

BIOSSORVENTE DE METAL TÓXICO

R.G. ARAÚJO¹, J. S. C. TEIXEIRA¹, L. M. ROSA¹, A. C. CARMO¹, A. F. SILVA¹, A. F. LIMA¹

¹Universidade de Uberaba, Departamento de Engenharia Química

RESUMO – O presente artigo teve por objetivo avaliar o processo de bioadsorção de cobre a partir da fibra do coco, considerando também que esse metal é um grande poluente de águas residuais municipais e efluentes dos processos de manufatura que utilizam peças de cobre. A biomassa foi definida atribuindo que a fibra do coco possui características únicas como adsorvente para a recuperação de efluentes industriais, além do fato que é uma prática viável já que ele possui uma degradação natural que facilita seu tratamento de descarte. Para o processo das análises, realizou-se primeiramente o tratamento da fibra do coco e quando está foi ativada, realizou-se as demais análises. Para tanto preparou-se as soluções de cobre que foram definidas com a concentração de 20 mg/L. Para uma melhor otimização das condições de bioadsorção utilizou-se PCC (Planejamento composto central 23) no qual foram preparadas 17 amostras de cobre variando a massa da biomassa, o tempo de contato e o pH. A amostra 12 obteve a eficiência de 99% comprovando que este método pode ser uma alternativa viável para tratamento de efluentes contaminados com cobre. Para aprofundamento dos estudos foram realizados testes de isotermas de Langmuir e testes de cinética, após estes testes foi possível pressupor que o processo de quimioadsorção em monocamadas foi regido por um processo irreversível favorável.

Palavras chaves: bioadsorção, isotermas, cobre.

1. INTRODUÇÃO

1.1 Metal Cobre

O crescente consumo aliado a produção e exploração de matérias primas, como fósseis e minerais associado ao crescimento da população nas últimas décadas têm causado graves problemas ambientais em função da geração de resíduos contendo metais tóxicos, como os metais pesados (MOREIRA, 2004, p.07).

Metal pesado é um conceito muito utilizado no dia a dia, sendo associado como uma substância tóxica, geralmente proveniente de um descarte inadequado de um rejeito no meio ambiente (LIMA; MERÇON, 2011, p.01)

Um exemplo é o cobre, que possui aplicações diversas no cotidiano. Sua durabilidade, resistência a corrosão, maleabilidade, ductilidade e facilidade no manejo foram fundamentais para a

escolha. Segundo sua FISPQ (Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico), a sua toxicidade aguda possui a categoria 4 na escala de periculosidade, causando malefícios crônicos a vida aquática e seus dependentes. Quando o teor de cobre acima de 470 mg/kg entra em contato com o organismo humano causa vômitos, dor e diarreia quando ingerido, irritação das vias aéreas quando inalado além de sensibilização, conjuntivite, mutação em células germinativas entre outros efeitos. (Internacional Copper Association Latin America, 2016, p. 05 a 08).

As principais fontes de contaminação antropogênica para cobre são as águas residuais municipais e os efluentes dos processos de manufatura de peças de cobre (Schake et al., 1987; Lee, 1996; Ortiz, 2000; Pino, 2005; Meena et al., 2005 apud SOUSA, 2007, p.09).

O Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), através da resolução 357 de março de 2005, estabelece que a concentração máxima permitida para descarte deste metal seja de 1,0 mg/L Cu (SOUSA, 2007, p.09).

Desse modo, surge a necessidade da retirada de cobre em excesso no meio ambiente, de modo que não prejudique o ecossistema. Uma das opções é o método de biossorção utilizando adsorventes biológicos alternativos.

Diante disso, Affonso Celso Gonçalves Jr, 2012., explica em seu artigo que:

“...práticas de adsorção utilizando materiais alternativos vêm sendo propostas para o tratamento de compartimentos ambientais visando metodologias simples, de baixo custo e enfatizando o uso de resíduos vegetais, microrganismos e resíduos agroindustriais. “

O principal adsorvente utilizado para a remoção de vários compostos orgânicos e íons metálicos é o carvão ativo. Porém, o material apresenta alto custo. (Gupta et al., 2000, p. 131-140; Pollard et al., 1992, p.31-52).

