

Remoção de metais da água utilizando cascas de bananas frescas

Removal of metals from water using fresh banana peels

DOI:10.34117/bjdv7n4-239

Recebimento dos originais: 09/03/2021

Aceitação para publicação: 09/04/2021

Bruna Eduarda Bueno Martins

Graduanda em Licenciatura em Química no Instituto Federal Farroupilha (IFFar)

Instituição: Instituto Federal Farroupilha (IFFar)

Endereço: Rua Erechim, nº860, Bairro Planalto, Panambi - RS

E-mail: brueduardabueno@gmail.com

Camila Welzel Moura

Graduanda em Direito na Universidade Regional do Noroeste do Estado Do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ)

Instituição: Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ)

Endereço: Rua do Comércio, 3000, Bairro Universitário - Ijuí/RS

E-mail: camilawelzelmoura@gmail.com

Lucilene Lösch de Oliveira

Doutora em Química/Catálise Molecular pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Instituição: Instituto Federal Farroupilha (IFFar)

Endereço: Rua Erechim, nº 860, Bairro Planalto, Panambi – RS

E-mail: lucilene.oliveira@iffarroupilha.edu.br

Natieli Michels de Melo

Técnica em Química pelo Instituto Federal Farroupilha (IFFar)

Instituição: Instituto Federal Farroupilha (IFFar)

Endereço: Rua Erechim, nº 860, Bairro Planalto, Panambi – RS

E-mail: natielimichels@gmail.com

Pricila Knebelkamp

Graduanda em Engenharia Química na Universidade Regional do Noroeste do Estado Do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ)

Instituição: Universidade Regional do Noroeste do Estado Do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ)

Endereço: Rua do Comércio, 3000, Bairro Universitário, Ijuí - RS

E-mail: pricilak3@gmail.com

Samile Martel Rhoden

Doutora em Química Analítica pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)

Instituição: Instituto Federal Farroupilha (IFFar)

Endereço: Rua Erechim, nº 860, Bairro Planalto, Panambi – RS

E-mail: samile.martel@iffarroupilha.edu.br

Sara Basso de Moura

Graduanda em Engenharia Civil no Instituto Federal de Mato Grosso do Sul (IFMS)
Instituição: Instituto Federal de Mato Grosso do Sul (IFMS)
Endereço: R. José Tadão Arima, 222 - Vila Ycarai, Aquidauana/MS
E-mail: sarabasso1216@gmail.com

RESUMO

As águas residuais resultantes de diversas atividades, processamento de metais e indústrias farmacêuticas, apresentam elevadas concentrações de metais pesados. O presente estudo teve como objetivo desenvolver e aplicar um bioissorvente simples e de baixo custo a partir da utilização de cascas de bananas frescas como agente removedor de metais pesados. Foram obtidos resultados promissores, tanto qualitativos, pela mudança da coloração, como quantitativos, através de titulações. Na retirada de chumbo, em testes com iodeto, por exemplo, a coloração inicial da água contaminada, amarela vibrante, passou a incolor após o tratamento com as cascas, e constatou-se, através de titulação, a retirada de 53,18% do metal. Estes resultados demonstram que o método analisado apresentou eficácia para o tratamento da água contaminada, podendo ser aprimorado a maiores escalas, foi comprovada a eficiência do método, com importantes resultados, porém limitados a pequenas escalas.

Palavras chaves: metal pesado, adsorção, casca de banana.

ABSTRACT

The wastewater resulting from various activities, metal processing and the pharmaceutical industry, has high concentrations of heavy metals. The present study aimed to develop and apply a simple and low-cost biosorbent from the use of fresh banana peels as a removing agent for heavy metals. Promising results were obtained, both qualitative, by changing the color, and quantitative, through titrations. In the removal of lead, in tests with iodide, for example, the initial color of the contaminated water, vibrant yellow, became colorless after the treatment with the peels, and it was verified, through titration, the removal of 53.18% of the metal. These results demonstrate that the analyzed method showed efficacy for the treatment of contaminated water, which can be improved at larger scales, the efficiency of the method was proven, with important results, but limited to small scales.

Key words: heavy metal, adsorption, banana peel.

