

SÍNTESE VERDE DE NANOPARTÍCULAS DE FERRO PARA REDUÇÃO DO CROMO HEXAVALENTE

Daniel Ramirez de Castro Escobar¹

Victor Hugo Monteiro Oliveira de Araujo Silva²

Cláudio Márcio do Amaral Souza³

Introdução

A nanotecnologia mudou o rumo da ciência pela manipulação de matéria em escala nanométrica e a origem às nanopartículas, que podem ser definidas como partículas com dimensões menores que 100 nm, que possuem propriedades químicas e físicas exclusivas com inúmeras aplicações, devido sua alta reatividade, superfície de contato e capacidade de dispersão. Nanopartículas atualmente são facilmente produzidas e de relativamente fácil manipulação, resultando em um bom custo-benefício (FAHMY et al, 2018).

Destas, pode-se destacar as nanopartículas de ferro zero-valente (nFeZ) que são formadas por um núcleo de ferro metálico doador de elétrons, revestido por óxidos ou óxihidróxidos adsorventes (REGINATTO, 2017). Essas mostram grande eficiência no tratamento de águas contaminadas por compostos orgânicos halogenados, compostos nitroaromáticos, nitratos, fenóis e na capacidade de redução e adsorção de metais pesados, como o cromo (REGINATTO, 2017).

Em meios aquosos o cromo existe em dois estados predominantes: estado trivalente, que é facilmente precipitado e pouco nocivo, além de ser um vitamínico em níveis controlados. E no estado hexavalente, que é altamente solúvel e deslocável, facilitando sua contaminação, e que possui alta toxicidade devido ao seu alto poder oxidante, podendo causar danos severos a células e tecidos (REGINATTO, 2017). Isso torna imprescindível o tratamento do cromo hexavalente, tanto no quesito industrial como social. Existem diversos métodos de tratamento do Cr VI, dentre eles,

¹ Formando de Técnico em Química (ETPC).

² Formando de Técnico em Química (ETPC).

³ Mestrado em Biotecnologia Industrial pela Escola de Engenharia de Lorena. Docente do UGB/FERP.

destaca-se as nFeZ pela ação de alta eficiência e relativo baixo custo. REGINATTO, 2017 aponta estudos de outros pesquisadores que apresentam valores de redução do Cr VI entre 70% e 91% em diferentes condições.

Apesar dos benefícios das nFeZ, a maioria dos métodos de produção mostram-se relativamente custosos, nocivos e prejudiciais ao meio ambiente, devido ao uso de reagentes tóxicos, como o borohidreto de sódio, e/ou grande uso de insumos. Entretanto, pesquisadores identificaram novos processos de síntese economicamente viáveis e ambientalmente sustentáveis, que têm como precursores bactérias, fungos, leveduras, vírus, plantas, entre outros orgânicos (SAIF et al, 2016); (REGINATTO, 2017). A maioria desses processos pode ser realizada rapidamente em temperatura e pressão ambiente e a um baixo custo (REGINATTO, 2017).

A metodologia envolvendo plantas, especificamente no caso do chá verde, funciona por meio dos agentes biorredutores contidos no extrato, em sua grande maioria polifenóis, como a cafeína, o benzenotriol, entre outros (HAO et al, 2021). Nesse tipo de reação, a redução do ferro se deve aos polifenóis hidrolisados, e esses quando oxidados, revestem a nanopartícula formando uma camada de biomoléculas estabilizadoras que aumentam seu tempo de vida e eficiência (REGINATTO, 2017); (HAO et al, 2021).

O objetivo do estudo é obter nanopartículas de ferro zero valente por meio da síntese verde utilizando extrato de folhas de chá verde, e avaliar sua aplicação na redução química do cromo hexavalente aquoso por meio da espectrometria de absorção molecular.

Objetivos

O objetivo deste trabalho é obter nanopartículas de ferro zero valente (nFeZ) por meio da síntese verde utilizando extrato de folhas de chá-verde e avaliar sua aplicação da redução química do Cr VI aquoso por espectrometria de absorção molecular. O extrato foi preparado a 4 g/L a 70 °C sob agitação durante 1 hora, ao fim, houve adição de FeSO₄ numa proporção de 1:2, causando redução e

nanoparticularização do ferro. As nFeZ foram separadas por evaporação e aplicadas imediatamente em 3 amostras de K₂CrO₄ 100 mg/L.

