

Caracterização da borra de café para o tratamento de efluentes de laboratórios de química

Os laboratórios de Química das Instituições de educação superior geram uma variedade de resíduos. Esses contêm Metais Potencialmente Tóxicos, cujos, em concentrações elevadas e na forma de cátions podem causar prejuízos ambientais. A utilização de biossorventes no processo de biossorção tem sido sugerida para satisfazer a necessidade de remover ions metálicos de águas residuais promovendo a descontaminação de efluentes. Considerando que Brasil é um dos maiores consumidores de café do mundo, gera, conseqüentemente, um montante de resíduos. Esses, por possuir em sua composição moléculas de celulose, hemicelulose e lignina, torna-se uma excelente candidata ao grupo de adsorventes naturais. Essa pesquisa tem como objetivo caracterizar a borra de Café Lavada, modificada com hidróxido de potássio (KOH) e ácido fosfórico (H₃PO₄) para uma possível aplicação no tratamento de efluentes de laboratório de química. Foi determinado o pH em H₂O em KCl pelo método de Raji et., (2001), onde consistiu em pesar 5 g das biomassas lavada e modificada separadamente, colocadas em erlenmeyers de 250 ml e acrescentado 20 mL de água destilada e KCl 0,1 mol L⁻¹ separadamente e submetidas à agitação por 40 minutos seguida de filtração. Em seguida, foram feitas as medições do pH nas amostras. A determinação do PCZ consistiu em misturar 50 mg da biomassa com 50 mL de solução aquosa sob aquecimento, seguida de filtração. Posteriormente, o pH das soluções foi ajustado a diferentes condições de pH inicial (1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11 e 12) e determinou-se o pH após 24 horas de equilíbrio (REGABULTO et al., 2004). A Espectrometria de infravermelho foi realizada no Laboratório de Espectroscopia Óptica e Fototérmica (LEOF) na Universidade Federal do Maranhão (UFMA) a partir de um espectrômetro FTIR da marca Bruker, modelo Vertex 70v. Para a análise das amostras foi utilizado 2 mg na forma de pó, para que junto com o KBr formem uma pastilha de 200 mg. Os resultados mostraram que as biomassas estudadas possuem em sua superfície cargas negativas adsorvendo preferencialmente cátions. Com o FTIR foi possível prever os grupos funcionais presentes nas biomassas, os quais são fundamentais para o processo de biossorção. Os resultados obtidos mostraram que a Borra de Café Lavada e modificada com KOH e H₃PO₄ apresentaram características favoráveis para serem bons adsorventes naturais, sendo, portanto, necessário a realização dos experimentos com o ensaio de biossorção para avaliar a capacidade de remoção das biomassas em estudo em efluentes laboratoriais.

Palavras-chave: Biossorção; Biomassa; Parâmetros; Metais potencialmente tóxicos.

Characterization of coffee grounds for the treatment of effluents from chemical laboratories

Chemistry laboratories at higher education institutions generate a variety of waste. These contain Potentially Toxic Metals, whose, in high concentrations and in the form of cations, can cause environmental damage. The use of biosorbents in the biosorption process has been suggested to satisfy the need to remove metal ions from wastewater, promoting the decontamination of effluents. Considering that Brazil is one of the largest coffee consumers in the world, it consequently generates an amount of waste. These, because they have cellulose, hemicellulose and lignin molecules in their composition, make them an excellent candidate for the group of natural adsorbents. This research aims to characterize Lavada Coffee grounds, modified with potassium hydroxide (KOH) and phosphoric acid (H₃PO₄) for a possible application in the treatment of chemical laboratory effluents. The pH in H₂O in KCl was determined by the method of Raji et., (2001), which consisted of weighing 5 g of the washed and modified biomass separately, placed in 250 ml erlenmeyers and adding 20 ml of distilled water and 0.1 KCl mol L⁻¹ separately and subjected to stirring for 40 minutes followed by filtration. Then, pH measurements were taken on the samples. PCZ determination consisted of mixing 50 mg of biomass with 50 mL of aqueous solution under heating, followed by filtration. Subsequently, the pH of the solutions was adjusted to different initial pH conditions (1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11 and 12) and the pH was determined after 24 hours of equilibrium (REGABULTO et al., 2004). Infrared spectrometry was performed at the Optical and Photothermal Spectroscopy Laboratory (LEOF) at the Federal University of Maranhão (UFMA) using a Bruker FTIR spectrometer, model Vertex 70v. For the analysis of the samples, 2 mg of powder was used, so that together with the KBr they form a 200 mg tablet. The results showed that the studied biomasses have negative charges on their surface, preferentially adsorbing cations. With the FTIR it was possible to predict the functional groups present in the biomasses, which are fundamental for the biosorption process. The results obtained showed that the Coffee Grounds Washed and modified with KOH and H₃PO₄ showed favorable characteristics to be good natural adsorbents, being, therefore, necessary to carry out the experiments with the biosorption assay to evaluate the ability to remove the biomass under study in laboratory effluents.