1.2 Matéria-prima analisada

Típico da região tropical do planeta, o coco possui características únicas como um pericarpo rígido, popularmente chamado de “casca”, e mais três regiões: exocarpo (parte externa e lisa do fruto), mesocarpo (parte fibrosa e espessa) e endocarpo (região lenhosa). O seu nome é derivado de sua fibra que constitui o fruto da espécie *Cocos nucifera* L. (Arecaceae). (FERNANDES, 2011, p. 01).

Segundo Huamán, a agroindústria gera quantidades maiores de “casca” de coco do que a capacidade de degradação natural, advindo desta geração incontrolada de biomassa, o problema com a poluição ambiental é uma consequência já que o descarte inadequado deste excesso é um fator comum.

Em virtude desse cenário, inúmeras pesquisas acerca da utilização do coco verde estão sendo realizadas, na tentativa de conseguir o aproveitamento de todas as partes do fruto. A fabricação de vasos, estofamentos e forramento interno de automóveis, mantas para contenção de encostas, fabricação de palmilhas, divisórias, artesanatos, adubação orgânica, dentre outras já utilizam deste resíduo como suas matéria-prima. (MAGALHAES, 2011, p 03).

Quanto aos processos de adsorção, a fibra da “casca de coco” é bastante pesquisada atualmente devido a sua biomassa ser usada como material principal para os processos de adsorção de corantes e metais tóxicos em águas impuras, potencialização da capacidade de adsorção de outros materiais e até mesmo sobre a imobilização da enzima lactase por adsorção. Provando dessa forma que este é um procedimento econômico e completamente viável para o objetivo proposto, já que dentre as técnicas já utilizadas industrialmente, a adsorção física baseada na bioafinidade dos

materiais é um processo simples que dispensa posterior tratamento do bioissorvente. (FERNANDES., 2011, p. 03)

Portanto o presente artigo visa apresentar o preparo e os resultados da análise da atividade de um bioissorvente menos convencional, que possa proporcionar um baixo custo e uma maior eficiência, sendo ele a fibra de coco, que possui propriedades adsorventes consideráveis para a análise.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

2.1 Materiais e reagentes

Para a realização do experimento utilizou-se os reagentes: nitrato de cobre tri-hidratado $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, hidróxido de sódio P.A e álcool etílico 98%. Os equipamentos utilizados foram: pHmetro digital Gehaka PG2000, moinho de facas Marconi MA 048, estufa, peneiras granulométricas 28 mesh (500 μm) e 32 mesh (600 μm) e espectrômetro de absorção atômica GBC 932AA (Melbourne, Austrália).

2.2 Preparo da biomassa

Inicialmente retirou-se o exocarpo e o endocarpo do coco lavou-se o mesocarpo com água destilada, o cortou em pequenos pedaços e o inseriu na estufa para ser desidratado, durante 72 horas a temperatura de 60°C.

Após seca, a fibra foi moída com auxílio do moinho de facas para diminuir sua granulometria. Dirigiu-a para as peneiras granulométricas de 28 e 32 mesh. O material retido na peneira de 32 mesh foi direcionado para o tratamento para que seja utilizado no processo de bioissorção e o restante foi descartado.

Em seguida tratou-se a biomassa, utilizando-se 10 gramas para cada 250 mL de hidróxido de sódio 0,1M em constante agitação e aquecimento a 50°C por 1 hora e 30 minutos. Posteriormente, sendo deixada em repouso pelo período de 24 horas.

Para finalizar, filtrou-se a vácuo e lavou-se abundantemente com água destilada e álcool 98%, seguidamente colocou-se na estufa a 60°C por 24 ho-ras, assim a fibra de coco foi ativada.

2.3 Preparo da solução com cobre (20 mg/L)

Para o preparo da solução de cobre com concentração 20 mg/L, pesou-se 0,07608 g de nitrato de cobre tri-hidratado e diluiu-se num balão volumétrico de 1000mL.

