ACUCAR-ATIVADO.pdf.