Keywords: Biosorption; Biomass; Parameters; Potentially toxic metals.


Topic: **Biotecnologia**


Reviewed anonymously in the process of blind peer.


Received: **03/08/2022**

Approved: **24/08/2022**

Raquel Milhomem Parente 
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/8256691158605860>
<https://orcid.org/0000-0003-0916-3714>
raquelmilhomem73@gmail.com

Jorge Diniz de Oliveira 
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/5362473302100013>
<https://orcid.org/0000-0001-9421-0524>
jorgediniz@uemasul.edu.br

Otávio Cândido da Silva Neto 
Universidade Federal do Maranhão, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/8603094942700408>
<https://orcid.org/0000-0003-3549-1690>
otavio.csn@hotmail.com

Francisco Eduardo Aragão Catunda Júnior 
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/7298552271098818>
<https://orcid.org/0000-0002-8089-730X>
catundair@uemasul.edu.br



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2022.008.0012

Referencing this:

PARENTE, R. M.; OLIVEIRA, J. D.; SILVA, O. C. N.; CATUNDA, F. E. A. J..
Caracterização da borra de café para o tratamento de efluentes de laboratórios de química. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.13, n.8, p.157-166, 2022. DOI:
<http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2022.008.0012>

INTRODUÇÃO

Os laboratórios de Química das Instituições de educação superior geram uma grande variedade de resíduos, esses, que são provenientes das atividades de ensino e pesquisa. Dessa forma, percebe-se que tanto professores e técnicos quanto estudantes, fazem o descarte de forma inadequada desses resíduos gerados (LEITE et al., 2019).

Esses resíduos contêm Metais Potencialmente Tóxicos (MPT), cujos, em concentrações elevadas e na forma de cátions podem contaminar o solo, o ar, os recursos hídricos, podendo chegar até na cadeia alimentar humana e de outros seres vivos, causando diversos prejuízos ambientais (NUVOLARI, 2003). Além disso, segundo Martins et al. (2015) essas espécies metálicas, mesmo que em concentrações baixas, não se degradam pela ação do tempo, ou seja, são bioacumulados em organismos vivos, gerando danos aos seres vivos.

A necessidade do uso de matéria prima, processos e equipamentos que causam menos impactos ambientais no tratamento de águas residuais têm aumentado significativamente, mostrando ser uma opção cada vez mais viável. Dessa forma, a utilização de resíduos agroindustriais a ser utilizado como biossorventes tem se mostrado ser uma alternativa promissora e viável (RAMOS et al., 2018). Além disso, reutilizar os resíduos agroindustriais pode ser considerado uma maneira de diminuir de forma considerável os impactos ambientais causados pelas ações antrópicas.

A utilização de biossorventes para o processo de biossorção tem sido sugerida para satisfazer a necessidade de remover íons metálicos de águas residuais promovendo a descontaminação de efluentes. Na literatura vários resíduos agroindustriais são conhecidos pelo potencial de biossorção de Metais potencialmente tóxicos.

Lima et al. (2020) utilizaram resíduo de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) como biossorvente para a remoção de Cu(II), Zn(II) e Ni(II) em soluções aquosas, Paniagua et al. (2021) usaram farinha da casca de banana *in natura* e modificada com tiosemicarbazida para adsorver As (III) em soluções aquosas, Ramos et al. (2019) trabalharam com a casca de maracujá para remover espécies metálicas em efluentes de galvanoplastia, Souza et al. (2019) avaliaram a capacidade adsorptiva do sabugo de milho triturado, Muniz et al. (2020) estudaram cápsulas de café para adsorver os íons Cu (II), Co (II), Ni (II) e Cd (II) em sistemas aquosos.

Considerando que o Brasil é um dos maiores consumidores de café do mundo, conseqüentemente, gera um montante de resíduos, principalmente a borra de café (MUNIZ et al., 2020). Esse resíduo, por possuir em sua composição moléculas de celulose, hemicelulose e lignina, torna-se uma excelente candidata ao grupo de adsorventes naturais, pois essas constituem um sítio possível para a adsorção de espécies metálicas (FEIZ et al., 2015).

Diversos métodos tradicionais físicos - químicos têm sido aplicados e pesquisados, no intuito de tratar os efluentes, como a floculação, oxidação química, fotoquímica, ozonização, filtração, irradiação e adsorção (LERMEN et al., 2021). Além desses, Muniz et al. (2020) também cita a precipitação, no qual se utiliza algum produto químico, a troca iônica, onde é empregado resinas sintéticas de troca iônica, o processo de

separação por membranas, em que se utilizam membranas sintéticas porosas como filtros, e, o tratamento eletroquímico, cujo, emprega-se uma corrente elétrica para desestabilizar os contaminantes no meio aquoso. Todavia, estes métodos são onerosos e demandam períodos de tempos longos, dificultando a obtenção de resultados (NASCIMENTO et al., 2014).

