

BIOADSORÇÃO DO CROMO HEXAVALENTE POR MEIO DA BIOMASSA DA SEMENTE DE FLAMBOYANT

HEXAVALENT CHROMIUM BIOADSORPTION THROUGH FLAMBOYANT SEED BIOMASS

Thaís Moreira Teixeira thamoreira@icloud.com
Centro Universitário Facens - Sorocaba, SP, Brasil

Caroline Cinto Landuci carol_cinto@hotmail.com
Centro Universitário Facens - Sorocaba, SP, Brasil

Rafaela Yumi Koga rafa_yumi99@hotmail.com
Centro Universitário Facens - Sorocaba, SP, Brasil

Flavia Betinas Gutierrez da Costa Ramos flaviabgdcr1202@gmail.com
Centro Universitário Facens - Sorocaba, SP, Brasil

João Guilherme P. Vicente joao.vicente@facens.br
Centro Universitário Facens - Sorocaba, SP, Brasil

Submetido em: 10 Ago. de 2021. Aceito em: 29 nov. 2021

RESUMO

A contaminação da água por metais pesados é um dos grandes problemas sociais da atualidade uma vez que esses metais causam inúmeros danos ao meio ambiente e à saúde humana. Tendo em vista o desenvolvimento de uma solução eficiente e sustentável para o tratamento destes resíduos, muitas vezes industriais, o presente trabalho tem como objetivo principal o estudo da eficiência de remoção do cromo VI por meio da biomassa da semente de Flamboyant, obtida após a trituração, secagem e tratamento ácido da semente. A pesquisa baseia-se no uso da biomassa como adsorvente, uma vez que, as sementes de Flamboyant são encontradas com maior disponibilidade no território brasileiro, não possuem custos elevados e são provenientes de uma fonte renovável. Os estudos de adsorção contendo cromo hexavalente e a biomassa apresentaram resultados satisfatórios, em torno de 85 % de remoção e, com isso, a biomassa de Flamboyant provou ser um potencial adsorvente.

Palavras-chave: Bioadsorção. Cromo Hexavalente. Flamboyant.

ABSTRACT

The contamination of water by heavy metals has been one of the major social problems since these metals cause numerous damages to the environment and human health. Because of the development of an efficient and sustainable solution for the treatment of this waste, often industrial, the main objective of this work is to study the removal efficiency of chromium VI through the biomass of Flamboyant seeds, obtained after crushing, drying, and an acid treatment of the seed. The research is based on the use of the biomass as an adsorbent, since the seeds of Flamboyant are found with greater availability in the Brazilian territory, do not have high costs, and are from a renewable source. The studies of adsorption containing hexavalent chromium and biomass showed satisfactory results, around 85% removal, thus, the biomass of Flamboyant proved to be a potential adsorbent.

Key words: Bioadsorption. Hexavalent chromium. Flamboyant.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente a poluição por metais pesados é um dos grandes problemas ambientais e, por esta razão, objetivando uma solução sustentável para o tratamento desses resíduos industriais e tomando o cromo hexavalente como foco, o presente

trabalho tem por objetivo o estudo da eficiência da remoção do elemento em pauta por meio da biomassa da semente de flamboyant.

A contaminação ambiental proveniente do descarte irregular de efluentes tem agravado a degradação ambiental e, entre os compostos descartados, os mais preocupantes são os metais pesados, uma vez que são nocivos ao meio ambiente e à saúde humana. Dentre os metais tóxicos, o cromo se destaca devido à sua ampla utilização em diversos processos industriais. Muitos sistemas no corpo humano são afetados pela intoxicação de metais pesados, podendo-se ressaltar o sistema nervoso central, cardiovascular, renal, hematopoiético e gastrointestinal.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 INDÚSTRIAS BRASILEIRAS

Segundo Cerri ([s.d]), as atividades relacionadas principalmente às indústrias metalúrgicas são as grandes responsáveis pela contaminação de extensas áreas do solo, ar e hidrosfera com metais pesados. Estes são nocivos ao meio ambiente e à saúde humana, por principalmente serem bioacumulativos (VALENTE, 2017).

Dessa forma, torna-se necessário o tratamento adequado antes do descarte dos resíduos contaminados (MAGRO et al., 2013).