Metodologia

Para a realização do estudo, além dos instrumentos e vidrarias convencionais de laboratório, utilizou-se um espectrofotômetro UV-VIS, centrífuga e chapa aquecedora-agitadora. Usou-se sulfato ferroso heptahidratado 99% (FeSO₄·7H₂O) e cromato de potássio 98% (K₂CrO₄), as folhas de chá verde foram compradas localmente.

O extrato foi preparado a 40 g/L utilizando folhas lavadas e trituradas em água DI num sistema de condensação por refluxo a 70 °C durante 1h sob agitação, ao fim, o extrato foi filtrado e armazenado a 5 °C.

Para a síntese das nFeZ, adicionou-se lentamente solução de FeSO₄·7H₂O 0,1M a uma alíquota do extrato orgânico sob agitação numa proporção de 2:1, com auxílio de uma bureta, ocorrendo formação imediata das nFeZ. A agitação foi mantida por 1h para garantir que toda reação pudesse acontecer devidamente.

Ao fim a solução foi centrifugada por três vezes a 3000 rpm por 10 minutos, o precipitado foi lavado com água DI e álcool 98°INPM. Após isso, o sólido foi separado por evaporação em um bico de bunsen, obtendo as nFeZ.

Para avaliar a eficiência e capacidade de redução do nanomaterial, primeiro montou-se uma curva de calibração no espectrofotômetro utilizando soluções de 5, 10, 15, 20 e 25 mg/L de K₂CrO₄, no comprimento de onda de 370 nm. Obteve-se a seguinte equação para a curva:

$$C. \text{ mg/L} = \frac{Abs - 0,0127}{0,0187} \quad (1)$$

Onde:

C. mg/L = Concentração da amostra em mg/L;

Abs = absorvância da amostra;

0,0127 e **0,0187** = Intercepção e inclinação da curva, respectivamente.

Realizou-se teste em triplicata inserindo 10 mg de nFeZ em amostras de 25mL de K₂CrO₄ 100 mg/L. Após 90h determinou-se a absorvância final do sobrenadante das amostras. A absorvância inicial foi determinada em 1,875.

Resultados e Discussão

A média final da absorvância apresentou um valor de 1,316, que aplicado à equação 1 define uma concentração média de 69,69 mg/L de Cr VI, comprovando 30,31% de redução média para Cr III.

Entretanto, ao comparar resultados com HAO, et al, observa-se uma redução aproximadamente 3x maior de 91,6% em concentrações maiores. Acredita-se que a alta temperatura e a exposição constante ao oxigênio levou a oxidação precoce das nFeZ e a degradação das biomoléculas revestidoras, diminuindo sua estabilidade e capacidade de redução.

Destaca-se a aplicabilidade do método verde além da escala laboratorial, sendo realizado com uso de poucos insumos a um baixo custo e pouco tempo. Além disso, REGINATTO afirma que há possibilidade de uso do extrato orgânico diretamente em solos ricos em ferro, uma vez que a nanoparticularização ocorre instantaneamente ao contato entre estes.

Considerações Finais

Foi possível produzir nanopartículas de ferro zero valente por meio da síntese verde e aplicá-las na redução química do cromo hexavalente aquoso. Apesar do objetivo alcançado, os riscos deste nanomaterial devem ser melhor estudados em relação ao meio ambiente e seres humanos, uma vez que é uma tecnologia relativamente nova. Existe espaço para melhoria de metodologia, a utilização do método para outros contaminantes e seu uso em campo.

Referências

FAHMY, Mohamed Heba et al. **Review of green methods of iron nanoparticles synthesis and applications**. BioNanoScience, v. 8, p. 491-503, 16 mar. 2018.

HAO, Runqin et al. **Green synthesis of iron nanoparticles using green tea and its removal of hexavalent chromium.** Nanomaterials, ano 2021, v. 11, n. 3, p. 650, 8 mar. 2021.

REGINATTO, Cleomar. **Avaliação do processo de transporte e remediação com nano ferro de valência zero em um solo residual contaminado com Cromo hexavalente;** Tese (Doutorado em Engenharia Civil, Área de Concentração geotecnia) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2017.

SAIF, Sadia; TAHIR, Arifa; CHEN, Yongsheng. **Green synthesis of iron nanoparticles and their environmental applications and implications.** Nanomaterials, v. 6, n. 11, p. 209, 12 nov. 2016.