

## ESTUDO DA CAPACIDADE DE ADSORÇÃO DE ÍONS $Mn^{2+}$ EM CABELO

Tania Regina Giraldi<sup>1</sup>

Breno Cantadori<sup>2</sup>

Juan Douglas Carvalho Guidio<sup>2</sup>

Luis Henrique Nery<sup>2</sup>

Química Ambiental

### Resumo

O manganês, metal de transição muito presente na indústria metalúrgica, comumente aparece em efluentes, fazendo-se então necessária a investigação de métodos para a descontaminação desses efluentes. A adsorção é um método por vezes eficiente e estabelecido quando se trata de purificação de efluentes e águas. Logo, busca-se variações nesse processo de forma a otimizar seu custo e eficiência. Neste trabalho, estudou-se o uso do cabelo como adsorvente de  $Mn^{2+}$ , por se tratar de um sólido poroso ainda pouco explorado e alternativo aos adsorventes já estabelecidos. Através de diversos ensaios de adsorção foram determinados parâmetros que otimizaram a adsorção de íons de manganês na superfície do cabelo, sendo esses pH e tempo de contato. Por meio de análises de absorção atômica verificou-se a concentração de  $Mn^{2+}$  adsorvida, podendo-se assim, avaliar a eficiência do cabelo em condições ideais levantadas. O estudo completo foi realizado em pH 6,5, tempo de 30 minutos e 0,4 mg de cabelo em 30 mL da mistura. A maior porcentagem de adsorção de  $Mn^{2+}$  foi de 80%. No estudo da isoterma de adsorção, concluiu-se que o modelo de Langmuir para adsorção adequou de forma satisfatória ao conjunto de dados obtido, indicando assim um processo de adsorção que ocorre em monocamadas.

Orientação: Inserir aqui: 1º- vínculo Institucional; 2º- departamento e 3º- contato eletrônico. (Regra: Times New Roman, itálico, 10).

<sup>1</sup>Prof. Dr. Tania Regina Giraldi – Instituto de Ciência e Tecnologia – UNIFAL – Poços de Caldas, [tania.giraldi@unifal-mg.edu.br](mailto:tania.giraldi@unifal-mg.edu.br).

<sup>2</sup>Discente. Breno Cantadori, Instituto de Ciência e Tecnologia – UNIFAL – Poços de Caldas, [brenocantadori@gmail.com](mailto:brenocantadori@gmail.com).

<sup>2</sup>Discente. Juan Douglas Carvalho Guidio, Instituto de Ciência e Tecnologia – UNIFAL – Poços de Caldas, [juanguidio1997@gmail.com](mailto:juanguidio1997@gmail.com).

<sup>2</sup>Discente. Luis Henrique Nery, Instituto de Ciência e Tecnologia – UNIFAL – Poços de Caldas, [luishqnery@gmail.com](mailto:luishqnery@gmail.com).

## INTRODUÇÃO

Os padrões da vida contemporânea têm mudado, seguindo o desenvolvimento de novas tecnologias. Tais adventos foram possíveis, em grande parte, através da implementação de novos elementos a produtos que já existiam, por exemplo, a utilização de índio (In) nas telas de smartphones que as tornaram mais resistentes. Esse é um dos contextos em que pode-se associar a mineração, que é a atividade de extração de minérios do subsolo. São esses recursos que possibilitam a atividade industrial, logo, é possível observar que além de haver grande demanda de volume de bens minerais, também há uma crescente busca por elementos de menor ocorrência na crosta, ou seja, de concentração mais complexa.

A mineração e o beneficiamento muitas vezes produzem efluentes com altas concentrações do íon  $Mn^{2+}$ , que se não forem devidamente tratados e descartados podem contaminar corpos d'água tornando-os impróprios para uso, já que a ingestão de altas concentrações podem ter efeitos adversos à saúde (ATSDR, 2012). Dessa forma, é importante que se investigue métodos capazes de retirar de fontes de água e efluentes o  $Mn^{2+}$  de forma satisfatória e sustentável.