1 INTRODUÇÃO

A poluição da água por metais pesados, provenientes principalmente de efluentes, em geral industriais, é um fato preocupante, pois em níveis excessivos eles podem ser extremamente tóxicos, podendo causar graves doenças em nosso organismo. Existem vários estudos importantes sobre as principais origens de contaminação, comportamento e cinética em nosso organismo, fatores químicos e físicos que afetam a contaminação e ainda pesquisas quantitativas de cobre e chumbo em diferentes amostras (MOREIRA, 2004; HENRIQUE, 2014; CAPITANI, 2009; GRIGOLETTO, 2012).

Em 2019, Ramos e colaboradores, avaliaram a capacidade da casca do maracujá amarelo em atuar como material adsorvente dos íons de cobre, zinco, chumbo, níquel e cromo em efluente de galvanoplastia, bem como a capacidade de dessorção do mesmo empregando ácido nítrico, ácido clorídrico e bicarbonato de sódio como eluentes. O tratamento durou em torno de 60 minutos, quantidade mássica apropriada de 1,0 g e pH 8. Para a dessorção, os eluentes ácidos foram mais apropriados na maioria dos casos, com exceção do íon chumbo. a concentração metálica do efluente de galvanoplastia antes do tratamento foi de: 13,38ppm de cobre, 2,80ppm de zinco, 0,66ppm de chumbo, 860,73ppm de níquel e 911,60ppm de cromo. Em geral, os autores notaram elevada adsorção da casca de maracujá para os metais do efluente removendo: 93,92% das cargas de cobre; 98,86% das de chumbo; 80,91% das de zinco, 72,42% das de níquel e 58,65% das de cromo (RAMOS, 2019).

Além de resíduos da galvanoplastia, existem outros, como resíduos da drenagem ácida de mina, que causam contaminação em recursos hídricos. Pensando nisso, Souza e colaboradores, caracterizam e avaliaram o potencial do uso da casca de laranja como biossorvente de baixo custo para remoção de Al^{3+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} e Zn^{2+} em solução aquosa. Os autores analisaram a capacidade adsorviva em função das modificações químicas e térmicas às quais a biomassa foi submetida, constatadas por suas alterações estruturais e funcionais através de técnicas BET, TG e FTIR e os resultados foram comparados à casca seca in natura. As capacidades máximas de adsorção para Al^{3+} , Fe^{2+} e Zn^{2+} foram de 118 mg/g, 689 mg/g, 16,4 mg/g, respectivamente, para a casca liofilizada. As cascas pirolisadas obtiveram os melhores resultados na remoção de Mn^{2+} , no valor de 14,8 mg/g a 450 °C. Para modificações com HCl e NaOH, a quantidade de íons removidos pelo biossorvente foi inferior à da casca in natura. Os autores consideram a casca de laranja um resíduo agroindustrial promissor na remoção de íons metálicos (SOUZA, 2019).

Também utilizando cascas de laranja, Farias e colaboradores, desenvolveram e aplicaram dois adsorventes a partir da secagem da casca da laranja e ativação com ácido clorídrico 0,1 M e avaliaram seu potencial na remoção do íon Cobre (Cu^{2+}) presente em solução aquosa. Os autores observaram que a quantidade adsorvida dos íons Cobre (II) para o adsorvente seco variou entre 0,2 e 2,11 mg. g^{-1} , enquanto para o adsorvente modificado com HCl esses valores variaram de 0,98 a 4,21 mg. g^{-1} . Os autores concluíram que os resultados obtidos com os planejamentos evidenciam que as variáveis massa de adsorvente, concentração da solução e pH são fatores de grande influência para o processo de adsorção do cobre. O estudo demonstrou que o adsorvente oriundo da casca de laranja

pode ser utilizado para a remoção de Cu^{2+} presente em soluções aquosas, apresentando boa eficiência de remoção mesmo em pequenas quantidades. A modificação química elevou a capacidade adsorvente do adsorvente (FARIAS, 2020).