2.4 Otimização das condições de bioissorção usando PCC

Para a análise da atividade do bioissorvente, utilizou-se o planejamento composto central 2^3 , usando como parâmetro a quantidade em gramas da biomassa, o tempo de agitação e o pH da solução de cobre.

Tabela 1 - Planejamento Composto Central

Amostra	Massa (g)	Tempo	pH
1	0,5	20	4,5

2	0,5	20	5,5
3	0,5	40	4,5
4	0,5	40	5,5
5	1,5	20	4,5
6	1,5	20	5,5
7	1,5	40	4,5
8	1,5	40	5,5
9	0,159	30	5
10	1,841	30	5
11	1	13,18	5
12	1	46,82	5
13	1	30	4,16
14	1	30	5,84
15	1	30	5
16	1	30	5
17	1	30	5

Fonte: Aatoria.

2.5 Preparo das soluções para isotermas

Foram preparadas onze soluções com concentrações distintas, que podem ser observadas no quadro 3, fixando a massa da fibra da biomassa colocada no cartuxo da bomba peristáltica em 1,26 gramas, o pH das soluções em 5,3 com tempo de fluxo do leito por 37 minutos.

2.6 Preparo das soluções para cinética

Para essa análise foi preparado um litro de solução de cobre a 100 mg/L, com o pH 5.3 e, para cada tempo de fluxo foram utilizadas 1,26 g de biomassa no cartuxo da bomba peristáltica. O tempo de fluxo de cada amostra pode ser observado no quadro 4.

2.7 Análise no Espectrômetro de Absorção Atômica

Cada amostra foi direcionada a bomba peristáltica, com um fluxo ascendente para extrair o metal cobre. E, posteriormente, foi analisado o fluido no espectrômetro de absorção atômica, equipado com as respectivas lâmpadas de cátodo oco foi empregado para a determinação de Cu nos extratos filtrados. A taxa de fluxo de ar e gás acetileno foram otimizadas empregando soluções padrão diluídas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A determinação de cobre (Cu) nos extratos foi analisada através, espectrômetro de absorção atômica com chama, marca Varian modelo Spectra AA 200 FS. Contudo foi possível determinar a eficiência de remoção de cobre em cada pH, massa de biossorvente e tempo de agitação, que podem ser observados através da tabela a seguir.

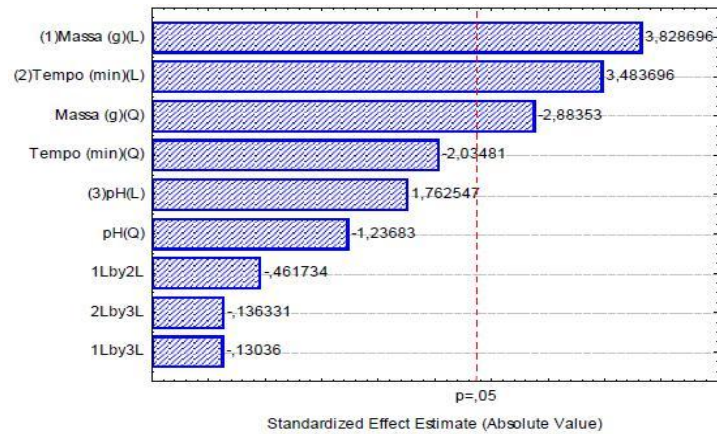
Tabela 2 – Eficiência Planejamento Composto Central

Amostra	Eficiência (%)
1	71,35
2	79,54
3	85,30
4	89,38
5	83,33
6	87,47
7	89,90
8	95,41
9	57,30
10	98,92
11	67,38
12	99,00
13	80,72
14	95,21
15	97,45
16	96,99
17	97,32

Fonte: Autoria.

De acordo com o gráfico 1, as variáveis que apresentaram maior significância foram a massa da biomassa e o tempo de fluxo no leito, com nível de confiança de 95%.