Nesse sentido, este trabalho investiga o uso de cabelo humano como adsorvente do íon  $Mn^{2+}$  em escalas laboratoriais. O interesse pelo cabelo surge da observação da porosidade resultado da estrutura escamada e da ausência de estudos que tratem da aplicação do cabelo como adsorvente. Além disso, o cabelo é um rejeito que estudado em processos de mitigação.

Logo, buscou-se avaliar a capacidade adsortiva do cabelo e otimizar as condições operacionais do processo, como pH e tempo de contato.

## METODOLOGIA

O trabalho se trata da adsorção e determinação das condições ótimas pra que ela ocorra. Os cabelos utilizados como adsorventes foram do tipo ocidental, e coletados em salões da cidade de Poços de Caldas-MG. Para os experimentos, foram lavados e cortados, afim de aumenta a superfície de contato.

Para os estudos, utilizou-se solução aquosa de  $Mn^{2+}$  10 ppm. A solução foi preparada a partir do acetato de manganês II P.A. tetrahidratado (Vetec). Os ensaios de adsorção foram conduzidos na sequência: variação de pH, variação do tempo e variação da concentração de  $Mn^{2+}$ .

No estudo variando o pH, utilizou-se 50mL de solução de  $Mn^{2+}$ , 0,04g de cabelo e tempo de agitação de 1 hora. A agitação foi realizada em placa de agitação, sendo a mistura mantida em béquer de 100mL. Variou-se o pH em 3, 4, 5, 6 e 7, o qual foi ajustado com soluções de HCl e NaOH.

Com o pH que proporcionou melhor adsorção, foi feito o estudo de tempo de contato. Os tempos estudados foram: 1, 2, 5, 10, 20 e 30 minutos. As demais condições experimentais são semelhantes às acima descritas. Por fim, com as melhores condições selecionadas a partir dos experimentos realizados, foi feito o estudo da isoterma de adsorção. Para este estudo, variou-se concentração da solução de  $Mn^{2+}$  com os valores: 2, 5, 10, 20, 30 e 50 ppm.

A porcentagem de adsorção foi determinada por análise de absorção atômica conduzida nas instalações da LAPOC/CNEN em Poços de Caldas utilizando equipamento ICP-OES Varian Liberty RL e os dados tratados em softwares como Excel e Origin.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos resultados encontrados destacam-se os estudos do comportamento em diferentes pHs, do efeito do tempo de contato e do comportamento da isoterma de adsorção.

### COMPORTEAMENTO PH

No estudo da variação de adsorção em diferentes valores de pH, tomou-se 6 valores de pH para análise. Sendo estes 3, 4, 5, 6, 7 e 8, todos ajustados com soluções de HCl e NaOH. Os resultados obtidos podem ser observados na Figura 2.