A casca de jurema preta também foi utilizada como bioadsorvente em estudos realizados por Cabral e colaboradores. Os efeitos de massa do bioadsorvente, concentração do efluente, pH, tempo de contato e ativação da casca (HCl $0,1 \text{ mol L}^{-1}$) foram investigados por planejamento fatorial completo 2^5 . As melhores condições encontradas pelos autores foram $0,2 \text{ g}$; 40 mg L^{-1} ; pH 8 e a casca ativada ácida e o tempo não foram significativos. A ativação ácida foi a variável que mais influenciou na bioadsorção e os estudos subsequentes de cinética e equilíbrio foram realizados também com a casca ativada básica (NaOH $0,1 \text{ mol L}^{-1}$). A modificação química na casca de *Mimosa tenuiflora* foi observada nas análises de PCZ e MEV e os grupos funcionais – OH, –COOH, –COO⁻, –CO foram identificados no FTIR. O modelo cinético pseudo-segunda ordem se ajustou melhor aos dados experimentais. A isoterma de Langmuir foi o que melhor se ajustou, com capacidade máxima de adsorção experimental $8,87$; $16,93 \text{ mg g}^{-1}$ de Cu^{2+} para casca ácida e básica respectivamente. Segundo os autores, os resultados mostraram um relevante potencial do bioadsorvente proveniente da casca da *Mimosa tenuiflora*, que nunca havia sido investigada para esta finalidade (CABRAL, 2020).

Vários adsorventes de baixo custo derivados de resíduos agrícolas, industriais, subprodutos ou materiais naturais têm sido investigados, a fim de se obter substitutos baratos e eficientes na remoção de contaminantes, como alternativas ao carvão (MARSHALL & WARTELE, 2005). A quitina e a quitosana se mostram possíveis materiais de baixo custo que podem ser empregados para este fim. Vilaça e colaboradores, desenvolveram bioadsorventes derivados de quitosana com caráter de Zwitterion, capaz de quelar cátions e ânions concomitantemente. Para tal, foi realizada uma rota sintética para a obtenção dos derivados com caráter de Zwitterion a partir da modificação das funções aminas primárias, da quitosana Q, com iodeto de metila visando a quaternização destas aminas e produzindo QM1. Em seguida, QM1 foi tratada com anidrido succínico, produzindo QM2. Posteriormente, experimentos para avaliação da capacidade de adsorção de QM1 foram realizados pelos autores para cátions metálicos $\text{Pb}^{2+}(\text{aq})$ e para oxiânion $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{aq})$. Os resultados indicaram que a quitosana modificada é um excelente adsorvente para a remoção das espécies estudadas em solução aquosa (VILAÇA, 2020).

Ainda na tentativa de remover Pb^{2+} em efluentes de laboratórios, Lima e

colaboradores determinaram curvas cinéticas e de equilíbrio de adsorção para Pb^{2+} em pH 5, usando como adsorvente casca de tangerina, casca de amendoim, casca de abacaxi e bagaço de cana de açúcar. A matéria prima foi utilizada, pelos autores, na forma natural, sem tratamento químico prévio, sendo coletada, lavada, seca em estufa, triturada e classificada granulometricamente, obtendo um bioadsorvente com tamanho médio de 0,80 mm. Como adsorbato, os autores utilizaram soluções preparadas com nitrato de chumbo (II) em concentrações adequadas ao estudo. De modo geral, as biomassas avaliadas apresentaram satisfatória capacidade de remoção do chumbo (II), acima de 90% para os adsorventes de casca de tangerina e casca de amendoim, cerca de 60% para a biomassa de bagaço de cana de açúcar e aproximadamente 50% para a casca de abacaxi. Os ajustes para os modelos matemáticos da cinética e equilíbrio de adsorção, embora não totalmente satisfatórios em decorrência das heterogeneidades de poro dos materiais naturais, apontaram para capacidades máximas de adsorção (q_e) na ordem de 20 mg/g, valores razoavelmente interessantes, considerando o baixo custo do bioadsorvente. Dos resultados obtidos os autores concluíram que as biomassas estudadas são uma alternativa viável para compor a matriz adsorvente em processos de remoção de contaminantes, a exemplo do metal pesado Pb^{2+} , em efluentes líquidos (LIMA, 2020).