2.2 METAIS PESADOS

Os metais pesados possuem esse nome devido à proximidade dos seus átomos que os tornam mais densos e, conseqüentemente, mais pesados. Por essa razão, qualquer metal com densidade superior a $4,0 \text{ g.cm}^{-3}$ pode ser considerado um metal pesado. (VALENTE, 2017).

2.3 CROMO

Por apresentar um alto grau de dureza e resistência à corrosão, o cromo é muito usado na produção de aços inoxidáveis e no endurecimento de ligas (COSTA; SILVA; ROCHA, 2016).

É um elemento químico que pertence ao grupo 6 da tabela periódica, caracterizado como um metal de transição, e possuindo número atômico igual a 24 e massa atômica de $51,996 \text{ g.mol}^{-1}$, com densidade de $7,140 \text{ g.cm}^{-3}$ (BELL, 2019).

O cromo hexavalente (Cr^{6+} [Cr(VI)]) é originado em processos industriais e, segundo Cheis (2013), sua forma hexavalente é tóxica, podendo causar reações irritantes e corrosivas no corpo humano, podendo até causar perfurações no septo nasal (RUPPENTHAL, 2013).

2.4 BIOADSORÇÃO

A bioadsorção é um processo no qual ocorre a neutralização das cargas contidas no efluente. Justifica-se a realização do processo por interações físico-químicas e atrações eletrostáticas, entre os íons e os grupos funcionais presentes na estrutura da biomassa, usualmente denominados sítios ativos, podendo este ser reversível (PINO, 2005).

A superfície na qual o material de interesse do sistema se adere, no caso deste trabalho a biomassa da semente de Flamboyant, é denominada *adsorvente*. Já o material de interesse que será retirado do sistema, nesse caso o cromo hexavalente, é denominado *adsorvato* ou *adsorbato* (NASCIMENTO et al., 2014).

Na literatura é possível encontrar diversos estudos que demonstram que a biomassa de origem vegetal apresenta eficiência na remoção de metais pesados de

meios aquosos. Segundo Wu et al. (2012), a fibra de coco apresenta eficiência superior a 60 % na remoção de cromo hexavalente, enquanto a palha de arroz apresenta remoção superior a 90 % (KIELING et al, 2009). Referente à árvore Flamboyant, foi encontrada nos estudos de Ramos et al. (2015) a utilização da vagem como biomassa do sistema, apresentando 97,3 % na retenção do contaminante em pH ácido.

No estudo de propriedades físico-químicas da goma carboximetilada do Flamboyant apresentado por Pacheco-aguirre et al. (2010), e no estudo de encapsulação do ácido L-ascórbico no biopolímero natural galactomanana apresentado por Souza et al. (2015), são identificados os grupos funcionais presentes no material biossorvente. De acordo com eles, o espectro na região do infravermelho da semente de Flamboyant apresenta um grande número de bandas, correspondentes a um polissacarídeo pertencente ao grupo das galactomananas, o qual possui como cadeia principal β -D-manopirranose bem como cadeias laterais de α -D-galactopirranose. Utilizando o método de identificação de difração de raios X, apresentado por Souza et al. (2015), identifica-se um pico alto próximo a 2θ pouco definido, indicando que a semente de Flamboyant não possui uma organização em sua estrutura.

Dessa forma, o presente trabalho tem por objetivo analisar a eficiência da semente da árvore de Flamboyant na remoção do cromo hexavalente de uma solução aquosa, complementando e aprofundando estudos anteriores encontrados na literatura.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 MÉTODOS

Os experimentos reproduzidos neste trabalho foram realizados utilizando-se as sementes obtidas nas vagens coletadas das árvores Flamboyant, situadas no campus do Centro Universitário Facens (FACENS). As sementes foram reduzidas a pó, sendo posteriormente colocadas em estufa à 60 °C em placas de Petri, durante 12 horas, tendo como intuito o de retirar toda a umidade presente na biomassa. Após a secagem, a biomassa obtida das sementes passou pela etapa de tratamento ácido, a fim de se aumentarem os sítios de adsorção. Dessa forma, obteve-se a biomassa devidamente tratada e pronta para a realização do experimento,

3.2 REAGENTES E EQUIPAMENTOS

Com a finalidade de simular um sistema contendo o cromo hexavalente (Cr^{6+}), utilizou-se uma solução aquosa de dicromato de potássio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$), com concentração de 50 mg.L^{-1} ; e para o tratamento da biomassa utilizou-se a estufa, a bomba de filtração à vácuo, o funil de Buchner de 200 mm, o agitador magnético com aquecimento e a centrífuga, bem como soluções de HCl 0,1 mol.L^{-1} e NaOH 0,1 mol.L^{-1} .