No entanto, um método bastante eficaz e de baixo custo, tem sido empregado para a remoção de MPT de efluentes, que é a adsorção, essa técnica consiste na remoção dos contaminantes pela interação com algum material adsorvente, sendo um processo de fácil manuseio, alta eficiência, menor impacto ambiental, e, por serem resíduos agrícolas, não oferecem valor comercial (LERMEN et al., 2021).

No processo de adsorção ocorrem interações entre as moléculas de um fluido e a superfície de um sólido através de processos físicos e/ou químicos, sendo essas interações proporcionais à superfície e a porosidade do material (SILVA et al., 2016). Segundo Quitino (2021) na adsorção ocorre um processo de difusão entre a substância que se encontra na forma diluída na fase fluida, no qual é denominado de adsorbato ou adsorvato, e a superfície do sólido, denominado adsorvente ou adsorbente. Além disso, as moléculas do adsorbato, de forma espontânea, precisam estar concentradas na superfície do material biossorvente.

Para Sousa et al. (2007), a biossorção consiste em um processo de remoção de íons metálicos por meio de massa microbiana viva, morta ou dos resíduos vegetais. Dessa forma, esse efeito pode ocorrer através dos seguintes mecanismos químicos: complexação (coordenação ou quelatação dos metais); troca iônica; adsorção e microprecipitação inorgânica. Cujo, através de qualquer um desses processos, ou a combinação deles, pode imobilizar uma ou mais espécies metálicas no biossorvente.

Segundo Jeronimo et al. (2019), o processo de biossorção é influenciado pelo pH da solução, a capacidade de troca catiônica, o tipo de carga que está presente na superfície do biossorvente, a temperatura, a concentração e outros. Dessa forma, faz-se necessário determinar os parâmetros físico-químicos e conhecer algumas características do material biossorvente, a fim de obter valores de remoção significativos.

Dessa forma, quando se comparado a outros métodos de remoção de MPT, a biossorção, apresenta algumas vantagens, entre elas: a fácil regeneração do biossorvente, aumentando, dessa forma, a economia do processo; baixo custo e tratamento de grande volume de efluentes (NASCIMENTO et al., 2016; SCHIEWER et al., 2009). Essa pesquisa tem como objetivo caracterizar a borra de Café Lavada, modificada com hidróxido de potássio (KOH) e ácido fosfórico (H_3PO_4) para possível aplicação no tratamento de efluentes de laboratório de química.

MATERIAIS E MÉTODOS

Aquisição Biomassa

A borra de café utilizada neste trabalho foi obtida em residências particulares e na cozinha da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL), *Campus Imperatriz* (MA).

Preparação do biossorvente (biomassa) lavada

Após aquisição a biomassa foi exposta à secagem ao ar até a total dessecação, ou seja, a retirada de toda umidade presente. Em seguida, foi lavada com água destilada com auxílio de uma mesa agitadora orbital, à 28 °C, por 90 min, sob rotação de 150 rpm. Posteriormente, foi filtrada e levada à estufa à 60 °C, por 24 h. Decorrido o tempo de secagem, o material foi submetido a resfriamento em dessecador e depois triturado em moinho e em seguida foi passado em peneira para obtenção de partículas de 4 mm e depois armazenada em frascos de polietileno de cor escura e identificado como da Borra de Café Lavada (BCL).

Modificação do material biossorvente (BCL)

Uma porção da BBCL foi colocada em contato, separadamente, com 250 mL de solução de KOH 0,1 mol L⁻¹ e de H₃PO₄ 0,1 mol L⁻¹, por 24 hora à temperatura ambiente. Depois foram lavadas com água destilada, solução tampão (pH 5,0), levadas à filtração e colocadas para secagem em estufa de circulação de ar à 60 °C por 24 horas. Em seguida, foram resfriadas em dessecador e armazenadas em frascos de polietileno de cor escura em temperatura ambiente (~28°C) até o momento da sua caracterização sendo identificadas como Borra de Café Lavada Modificada (BCLM).

Determinação de pH em H₂O e KCl

O pH da biomassa BCL e BCLM foram determinados potenciométricamente em suspensão segundo método proposto por Raija et al. (2001) modificado na quantidade da biomassa. Foram pesadas 5 g das biomassas lavada e modificada separadamente, colocadas em erlenmeyers de 250 ml e acrescentado 20 mL de água destilada e KCl 0,1 mol L⁻¹ separadamente (relação de 4:1) e submetidas à agitação por 40 minutos. Após a agitação, as amostras foram filtradas. Em seguida, foram feitas as medições do pH nas amostras. As análises foram feitas em triplicata. A partir dos valores de pH_{H₂O} e pH_{KCL} foram estimados os valores de ΔpH pela equação 1 (MEKARU et al., 1972). Parâmetros esse nos permitirá estimar o potencial elétrico da superfície das partículas das biomassas estudadas. Segundo Prado (2003) determinação nos permite determinar também o PCZ utilizando a equação (2) proposta originalmente por Uehara (1979).