A Organização Mundial da Saúde sugere $10 \mu\text{g L}^{-1}$ como limite tolerável de chumbo em água, sendo este valor também adotado pela Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde (GRIGOLETTO, 2012). No caso do cobre, o limite tolerável pela portaria é de $2,0 \text{ mg L}^{-1}$. As fontes principais de contaminação por cobre estão centradas nos processos industriais e atividades agrícolas e a mais conhecida enfermidade decorrente do acúmulo de cobre nos tecidos é a doença de Wilson. O cobre também está associado a doenças neurodegenerativas, como a esclerose e as doenças de Menkes e de Alzheimer (GRIGOLETTO, 2012).

O processo de redução do teor de alguns metais da água é razoavelmente simples, porém possui um alto custo para a sua realização. Com isto, o objetivo do presente trabalho se baseia em trazer um novo método para a retirada de metais pesados da água, de forma mais simples e barata, utilizando resíduos de frutas. Neste caso, utilizamos a biomassa da casca da banana, por apresentar substâncias químicas como vitaminas, glicose e sacarose, que podem atuar como ligantes dos íons metálicos de efluentes líquidos (BUSKE, 2012). Este é um processo relativamente rápido e de fácil desenvolvimento, que poderia ser utilizado para o tratamento de efluentes industriais, por exemplo, que são, muitas vezes, liberados ao meio ambiente de maneira inadequada.

A casca de banana atua como um adsorvente, onde moléculas aderem-se a uma superfície sólida devido a cargas eletrostáticas, devido a isso, possui capacidades adsorptivas tanto por metais como por compostos orgânicos. Em sua casca existem moléculas carregadas negativamente, como por exemplo, os grupos carbonila e hidroxila, enquanto os metais pesados são carregados positivamente. Sendo assim, quando colocada na água, a casca da banana atrai os metais para si. O uso da casca de banana como adsorvente reduz o impacto ambiental de duas formas, isto é, a biomassa residual que muitas vezes se torna um poluente pelo acúmulo, é retirada do local onde é gerada ou depositada e os efluentes contaminados podem ser tratados com esta biomassa (BONIOLO, 2008). As estimativas apontam que no Brasil, há um desperdício de cerca de 20 a 40% das bananas produzidas (BONIOLO, 2008).

Como forma de complementação, vale salientar que tanto a biomassa quanto os poluentes metálicos adsorvidos pela casca da banana podem ser recuperados através de processos de dessorção com a adição de soluções ácidas (BONIOLO, 2008).

Além disso, a adsorção é um processo de separação que vem se destacando por ser um método eficaz e econômico no tratamento de efluentes. Existem dois tipos de materiais adsorventes no processo de adsorção, o carvão ativado, o mais utilizado comercialmente, e os materiais adsorventes alternativos, que vem sendo estudados (SILVA, 2014), como o proposto por esta pesquisa.

2 METODOLOGIA

O método testado foi baseado em pesquisas realizadas por BONIOLO (2008), o qual estudou o uso das cascas de banana como biossorvente de baixo custo para a remoção de íons de urânio provenientes de soluções nítricas. Neste estudo, as cascas de banana foram cortadas em pequenos pedaços e secas na temperatura ambiente sob ação do sol. Após a secagem, foi utilizado um processador de alimentos para a moagem do material, até obtenção de um pó fino. Diferente dos testes realizados por este autor, no qual foram utilizadas as cascas de banana secas, os testes para a atual pesquisa consistiram na utilização das cascas de bananas frescas cortadas em pedaços pequenos. Os testes realizados, tiveram como objetivo a remoção dos metais chumbo e cobre, as cascas de banana foram mantidas em contato com estas soluções durante 1 hora, sem nenhum tipo de agitação.

Os testes foram realizados utilizando 40 g de cascas de bananas frescas cortadas em pedaços pequenos e adicionadas em um béquer contendo 200 mL de água e 10 gotas

de solução de nitrato de chumbo 0,5 M e outro béquer também contendo 200 mL de água, mas nesse caso, com 10 gotas de solução de nitrato de cobre 0,5 M, simulando uma água contaminada com estes metais. Estas soluções contendo as cascas de banana ficaram em repouso por 1 hora, para que pudesse ocorrer o processo de adsorção dos metais pesados pela casca da banana, conforme demonstrado na Figura 1.