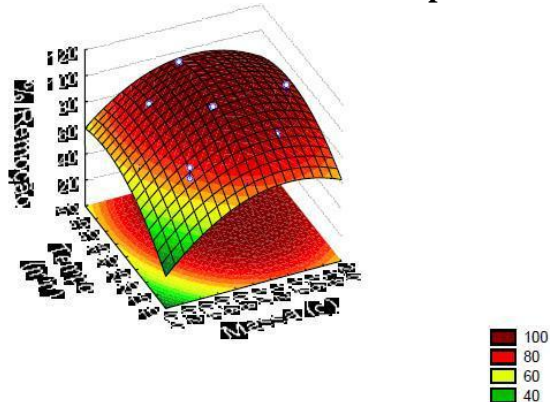
Gráfico 1 – Estatística de relevância das variáveis



Fonte: Aatoria.

Observa-se no gráfico 2 que se obteve com resolução de máxima resposta satisfatória.

Gráfico 2 – Massa x Tempo



Fonte: Aatoria.

A equação abaixo foi utilizada para resolução dos gráficos 1 e 2.

$$Z = -320,803 + 77,038x - 24,402x^2 + 3,827y^2 - 0,043y^2 - 0,232xy - (1,310.5,3x) - (0,0695.5,3y) + 315,028$$

3.1 Isotermas

O modelo escolhido foi o de Langmuir, que assume uma energia de adsorção uniforme na superfície, sem interação entre as moléculas adsorvidas, além de ser constante em todos os sítios e ocorrer em monocamada.

$$q = \frac{q_{\max} K_L C_e}{1 + K_L C_e}$$

Tabela 3 - Estudo de isotermas de adsorção

Conc. Teoria (mg/L)	Conc. Real (mg/L)	Conc. Final (mg/L)	q (mg/g)
20	16,37	0,20	0,641667
50	42,38	2,20	1,594444
80	68,90	4,86	2,54127
120	110,30	8,43	4,04246
160	146,75	14,11	5,263492
200	179,65	26,10	6,093254
250	227,50	44,35	7,190476
300	265,50	84,30	7,267857
350	320,80	115,30	7,93254
400	361,00	157,80	8,063492
500	430,90	231,00	8,154762

Fonte: Autoria.

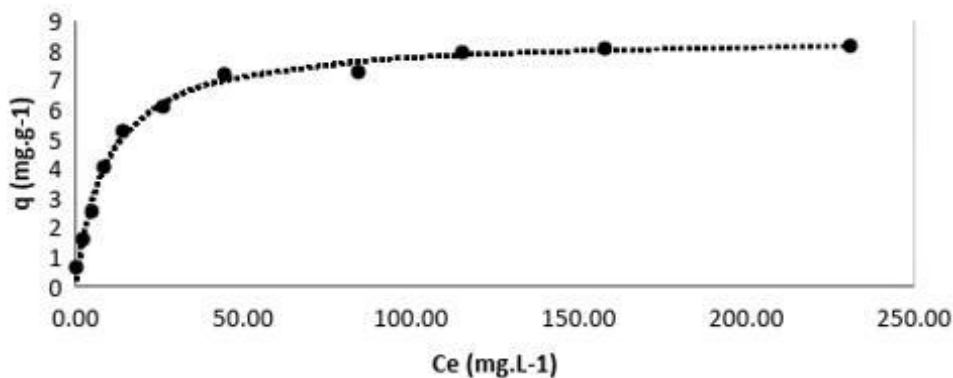
Resultados dos cálculos analisados:

$K_L = 0,104048$

$q_{\max} = 8,489148$

$R^2 = 0,9963$

Gráfico 3 - Isoterma De Langmuir



Fonte: Autoria.

O gráfico do processo de adsorção apresenta uma forte correlação linear, igual a 0,9963.