$$\text{Equação (1): } \Delta\text{pH} = \text{pH}_{\text{KCL}} - \text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$\text{Equação (2): } \text{PCZ} = 2 \text{pH}_{\text{KCL}} - \text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$$

Determinação do Ponto de Carga Zero (PCZ) método Regabulto et al., (2004)

O PCZ corresponde à faixa onde o valor final de pH permanece constante independente do valor de pH_i, ou seja, comporta-se como um tampão (NASCIMENTO et al., 2014). O PCZ mostra a maior ou menor tendência de um material em biossorver em sua superfície cátions ou ânions conforme o pH da solução aquosa em que o biossorvente esteja inserido.

Neste estudo o PCZ foi também determinado seguindo-se o método proposto por Regabulto et al. (2004). O procedimento constitui em misturar 50 mg da biomassa com 50 mL de solução aquosa sob aquecimento, seguida de filtração. Posteriormente, o pH das soluções foi ajustado a diferentes condições de

pH inicial (1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11 e 12) e determinou-se o pH após 24 horas de equilíbrio. A solução com pH na faixa ácida foi ajustada HCl 1 mol L⁻¹, e a solução de pH alcalino com NaOH 1 mol L⁻¹, pois as atividades desses dois reagentes estão próximas de suas concentrações. As amostras foram feitas em duplicata.

Espectrometria de infravermelho

As medidas de FTIR foram realizadas no Laboratório de Espectroscopia Óptica e Fototérmica (LEOF) na Universidade Federal do Maranhão (UFMA) a partir de um espectrômetro FTIR da marca *Bruker*, modelo *Vertex 70v*. As medidas foram realizadas na temperatura ambiente, com resolução de 4 cm⁻¹, numa faixa de 400-4000 cm⁻¹. Para a análise das amostras foi utilizado 2 mg na forma de pó, para que junto com o KBr formem uma pastilha de 200 mg.

RESULTADOS

A tabela 1 apresenta a média dos valores de pH em água, KCl e do ΔpH na superfície das biomassas Lavada e modificadas.

Tabela 1: Valores de pH em água, KCl e do pH para os biossorventes.

Biomassa	pH _{H2O}	pH _{KCl}	ΔpH	PCZ
BCL	4,93	4,31	- 0,62	4,23
BCLM _{H3PO4}	4,55	4,15	- 0,4	3,75
BCLM _{KOH}	5,02	4,48	- 0,54	3,94

ΔpH = (pH_{KCl} - pH_{H2O}); BCLM_{H3PO4}: Borra de Café modificada com H₃PO₄; BCLM_{KOH}: Borra de Café modificada com KOH; PCZ = (2pH_{KCl} - pH_{H2O})

Na Figura 01 estão representados os valores de PCZ (Ponto de Carga Zero) para as biomassas em estudos.

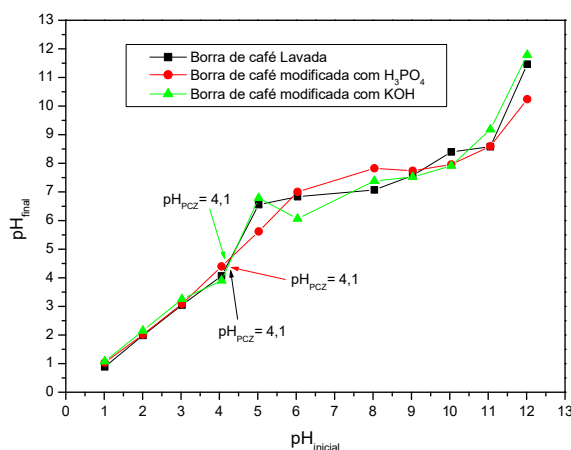


Figura 1. Estudo do ponto de carga zero das biomassas.

Os espectros na região do infravermelho com transformada de Fourier das amostras em estudos estão apresentados na Figura 02.

DISCUSSÕES

De acordo com a Tabela 1, pode-se verificar que a biomassa tratada quimicamente com KOH apresenta um aumento de pH, indicando um aumento de radicais hidroxila em sua superfície. Para a biomassa modificada com H₃PO₄, de acordo com a definição de Bronsted-Lowry, o pH diminuirá, onde íons

H⁺ ou OH⁻ são transferidos para solução em uma reação ácido-base. Ou seja, espécies ácidas doam prótons em solução para formar íons H⁺, enquanto espécies básicas geram íons OH⁻ em solução (TRO, 2017).