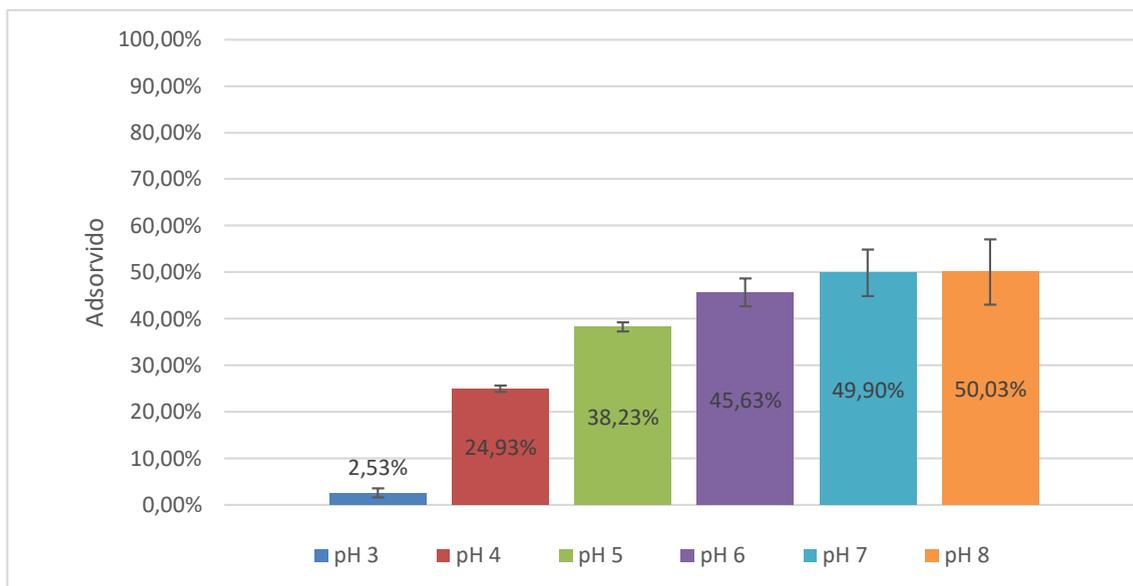


Figura 2 - Resultados de ensaio para diferentes pHs. Condições experimentais: 0,04 g de cabelo, 30 mL de solução de  $Mn^{2+}$  a 10 ppm com meia hora de contato e grupo de cabelo ocidental sem tratamento.

Fonte: Autoria própria.

Observa-se que a eficiência do processo é baixíssima em pH 3, e aumenta gradativamente com o aumento do pH. Estes resultados podem ser baseados em duas hipóteses.

A primeira hipótese é de que a queda da eficiência de adsorção pode ser atribuída ao fechamento das cutículas dos fios de cabelo em pH mais ácido (VELASCO et al., 2009) fazendo com que a superfície de contato seja reduzida.

A segunda hipótese é de que elevados valores de pH tornam a superfície do cabelo carregada negativamente. Essas cargas negativas atraem o íon  $Mn^{2+}$ , favorecendo a adsorção. De fato, em um estudo realizado por Gonçalves (2017), em que utilizou nanopartículas de  $TiO_2$ ,  $SiO_2$  e  $ZnO$ , verificou-se que o pH ótimo para adsorção foi de 8,5. A autora justificou a melhor eficiência de adsorção neste pH devido a estabilidade das nanopartículas em suspensão, e a sua superfície carregada negativamente.

No presente estudo, apesar do pH 8 ter promovido maior porcentagem de adsorção, optou-se em utilizar nos próximos ensaios o pH entre 6,5 e 8. Isto porque a eficiência de adsorção em pH 8 foi somente 4,4% maior do que a eficiência de adsorção

em pH 6. Vale ressaltar que utilizar o pH da solução inicial, sem a necessidade de ajustes, é um fator positivo no processo. Primeiramente devido ao fator ambiental, supondo futuros descartes das soluções. E também devido a praticidade experimental.

### TEMPO DE CONTATO

Em um processo de adsorção é comum constatar que quanto maior o tempo de contato entre o adsorvente e a solução da qual se quer adsorver, maior é a razão de adsorvido, até que o sistema atinja o equilíbrio e a adsorção permanece constante. O ensaio do tempo de contato que busca entender essa relação do tempo com a quantidade do íon adsorvido variando o tempo foi executado tomando-se 6 intervalos de tempo que foram: 1, 2, 5, 10, 20 e 30 minutos. Os resultados são apresentados na Figura 3.