Figura 1 – Cascas de bananas mergulhadas em solução contendo metal pesado.



Fonte: Autores (2021).

Para testar sua eficiência na retirada de chumbo, utilizou-se 10 gotas da solução de nitrato de chumbo 0,5 M (antes de passar pelo tratamento com as cascas) e adicionou-se 5 gotas de iodeto de potássio 0,5 M. Estes reagem formando precipitado de coloração amarela, indicando a formação de iodeto de chumbo (PbI_2).

Para averiguar a eficiência na extração de chumbo (II) utilizando as cascas de banana frescas, a mesma solução de nitrato de chumbo ficou em contato com as mesmas e, em seguida, realizou-se novamente o procedimento com iodeto de potássio, a fim de verificar se ocorreria a formação de precipitado. Ocorrendo essa formação, conclui-se que ainda há presença significativa de chumbo, por outro lado, se o precipitado amarelo não se formar pode-se concluir que a ação das cascas foi eficiente na retirada do metal.

Além de testes com chumbo, foram realizados testes para verificar a eficiência das cascas de bananas na retirada de cobre. Neste caso, utilizou-se 10 gotas da solução de nitrato de cobre 0,5 M e 5 gotas de hidróxido de sódio 6 M. Estes reagem formando precipitado de coloração azul, devido a formação de hidróxido de cobre.

Após colocar as cascas de banana em contato com a solução de nitrato de cobre, realizou-se novamente o procedimento com hidróxido de sódio, para verificar se ocorreria a formação de precipitado. Ocorrendo essa formação, ainda há quantidade significativa

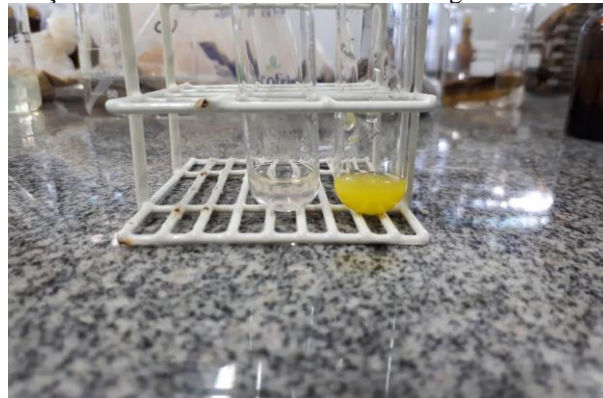
de cobre. Contudo, se o precipitado azul não se formar pode-se concluir que a ação das cascas foi eficiente na retirada do metal.

Para a obtenção de resultados quantitativos da remoção de chumbo foi realizada titulação utilizando como titulante uma solução de EDTA 0,01 M e 25 mL da solução de nitrato de chumbo. A titulação foi realizada em triplicata antes do processo de adsorção pelas cascas de banana, e após o processo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos testes realizados para redução da quantidade de chumbo (II) utilizando cascas de banana frescas, os resultados foram satisfatórios, tanto em testes qualitativos quanto quantitativos. Após a solução ficar em contato com as cascas, e realizar o teste com iodeto de potássio, não ocorreu mais a formação do precipitado amarelo de iodeto de chumbo, indicando que não havia mais quantidade significativa de chumbo em solução. É possível ver essa mudança de coloração na Figura 2.

Figura 2. Demonstração visual da retirada de chumbo da água utilizando cascas de banana.



Fonte: Autores (2021).