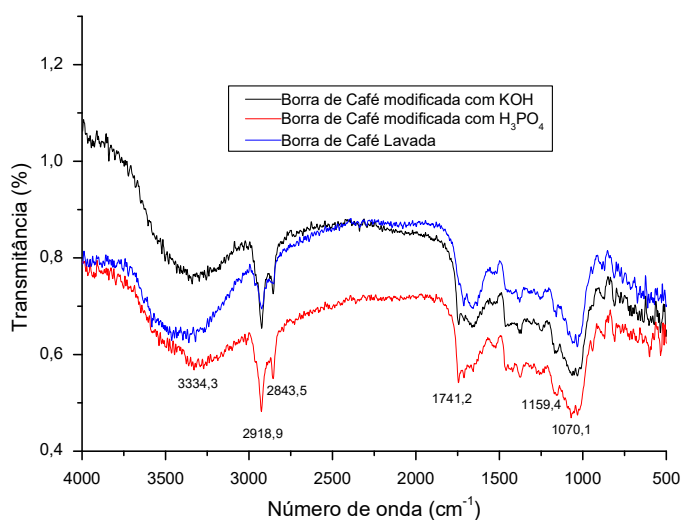


Figura 2. Espectro de absorção no infravermelho para o material adsorvente.

Segundo Sousa et al. (2021) o $\Delta\text{pH} = \text{pH}_{\text{KCl}} - \text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ relaciona o balanço de cargas elétricas na superfície das biomassas. Quando $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} > \text{pH}_{\text{KCl}}$ predominam cargas negativas, para $\text{pH}_{\text{KCl}} > \text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ predominam cargas positivas, mas quando o $\text{pH}_{\text{KCl}} = \text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ o número de cargas negativas e positivas são iguais (ponto de carga zero, ou PCZ). Diante disso, os valores de ΔpH na Tabela 1, indicam que ambas as biomassas apresentam carga líquida negativa em todos os tratamentos.

Quando o ΔpH é negativo há predominância de cargas negativas na superfície do bioissorvente e nesse eles tendem bioissorver mais cátions que do que ânions. Quando ΔpH é positivo predominam cargas positivas e o solo retém mais ânions do que cátions. A modificação da biomassa com KOH mostrou um acréscimo no valor em relação a BCL (Tabela 1), isso é atribuído introdução de grupo OH⁻ na superfície da borra de café lavada, o contrário ocorre com as modificações com H₃PO₄ indicando acréscimo de íons H⁺. No entanto, ambas as modificações apresentaram decréscimo no valor do ΔpH indicando um aumento de carga positiva na superfície da biomassa. A natureza da modificação só causou o decréscimo do ΔpH e não modificou a carga líquida da superfície da biomassa.

De acordo com a Figura 1, tem-se que para BCL e BCLM apresentaram o mesmo valor do pH_{PCZ} na faixa de 4,1 demonstrando que ambas as superfícies das biomassas apresentam carga neutra em pH 4,1. Essas características nos permitir afirmar que as biomassas BCL e BCLM em meio aquoso com pH inferior ao pH_{PCZ} as suas superfícies serão carregadas positivamente e ânions serão bioissorvidos para balancear as cargas positivas.

No entanto, em solução aquosa com pH superior que o pH_{PCZ} a superfície de ambas as biomassas será carregada negativamente e preferencialmente cátions serão bioissorvidos. Sendo assim essas biomassas são eficazes na remoção de metais potencialmente tóxicos. Este processo pode ser explicado pela atração eletrostática entre a carga gerada pela superfície da BCL e BCLM e os grupos catiônicos da solução.

Segundo Nascimento et al. (2014), o PCZ é o ponto onde o pH na superfície possui carga neutra.

Sendo assim em meio aquoso na faixa de pH 4,1 a superfície das biomassas BCL e BCLM possuem caráter neutro, ou seja, igualdade entre a quantidade de cargas negativas e cargas positivas. Os valores negativo para o ΔpH encontrado na Tabela 01, foram negativos, isso indica predominância de cargas negativas nas partículas das superfícies das biomassas Borra de Café Lavada e suas modificações e, portanto, promovem atração de cátion do meio. Esse fato fica evidenciado pelos valores do pH medido em água, superiores aos do pH_{PCZ} pelo modelo proposto por Uehara (1979) como pelo de Regabulto et al. (2004), que mostram predomínio das cargas negativa no meio.

Quitino (2021) estudando a borra de café para a remoção adsortiva de corantes em solução aquosa encontrou um valor de PCZ na faixa de 4,7, cujo, dissertou que em valores de pH abaixo dessa faixa de PCZ encontrado, a superfície da Borra de Café está com carga líquida positiva e em valores de pH acima de 4,7 a superfície da Borra de Café esta desprotonada, tendo como carga superficial líquida negativa, e adsorve, preferencialmente espécies com cargas positivas.

Com a espectroscopia no infravermelho buscou-se determinar as frequências de vibrações dos grupos funcionais presentes nas biomassas em estudo. Como pode ser observado, o gráfico de FITR (Figura 2) dos materiais biossorventes, apresentou picos semelhantes em ambas às formas de tratamento. De acordo com Penha et al. (2016), isso mostra que a superfícies dos materiais biossorventes contém os mesmos grupos funcionais. No entanto, observa-se que a intensidade de absorção difere entre os biossorventes, sendo isso observado também por Nascimento et al. (2019) e Xavier et al. (2021).