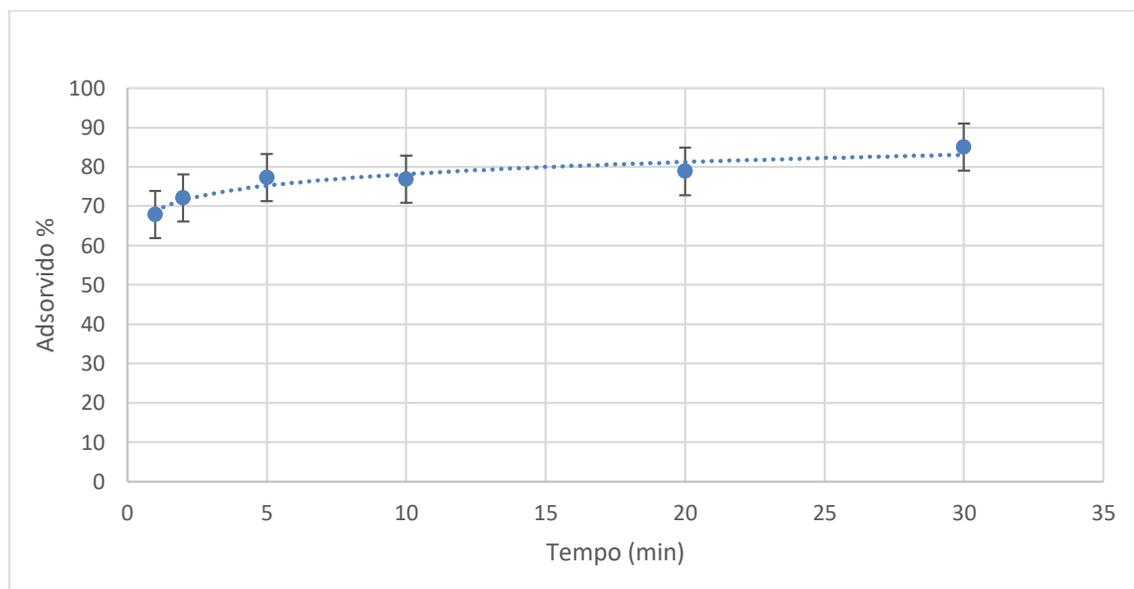


Figura 4 - Isotherma de adsorção de íons  $Mn^{2+}$ . Condições experimentais: 13,3 g/L de concentração de adsorvente, 30 mL de solução de  $Mn^{2+}$  de 10 ppm, 30 min de tempo de contato.

Fonte: Autoria Própria

Um melhor entendimento desta isoterma pode ser obtido se essa for linearizada conforme o modelo de Langmuir. Permitindo então calcular constantes que regem o comportamento como a capacidade máxima de adsorção ( $Q_{max}$ ) dado em mg/g, interação adsorvato/adsorvente ( $K_L$ ) em L/mg e o fator de separação ( $R_L$ ) que é adimensional.