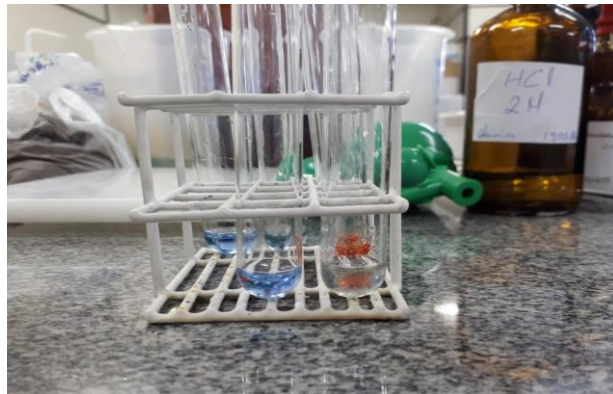
Na sequência, para confirmar este resultado, realizou-se a análise quantitativa de chumbo por meio de titulação. Na solução inicial (sem contato com a casca de banana), o teor de chumbo na solução foi de 0,086 g/100 mL (com margem de erro de 4,3%). Após o tratamento com as cascas da banana, o teor de chumbo encontrado reduziu para 0,040 g/100 mL. Observa-se através destes resultados que houve uma redução de mais de 53% da quantidade de chumbo após o processo de adsorção.

O resultado quantitativo observado aproxima-se do resultado obtido por BONIOLO (2008) na remoção de íons de urânio provenientes de soluções nítricas, no qual a redução do metal após o processo de biossorção foi de 60%, destacando que no

estudo deste autor foram utilizadas cascas de bananas em pó, onde o processo é mais trabalhoso.

Do mesmo modo, obtivemos importantes resultados visuais da retirada de cobre da solução. Após deixarmos as cascas em repouso por 1 hora na solução e realizarmos novamente o procedimento com hidróxido de sódio, a solução permaneceu incolor, indicando que não houve a formação do precipitado de hidróxido de cobre e, portanto, não havia mais quantidade significativa de cobre, como pode ser visto na Figura 3.

Figura 3. Demonstração visual da retirada de cobre da água utilizando cascas de banana.



Fonte: Autores (2021).

Os resultados obtidos comprovam que a biossorção utilizando cascas de bananas frescas tem grande vantagem no tratamento de efluentes já que o material demonstrou boa capacidade adsorptiva para os metais estudados (Pb^{+2} e Cu^{+2}). Além disso, este material biossorvente apresenta baixo custo, uma vez que a matéria prima vem de descartes urbanos ou industriais, tratando-se de materiais que normalmente são descartados sem nenhum tipo de reaproveitamento. Importante destacar que o tamanho do poro da casca de banana fresca pode influenciar na capacidade de adsorção de metais pesados e que o material investigado nesse trabalho, mostrou-se eficiente e promissor para investigações futuras.

4 CONCLUSÃO

O processo de redução do teor de alguns metais da água é razoavelmente simples, porém possui um alto custo para a sua realização. Neste caso, visando redução de custos e visualização de técnicas alternativas, neste trabalho utilizamos a biomassa da casca da banana, que atua como um adsorvente, onde moléculas aderem-se a uma superfície sólida devido a cargas eletrostáticas e, isso, possui capacidades adsorptivas tanto por metais como

por compostos orgânicos. O uso da casca de banana como adsorvente reduz o impacto ambiental de duas formas, ou seja, a biomassa residual, que muitas vezes se torna um poluente pelo acúmulo, é retirada do local onde é gerada ou depositada e os efluentes contaminados podem ser tratados com esta biomassa (BONIOLO, 2008).

Nesse sentido, o presente trabalho demonstrou que a remoção de metais da água pode ser realizada através de método simples, barato e de forma sustentável. Os resultados demonstraram uma efetiva eficiência da casca de banana na redução do teor de chumbo e cobre da água. Por mais que os experimentos tenham sido realizados em escala laboratorial, futuramente, os mesmos podem ser aplicados em escala industrial, como por exemplo, no tratamento de efluentes de indústrias, que geram resíduos com altas concentrações de metais pesados, sendo estes muitas vezes liberados diretamente no meio ambiente sem tratamento adequado.

REFERÊNCIAS

BONIOLO, M. R. **Biossorção de Urânio nas Cascas de Banana**. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85134/tde-19082009-155206/publico/MilenaRodriguesBonioIo.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2021.