Destaca-se a banda larga em $3334,3\text{ cm}^{-1}$, decorrente do estiramento das ligações OH, mostrando a presença de grupos hidróxido livre na superfície dos biossorventes. Oliveira et al. (2018) utilizando a fibra de coco verde *in natura* e tratada, obtiveram resultados semelhantes, no qual essa banda de OH está presente nas estruturas da celulose e hemicelulose, que se constitui o principal componente dos materiais lignocelulósicos.

Destaca-se também a banda de $1741,2\text{ cm}^{-1}$, cuja, pode ser atribuída as ligações de estiramento (C=O) podendo ser atribuído ao grupo aldeído ou aos de ésteres, presentes nas substâncias que constituem a borra de café (XAVIER et al., 2021; MARTINS et al., 2015). A banda de $1070,1\text{ cm}^{-1}$ pode ser atribuída à ligação C-OH dos grupos funcionais presentes nas estruturas de celulose e hemicelulose (AMORIM et al., 2016).

Os valores de $2918,9\text{ cm}^{-1}$ e $2843,5\text{ cm}^{-1}$ estão associados à estrutura da celulose e hemicelulose. De acordo com, Xavier et al. (2021) estudando o bagaço de cana-de-açúcar *in natura* e ativada com HCl e NaOH obtiveram valores semelhantes, os quais, os autores atribuíram às vibrações do grupo metileno e metila, presentes na celulose e hemicelulose.

Outra banda que merece ser destacada é a $1159,4\text{ cm}^{-1}$, pois pode ser atribuída às ligações C-N. Muniz et al. (2020) pesquisando o uso de cápsulas de café na adsorção de íons metálicos em soluções aquosas, encontrou valores semelhantes a essa banda, o qual associou ao estiramento de ligações C-N, presentes em traços de cafeína, teofilina, teobromina e outros; estruturas presentes na borra de café.

CONCLUSÃO

Com os resultados obtidos através do procedimento de pH em H₂O e em KCl foi possível observar que no material modificado com KOH houve um aumento significativo de grupos OH⁻ em sua superfície, aumentando dessa forma, seu valor de pH em relação à biomassa Borra de Café Lavada, mostrando que dentre os tipos de biossorventes estudados, por essa característica, especula-se que essa seja a biomassa com uma melhor capacidade de biossorção de Metais Potencialmente Tóxicos.

Com os resultados do PCZ foi possível concluir que a Borra de Café Lavada e nas suas modificações apresenta um valor de pH_{PCZ} igual para ambos os biossorventes, e, como o valor obtido foi menor que o pH_{H₂O}, isso, mostra que os materiais em estudo apresentam cargas negativas em suas superfícies adsorvendo, preferencialmente, cargas positivas. Daí segue que o conhecimento do ponto de carga zero (PCZ) do material biossorvente é de suma importância no estudo de biossorção uma vez que nos permite saber como se comporta o biossorvente de diante do pH do meio reacional, de forma que a investigação desse parâmetro pode otimizar o processo de biossorção. Os dois métodos utilizados neste trabalho na determinação do pH do ponto de carga zero confirmam cargas negativas na superfície das biomassas.

Com o FITR foi possível identificar os grupos funcionais presentes nas superfícies das biomassas BCL e BCLM, e, dessa forma entender o processo de biossorção de espécies metálicas devido à presença desses grupos nas suas superfícies e com isso afirmar que a borra de café pode ser utilizada como biossorvente haja vista que os fenômenos de biossorção ocorre devido a à presença de grupos funcionais constituintes no material biossorvente.

Diante disso, faz-se necessário a realização dos experimentos com o ensaio de biossorção para avaliar a capacidade de remoção de Metais Potencialmente Tóxicos pela Borra de Café Lavada, modificada com H₃PO₄ e com KOH em efluentes laboratoriais.

REFERÊNCIAS

AMORIM, D. J.; REZENDE, H. C.; OLIVEIRA, E. L.; ALMEIDA, I. L. S.; COELHO, N. M. M.; MATOS, T. N.; ARAÚJO, C. S. T.. Characterization of Pequi (Caryocar brasiliense) shells and evaluation of their potential for the adsorption of Pb II ions in aqueous systems. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, São Paulo, v.27, p.616-623, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5935/0103-5053.20150304>

FEIZI, M.; JALALI, M.. Removal of heavy metals from aqueous solutions using sunflower, potato, canola and walnut shell residues. **Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers**, v.54, p.125-136, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2015.03.027>

JERONIMO, G. J.; LIMA, G. M.; LIMA, A. F.; LUZ, A. M.; FERREIRA, D. C.. Remoção de cromo por biossólido: tratamento de efluente de curtume. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v.8, n.1, p.730-752, 2019. DOI: <https://doi.org/10.19177/rgsa.v8e12019730-752>