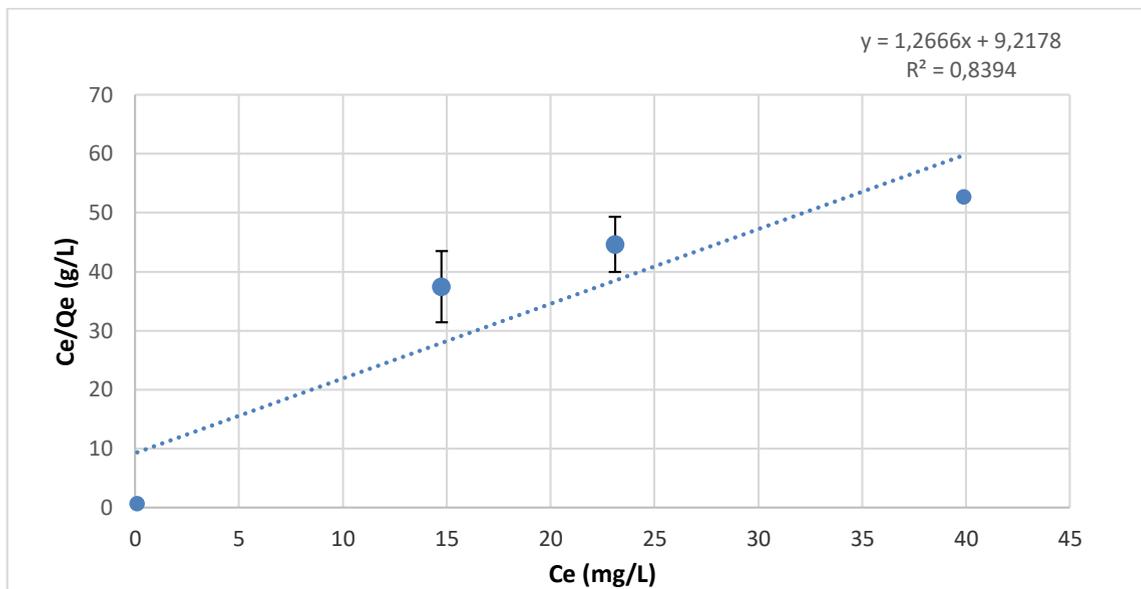


Figura 5 - Linearização da isoterma de adsorção de íons  $Mn^{2+}$ . Condições experimentais: 13,3 g/L de concentração de adsorvente, 30 mL de solução de  $Mn^{2+}$  de 10 ppm, 30 min de tempo

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 1 - Constantes da isoterma da Figura 5 utilizando o modelo de Langmuir para adsorção do íon  $Mn^{2+}$ .

$K_L$ (L/mg)	$Q_{max}$ (mg/g)	$R^2$	$R_L$
0,137	0,789	0,839	0,902

Fonte: Autoria Própria.

Observando a Tabela 1, é possível analisar a constante  $R_L$  que indica se a adsorção é favorável, desfavorável, linear ou irreversível. Como  $R_L$  está entre 0 e 1, diz-se que o processo é favorável. Também é possível observar que  $R^2$  é um valor próximo de 1, o que permite dizer que os dados experimentais se ajustaram ao modelo linear de Langmuir. Tem-se então um processo de adsorção química com a formação de uma monocamada.

## CONCLUSÕES OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com este estudo foi possível concluir que o cabelo apresenta eficácia na adsorção

do íon  $Mn^{2+}$ . Após estudo de pH e tempo de contato, as condições definidas para o estudo de isoterma foram pH entre 6,5 e 8 e tempo de contato de 30 minutos.

Por fim, no ensaio da isoterma foi possível determinar a capacidade máxima de adsorção ( $Q_{max}$ ) em mg/g, a interação adsorvato/adsorvente ( $K_L$ ) em L/mg e o fator de separação ( $R_L$ ) que é adimensional. A capacidade máxima de adsorção foi de 0,789 mg do íon  $Mn^{2+}$  por grama de cabelo, e, sendo o modelo de isoterma que se adequou aos resultados experimentais foi o modelo de Langmuir, que consiste na adsorção em monocamadas.

## A GRADECIMENTOS

À orientadora, profa. Dra. Tania Regina Giraldi, por toda paciência, empenho e apoio nos oferecido desde o início do projeto. Sem ela nada disso se realizaria.

À Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) pelas análises de absorção atômica. Em especial aos pesquisadores Rodrigo José Bonifácio e Ariadne Missoni Brondi.

À Me. Patrícia Gonçalves que foi uma das referências bibliográficas mais importantes deste trabalho e pelo auxílio nos modelos de isotermas.

O autor Luis Henrique Nery agradece ao PET - Programa de Educação Tutorial pelo suporte financeiro e aprendizado.

## R REFERÊNCIAS

ATSDR (Org.). **Toxicological profile for manganese.** [s. L.]: ATSDR, 2012.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL – DNPM. **Anuário Mineral Brasileiro: Principais Substâncias Metálicas.** Brasília: DNPM, 2018.

GONÇALVES, Patrícia. **Síntese de materiais à base de  $TiO_2$ ,  $ZnO$  e  $SiO_2$ : tratamento**

**de áreas degradadas e efluentes.** 2017. 100 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal de Alfenas, Poços de Caldas, 2017.

VELASCO, Maria Valéria Robles et al. Hair fiber characteristics and methods to evaluate hair physical and mechanical properties. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, [s. L.], v. 45, n. 1, p.153-162, jan. 2009.