BUSKE, J. L.; JOÃO, J. J. **Biomassa residual: Utilização da casca da banana como adsorvente de metais pesados em efluentes líquidos industriais**. In: JORNADA UNISUL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 2012, Tubarão. **Anais eletrônicos**. Santa Catarina, 2012. Disponível em: http://www.rexlab.unisul.br/junic/2012/arquivo_sistema/resumo_expandido_2012_21_08_17__5033ffe331925.pdf. Acesso em: 03 mar. 2021

CABRAL, A. A.; ARAÚJO, H. W. C.; ALMEIDA, M. M. **Biossorção de íons cobre utilizando a casca de *Mimosa tenuiflora***. Braz. J. of Develop., Curitiba, v. 6, n. 10, p. 77963-77982, out. 2020.

CAPITANI, E. M.; PAOLIELLO, M. M. B.; ALMEIDA, G. R. C. **Fontes de exposição humana ao chumbo no Brasil**. Medicina (Ribeirão Preto), [S. l.], v. 42, n. 3, p. 311-318, 2009. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rmrp/article/view/226>. Acesso em: 17 mar. 2021.

FARIAS, C. K. L.; NASCIMENTO, K. K. R.; VIEIRA, F. F.; ALMEIDA, M. M. **Adsorção de cobre presente em solução aquosa por adsorvente de casca de laranja seco e modificado com HCL**. Braz. J. of Develop., Curitiba, v. 6, n.12, p. 102344-102355 dez. 2020

GRIGOLETTO, T. L. B.; FUZARI B. H. C.; ANDRADE, A. R.; CAMPOS, M. L. A. M.; GERLACH, R. F.; SANTOS, J. E. T. **Fatores químicos e físicos que afetam a contaminação por chumbo e cobre em água potável: uma abordagem para o estudo de caso em química analítica**. Química Nova, Ribeirão Preto, v. 35, n. 10, p. 1995-2001, set. 2012.

HENRIQUE, R.; GUIMARÃES, R. B.; FONSECA, E. S. **Contaminação ambiental por chumbo em Caçapava-SP**. Caminhos da Geografia, Uberlândia, v. 15, n. 50, p. 37-49, jun. 2014. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/23289>. Acesso em: 17 mar. 2021.

LIMA, V. E.; GOUVEIA, A. G. M.; SILVA, M. L. C.; SOUSA, A. A. P.; PIMENTEL, E. L.; RODRIGUES, D. P.; **Avaliação do uso de materiais residuais como adsorventes para remoção de Pb²⁺ em efluentes de laboratórios**. Braz. J. of Develop., Curitiba, v. 6, n.12, p.97249-97626, dez. 2020.

MARSHALL, W. E.; WARTELLE, L. H. **Chromate ion adsorption by agricultural byproducts modified with dimethyloldihydroxyethylene urea and choline chloride**. Water Research; V. 39; p. 2869–2876, 2005.

MOREIRA, F. R.; MOREIRA, J. C. **A cinética do chumbo no organismo humano e sua importância para a saúde.** Ciênc. saúde coletiva, Rio de Janeiro, v. 9, n. 1, p. 167-181, 2004. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232004000100017&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 17 mar. 2021.

RAMOS, B. P.; MENEZES, G. O.; BOINA, R. F.; PAIANO, M. S. **Casca de maracujá como adsorvente de íons metálicos em efluente de galvanoplastia.** Braz. J. of Develop., Curitiba, v. 5, n. 6, p. 6076-6091, jun. 2019.

SILVA, N. C. R. **Utilização da casca de banana como bioissorvente para a adsorção de chumbo (II) em solução aquosa.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão - PR, 2014. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/5168/1/CM_COEAM_2014_1_18.pdf. Acesso em: 03 mar. 2021

SOUZA, A.; CECHINEL, M. A. P.; PETERSON, M. **Avaliação do potencial sortivo da casca de laranja quimicamente e termicamente modificada na remoção de metais em solução aquosa.** Braz. J. of Develop., Curitiba, v. 5, n. 6, p. 7107-7128, jun. 2019.

VILAÇA, K. A.; RODRIGUES, R. R.; FERREIRA, B. C. S.; **Síntese de biosorventes com caráter zwitterion para utilização em soluções em ideais contaminadas por $Pb^{2+}(aq)$ e $Cr_2O_7^{2-}(aq)$.** Braz. J. of Develop., Curitiba, v. 6, n. 5, p.32219-32226, maio 2020.