LEITE, T. M.; SANTOS, M. V.. Tratamento de resíduos de cromo gerados nas aulas de química analítica. **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, n.2, p.34-

47, 2019. DOI: <https://doi.org/10.14295/remea.v0i2.8876>

LERMEN, A. M.; FRONZA, C. S.; DIEL, J. C.; SCHEIN, D.; CLERICI, J. N.; GUIMARÃES, R. E.; BOLIGON, D. S.. A utilização de resíduos agroindustriais para adsorção do corante azul de metileno: uma breve revisão. **Brazilian Applied Science Review**, v.5, n.1, p.273-288, 2021. DOI: <https://doi.org/0.34115/basrv5n1-017>

LIMA, L. R.; COSTA, O. F.; ALVES, B. S. F.; DANTAS, K. G. F.; LEMOS, V. P.; PINHEIRO, M. H. T.. Remoção de Cu (II), Zn (II) e Ni (II) utilizando resíduo de açaí (*Euterpe oleracea Mart.*) como biossorvente em solução aquosa. **Revista Virtual de Química**, v.12, n.15, p.1066-1078, 2020. DOI: <https://doi.org/10.21577/1984-6835.20200086>

MARTINS, W. A.; OLIVEIRA, A. M. B. M.; MORAIS, C. E. P. CELHO, L. F. O.; MEDEIROS, J. F.. Reaproveitamento de resíduos agroindustriais de casca banana para tratamento de efluentes. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.10, n.1, p.15, 2015. DOI: <https://doi.org/10.18378/rvads.v10i1.3361>

MEKARU, T.; UEHARA, G.. Anion adsorption in ferruginous tropical soils. **Soil Science Society America Proceedings**, v.36, p. 296-300, 1972.

MUNIZ, J. S.; SIQUEIRA, A. G.; OLIVEIRA, J. A. N.; FERREIRA, M. M.; ALVES, V. N.. Uso do resíduo orgânico de cápsulas de café na adsorção de íons Cu (II), Co (II), Ni (II) e Cd (II) em sistemas aquosos. **Revista Virtual de Química**, v.12, n.6, p.1389-1397, 2020. DOI: <https://doi.org/10.21577/1984-6835.20200111>

NASCIMENTO, J. M.; OLIVEIRA, J. D.. Biossorção de metais potencialmente tóxicos (Cd²⁺, Pb²⁺ e Cr³⁺) em biomassa seca de *Pycnoporus sanguineus*. **Eclética Química**, v.39, p.151-163, 2014. DOI: <https://doi.org/10.26850/1678-4618eqj.v39.1.2014.p151-163>

NASCIMENTO, J. M.; OLIVEIRA, J. D.. Caracterização das biomassas serragem de madeira teca (*Tectona granis*), casca de pequi (*Caryocar brasiliense Camb*) e orelha de pau (*Pycnoporus sanguineus*) pelo efeito do ponto de carga zero. **Revista de Química Industrial**, n.742, p.24-28, 2014.

NASCIMENTO, J.; SANTOS, J.; OLIVEIRA, J.. Uso da serragem de madeira de Teca (*Tectona grandis*) modificada com ácido cítrico na biossorção de íons Cd (II) e Pb (II). **Ambiência-Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**, v.12, n.4, p.955-968, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5935/ambiencia.2016.04.13>

NASCIMENTO, K. R.; VIEIRA, F. F.; ALMEIRA, M. M.; BURITI, J. S.; BARROS, J. A.; OLIVEIRA, R. J.. Aproveitamento da casca de laranja Pera como adsorvente no tratamento de efluentes têxteis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiente**, v.23, n.9, p.716-722, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n9p716-722>

NUVOLARI, A.. **Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2003.

OLIVEIRA, F. M.; COELHO, L. M.; MELO, E. I.. Avaliação de processo adsorptivo utilizando mesocarpo de coco verde para remoção do corante azul de metileno. **Matéria**, v.23, n.4, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1517-707620180004.0557>

PANIAGUA, C. E. S.; COSTA, B. E. S.; ALVES, V. N.; COELHO, N.M.M. Avaliação da farinha da casca de banana in natura e modificada com Tiosemicarbazida na adsorção de As (III) em diferentes matrizes aquosas. **Revista Virtual de Química**, Niterói, v.13, n.2, p.551-567, 2021. DOI: <https://doi.org/10.21577/1984-6835.20210008>

PENHA, R. S.; SANTOS, C. C.; CARDOSO, J. J. F.; SILVA, H. A. S.; SANTANA, S. A. A.; BEZERRA, C. W. B.. Casca de arroz quimicamente tratada como adsorvente de baixo custo para a remoção de íons metálicos (Co²⁺ e Ni²⁺). **Revista Virtual de Química**, v.8, n.3, p.588-604, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5935/1984-6835.20160045>

PRADO, R. M. A.. A calagem e as propriedades físicas de solos tropicais: revisão de literatura. **Revista de Biociência**, n. 9, v.3, p. 7-16, 2003.