3.3 PREPARO DO MATERIAL ADSORVENTE

Após a secagem, as duas amostras foram pesadas na balança analítica e colocadas em um béquer para a realização do tratamento com 1:2 em massa de ácido clorídrico 0,1 mol.L^{-1} . Segundo Roma et al. (2015), o tratamento ácido permite a liberação dos sítios adsorptivos.

3.4 ESTUDOS DE ADSORÇÃO

O sistema utilizado para a adsorção foi de 10 gramas e a temperatura mantida em torno de 50 °C sob agitação constante. A concentração da solução contendo os íons Cr^{+6} foi de 50 mg.L^{-1} .

Nos testes de adsorção, a solução de cromo (VI) foi colocada em contato com o material adsorvente. Foram avaliados nesse estudo a massa de adsorvente (0,5; 1,0; 2,0 e 2,5% m/m) e a influência do pH da solução.

Para a determinação das melhores condições descritas acima, foi retirada uma amostra do sistema reacional após 60 minutos, sendo realizadas leituras de absorvâncias no espectrofotômetro ($\lambda = 360 \text{ nm}$) para definir as concentrações de Cr^{+6} após esse período, a fim de avaliar o potencial de remoção. Para avaliar a influência do pH realizaram-se ensaios de adsorção em pH 2, 7 e 11.

Com a melhor condição experimental determinada para a amostra, realizou-se o estudo cinético. Para tal, este foi executado conforme descrito anteriormente e alíquotas foram retiradas do sistema nos tempos de 0, 2, 5, 15, 30, 45 e 60 minutos.

3.5 DETERMINAÇÃO PERCENTUAL DE REMOÇÃO DE CROMO (VI)

A partir dos ensaios realizados determinaram-se os percentuais de remoção de cromo (VI) nas soluções, utilizando a Equação 1.

$$\text{Remoção (\%)} = \left(\frac{C_t - C}{C_t} \right) \cdot 100 \quad (1)$$

Sendo que:

C_t = Concentração de cromo inicial;

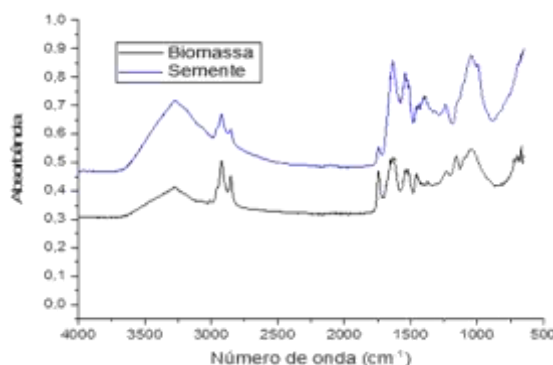
C = Concentração do cromo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA BIOMASSA

Por meio do espectro da região do infravermelho da biomassa (Figura 1), e da difração de raios X (DRX) (Figura 2), pode-se caracterizar a biomassa bruta (Semente) e após o tratamento ácido (Biomassa) com $\text{HCl } 0,1 \text{ mol.L}^{-1}$.

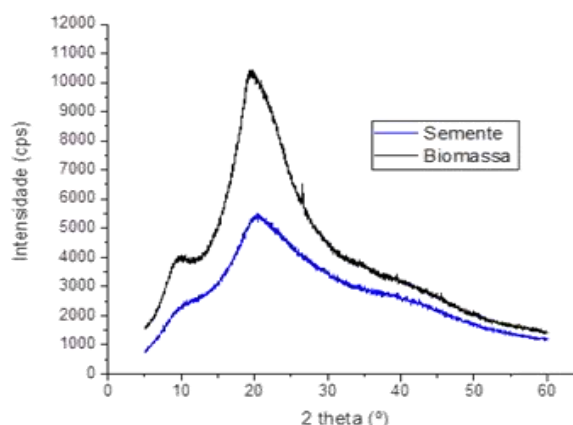
Figura 1 - Espectro da região do infravermelho da semente de Flamboyant antes (Semente) e após o tratamento ácido (Biomassa).



Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

De acordo com Souza et al. (2015) e Pacheco-aguirre et al. (2010), na Figura 1 pode-se observar que as bandas entre 1000 e 500 cm^{-1} são relacionadas às ligações glicosídicas, atribuídas à α -D-galactopiranoses e β -D-manopiranoses.

Figura 2 – DRX da semente de Flamboyant antes (Semente) e após o tratamento ácido (Biomassa).



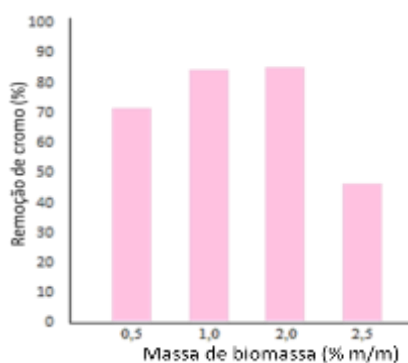
Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Nos difratogramas apresentados na Figura 2 é possível observar que o tratamento ácido promoveu uma maior organização no material, fator esse que pode contribuir para que os sítios de adsorção se tornem mais disponíveis aos íons metálicos.

4.2 VARIAÇÃO DA MASSA DO BIOSORVERNTE

Realizou-se o teste de variação com 0,50; 1,0; 2,0 e 2,5 % m/m de biomassa da semente de Flamboyant na solução e dicromato de potássio, objetivando determinar o melhor rendimento e a eficiência do processo de adsorção. Os dados obtidos são apresentados na Figura 3 que relaciona a porcentagem de remoção do cromo (VI) com as diferentes massas após os 60 minutos de adsorção.

Figura 3 - Percentual de remoção de cromo (VI) para diferentes massas de biomassa.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

É possível observar que a massa de 2,0 % m/m conferiu o melhor resultado no processo de biossorção de cromo (VI), visto que com 2,5 % m/m não houve melhora na eficiência de remoção, mas sim uma diminuição da mesma. Ou seja, pode-se concluir que 2,0 % m/m é a melhor variação de massa de biomassa para se obter a máxima retenção do metal. O mesmo acontece ao analisar os resultados de Roma et al (2015) na literatura, no qual o aumento da quantidade de biomassa tende a saturar o sistema.

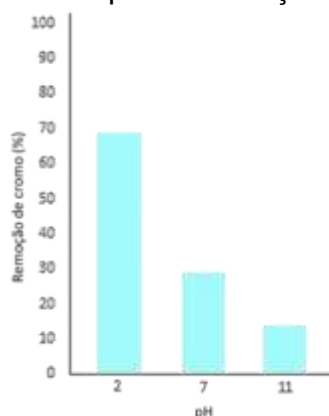
4.3 INFLUÊNCIA DO PH DO MEIO REACIONAL

De acordo com estudos realizados por Oliveira (2016), foi constatado que a

melhor adsorção do metal cromo (VI) é obtida em pH ácidos. Desta forma durante os ensaios de adsorção ajustou-se o pH do meio reacional para 2,30, utilizando-se ácido clorídrico de concentração $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$, e pH igual a 7,0 e pH igual a 11,0, a fim de se obterem dados comparativos e, assim, estudar a influência do pH do meio reacional na remoção do cromo (VI) da condição de 2,0 % m/m.

A Figura 4 exhibe os resultados obtidos de remoção de cromo (VI) dos meios reacionais com pH 2,3; 7,0 e 11,0.

Figura 4 - Efeito do pH na remoção de cromo (VI).