QUITINO, M. S.. **Utilização de resíduo de café para remoção adsorptiva de corantes em solução aquosa**. Monografia

(Graduação em Química Tecnologia e Industrial) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2021.

RAIJ, B. V.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: **Instituto Agrônomo**, p.285, 2001.

RAMOS, B. P.; MENEZES, G. O.; BOINA, R. F.; PAINO, M. S.. Casca de maracujá como adsorvente de íons metálicos em efluente de galvanoplastia. **Brazilian Journal of Development**, v.5, n.6, p.6076-6091, 2019. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv5n6-119>

RAMOS, R.; ALVARENGA, L. H. C.; PAULA, S. M.; CARBONARI, A. W.; SILVA, M.. Produção de adsorventes a base de borra de café industrializado e folhas de *Corymbia citriodora* (Eucalipto Limão). **Revista Dissertar**, v.1, n.28/29, p.19-24, 2018. DOI: <https://doi.org/10.24119/16760867ed1142>

REGALBUTO, J. R.; ROBLES, J.. **The engineering of Pt/Carbon Catalyst Preparation**. Chicago: University of Illinois, 2004.

SCHIEWER, S.; BALARIA, A.. Biossorção de Pb²⁺ por cascas cítricas originárias e protonadas: equilíbrio cinético e mecanismo. **Chemical Engineering Journal**, v.146, p.211-219, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2008.05.034>

SILVA, L. L.; CAPELEZZO, A. P.; BESEGATTO, S. V.; CONTO, F.; FERNANDES, S. C.; COSTELLI, M. C.; SAVIO, J.; COLPANI, G. L.. Utilização dos resíduos da extração do óleo bruto do café na produção de material adsorvente. **Revista Acta Ambiental Catarinense**, v.13, n.1, p.17-30, 2016. DOI: <https://doi.org/10.24021/raac.v13i1.3378>

SOUSA, F. W.; MOREIRA, S. A.; OLIVEIRA, A. G.; CAVALCANTE, R. M.; NASCIMENTO, R. F.; ROSA, M. F.. Uso da casca de coco verde como adsorvente na remoção de metais potencialmente tóxicos. **Quim. Nova**, v.30, n.5, p.1153-1157, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000500019>

SOUSA, H. S.; OLIVEIRA, J. D.. Caracterização das biomassas casca do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) e do caroço do fruto do açazeiro (*Euterpe oleracea*) para fins de remoção de metais potencialmente tóxicos em efluentes de Laboratório de Química. **Journal of Interdisciplinary Debates**, v.2, n.3, p.109-127, 2021. DOI: <https://doi.org/10.51249/jid02.03.2021.447>

SOUZA, E. F. F. S.; SOUZA, E. F. S.; SILVA, L. D. B.; RESENDE C. G. F.; NASCENTES, A. L.. Avaliação da capacidade adsorptiva do sabugo de milho triturado. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v.2, n.4, p.1174-1190, 2019.

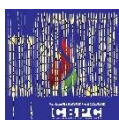
TRO, N. J.. **Química uma abordagem molecular**. 3 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

UEHARA, G.. Mineralo-chemical properties of oxisols. In: **International Soil Classification Workshop**. Bangkok: Soil Survey Division, p.45-60, 1978.

XAVIER, C. S. F.; VIEIRA, F. F.; ALVES, M. P.; SOUSA, J, T..
Utilização do saco de cana-de-açúcar na adsorção de corantes têxteis em soluções aquosas. **Research, Society and Development**, v.10, n.7, p.e59110716974-e59110716974, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i7.16974>.

Os autores detêm os direitos autorais de sua obra publicada. A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detêm os direitos materiais dos trabalhos publicados (obras, artigos etc.). Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas ou digitais sob coordenação da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.

Todas as obras (artigos) publicadas serão tokenizadas, ou seja, terão um NFT equivalente armazenado e comercializado livremente na rede OpenSea (https://opensea.io/HUB_CBPC), onde a CBPC irá operacionalizar a transferência dos direitos materiais das publicações para os próprios autores ou quaisquer interessados em adquiri-los e fazer o uso que lhe for de interesse.



Os direitos comerciais deste artigo podem ser adquiridos pelos autores ou quaisquer interessados através da aquisição, para posterior comercialização ou guarda, do NFT (Non-Fungible Token) equivalente através do seguinte link na OpenSea (Ethereum).

The commercial rights of this article can be acquired by the authors or any interested parties through the acquisition, for later commercialization or storage, of the equivalent NFT (Non-Fungible Token) through the following link on OpenSea (Ethereum).



<https://opensea.io/assets/ethereum/0x495f947276749ce646f68ac8c248420045cb7b5e/44951876800440915849902480545070078646674086961356520679561157971529080766465/>