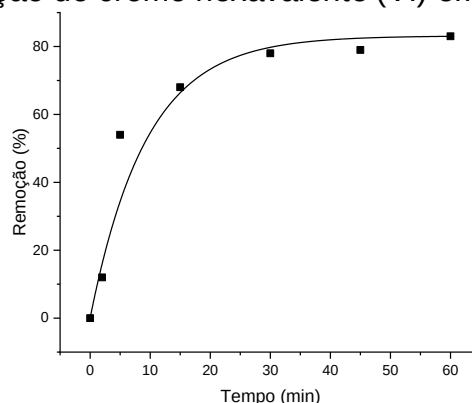
Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Ao comparar os resultados obtidos, verifica-se que o melhor pH para a adsorção do cromo (VI) é o de 2,3, ao qual se obteve um percentual de 85,01 % de remoção do metal, enquanto que com pH maiores esse percentual diminui. O pH ácido favorece a propriedade adsorptiva da biomassa, uma vez que possibilita o aumento da eletronegatividade e, conseqüentemente, a interação com o metal (ROMA et al, 2015).

4.4 CINÉTICA DE BIOSSORÇÃO

Para avaliar a velocidade da reação e determinar as variáveis que controlam o processo de adsorção em estudos futuros, realizou-se o estudo cinético. A Figura 5 apresenta o resultado do percentual de remoção em função do tempo.

Figura 5 – Remoção do cromo hexavalente (VI) em função do tempo.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Ao analisar a curva obtida, pode-se verificar que no tempo de 0 a 20 minutos, aproximadamente, o processo de adsorção aumenta significante com o avanço do tempo. Entretanto, em 30 minutos o sistema atinge o equilíbrio e a progressão no tempo de adsorção não promove mudanças significativa no percentual de remoção.

Tal resultado pode ser relacionado à saturação dos sítios ativos presentes na biomassa da semente de Flamboyant. No início da reação, os sítios encontram-se disponíveis para o processo de adsorção e, conforme o tempo de reação aumenta, estes vão sendo ocupados, até que chegam em um estado de saturação, o qual é coincidente com o equilíbrio do sistema.

5 CONCLUSÕES

A biomassa da semente de Flamboyant apresentou-se como um potencial adsorvente do cromo hexavalente em efluentes contaminados, uma vez que, demonstrou ótimo desempenho na remoção deste metal em solução em que, após ser levada a centrífuga para separar os sólidos em suspensão, foi constatado que a biomassa removeu 85,18 % do metal da solução de origem cuja concentração era 50 ppm de dicromato de potássio.

O pré-tratamento realizado com ácido na biomassa mostrou-se eficiente, com uma taxa de remoção do metal pesado em 85,18 %, devido à liberação de sítios ativos, os quais possibilitaram a manutenção e potencialização das propriedades adsorptivas naturais da semente, observados por meio de análises de caracterização, em especial pela técnica analítica de espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR). Com esta, pode-se constatar, juntamente com a comparação de registros na literatura, inúmeras substâncias com ligações glicosídicas e anel de piranose na composição da semente, além de, identificar os principais grupos funcionais responsáveis pela capacidade adsorptiva, sendo eles a galactomanana e seus componentes, como a β -D-manopiranoses e a α -D-galactopiranoses.

Analisando os resultados obtidos nos testes de adsorção, variando a massa da biomassa no sistema reacional, verificou-se que o aumento significativo da massa de adsorvente não favorece o processo de adsorção, pois há um ponto limite e a partir deste ocorre a saturação do sistema reacional, dificultando o processo de adsorção. Dessa forma, compreende-se que a melhor concentração de biossorvente para uma considerável taxa de remoção do cromo (VI) é de 2,0 % m/m, junto ao ajuste do pH do sistema em 2. Portanto, tanto no estudo em questão com a semente de Flamboyant, quanto nos estudos com a vagem, os sistemas possuem uma ótima eficiência de retenção de cromo hexavalente em meio ácido, o que contribui com a propriedade adsorptiva da biomassa, e tendem a saturar conforme o aumento da quantidade de biomassa.

REFERÊNCIAS

BELL, T. **Metal Profile: Chromium**. Thebalance, 2019. Disponível em <https://www.thebalance.com/metal-profile-chromium-2340130/>. Acesso em: 22 mar. 2020.

CERRI, A. **O que são metais pesados?** [s.d]. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/428-metais-pesados-impactos>. Acesso em: 17 out. 2020.

CHEIS, D. **Os danos que o Cromo Hexavalente pode causar à saúde**. 2013. Disponível em: <<http://www.revistatae.com.br/6928-noticias>>. Acesso em: 14 mar. 2020.

COSTA, M.h.p.; SILVA, P.c.c.; ROCHA, C.a.m.. Efeitos do Cromo Hexavalente Sobre o Crescimento de Raízes e Ciclo Celular no Meristema da Ponta da Raiz de

Allium cepa. **Biota Amazônia**, [s.l.], v. 6, n. 3, p.40-44, 30 set. 2016. Revista Biota Amazonia. <http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v6n3p40-44>. Disponível em: <<http://www.bibliotekevirtual.org/index.php/2013-02-07-03-02-35/2013-02-07-03-03-11/2008-biota/v06n03/20601-efeitos-do-cromo-hexavalente-sobre-o-crescimento-de-raizes-e-ciclo-celular-no-meristema-da-ponta-da-raiz-de-allium-cepa.html>>. Acesso em: 14 mar. 2020.

KIELING, A. G.; MORAES, C. A. M.; BREHM, F. A. Utilização de cinza de casca de arroz na remoção de cromo hexavalente. **Estudos Tecnológicos**. v. 5, n. 3, p. 351-362, set-/dez. 2009.

MAGRO, C.I *et al.* Biossorção passiva de cromo(VI) através da microalga *Spirulinaplantensis*. **Química Nova**, São Paulo, v. 36, n. 8, p.1140-1145, out. 2013. Disponível em: [file:///C:/Users/Admin/Desktop/Biossor%C3%A7%C3%A3o%20passiva%20de%20cromo%20\(VI\)%20atrav%C3%A9s%20da%20microalga.pdf](file:///C:/Users/Admin/Desktop/Biossor%C3%A7%C3%A3o%20passiva%20de%20cromo%20(VI)%20atrav%C3%A9s%20da%20microalga.pdf). Acesso em: 02 mar. 2020.

NASCIMENTO, R. F. *et al.* **Adsorção**: aspectos teóricos e aplicações ambientais. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2014. 258 p. Disponível em: <<file:///C:/Users/Admin/Desktop/Artigo%20base.pdf>>. Acesso em: 02 mar. 2020.

OLIVEIRA, S.. **Estudo da biossorção de cromo trivalente e hexavalente em soluções aquosas utilizando a fibra da casca do coco verde**. 2016. 111 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Centro Universitário Facens, Sorocaba, 2016.

PACHECO-AGUIRRE, J. *et al.* Physicochemical properties of carboxymethylated flamboyant (*Delonix regia*) seed gum Propiedades fisicoquímicas de la goma carboximetilada de flamboyán (*Delonix regia*). **Cyta – Journal Of Food**, [s.l.], v. 8, n. 3, p.169-176, nov. 2010, DOI: 10.1080/19476330903322960.

PINO, G. A. H.. **Biossorção de metais pesados utilizando pó da casca de coco verde (Cocos nucifera)**. 2005. 113 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Metalúrgica, Ciência dos Materiais e Metalurgia da PUC-Rio, Pontifícia Universidade Católica do Rio, Rio de Janeiro, 2005.

RAMOS, C.O.; HOMMA, G.H.A.; ZORZETTO, L.E.. **Adsorção de cromo hexavalente por meio da biomassa de vagem de flamboyant (delonix regia)**. 2015. 33 f. TCC (Graduação) - Curso de Química, Departamento Regional de São Paulo, Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, São Paulo, 2015.

RUPPENTHAL, J.E.. **Toxicologia**. Santa Maria: Rede E-tec Brasil, 2013. 128 p. Disponível em: http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos_seguranca/sexta_etapa/toxicologia.pdf. Acesso em: 14 mar. 2020.

SOUZA, C.A.G. de *et al.* Encapsulation of l-ascorbic acid within the natural biopolymer-galactomannan-using the spray-drying method: preparation, characterization, and evaluation of antioxidant activity. **Química Nova**, [s.l.], v. 38, n. 7, p.877-883, 22 jun. 2015. Mensal. Disponível em:

http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=6272. Acesso em: 28 maio 2020.

VALENTE, D. **Metais pesados**: entenda o que são e como afetam sua saúde. 2017. Disponível em: <https://my.oceandrop.com.br/metais-pesados-o-que-sao/>. Acesso em: 14 mar. 2020.

WU, Y. *et al.* Comparative and competitive adsorption of Cr(VI), As(III), and Ni(II) onto coconut charcoal. ***Environ SciPollut Res***. 2012.