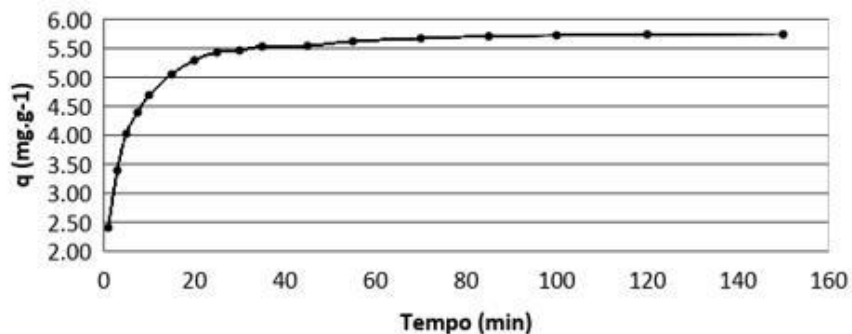
3.2 Cinética

Tabela 4 - Teste de Cinética de Equilíbrio de Adsorção

Tempo (min)	Conc. Final (mg/L)	q (mg/g)
1	55,44	2,40
3	42,98	3,39
5	34,98	4,03
7,5	30,38	4,39
10	26,62	4,69
15	22,11	5,05
20	19,06	5,29
25	17,34	5,43
30	16,94	5,46
35	16,05	5,53
45	15,91	5,54
55	14,94	5,62
70	14,28	5,67
85	13,83	5,71
100	13,63	5,72
120	13,44	5,74
150	13,43	5,74

Fonte: Aatoria.

Gráfico 4 - Estudo cinético de equilíbrio químico

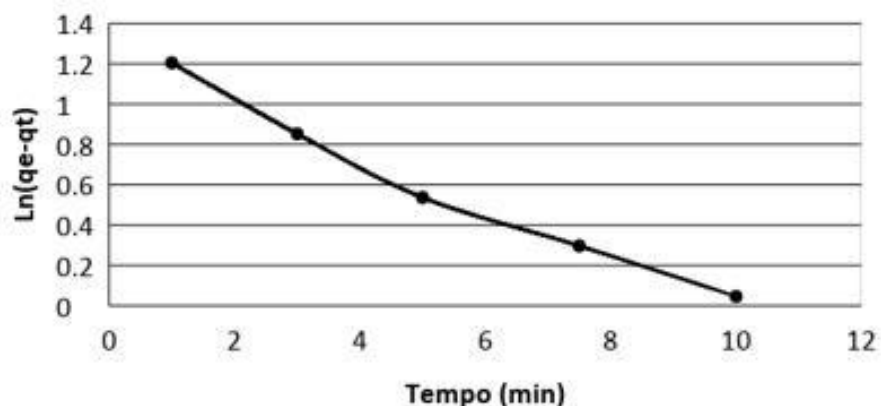


Fonte: Aatoria.

A avaliação do gráfico de equilíbrio de adsorção é possível afirmar que esse processo é fortemente favorável. A partir do estudo cinético de equilíbrio foi possível avaliar qual é o modelo cinético de adsorção que melhor se encaixa para o sistema estudado.

Modelo Pseudoprimeira Ordem: $\ln(q_e - q_t) = \ln q_e - k_1 \cdot t$

Gráfico 5 – Cinética Pseudoprimeira ordem



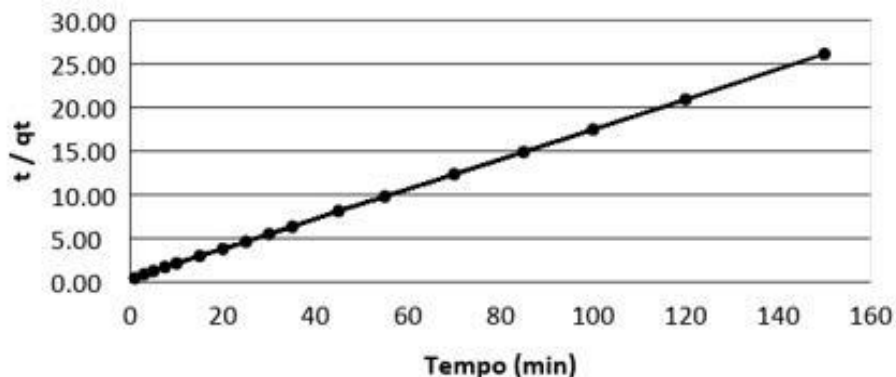
Fonte: Aatoria.

Em muitos casos, a equação de pseudoprimeira ordem não se ajusta bem a toda a faixa de tempo de contato, pois é aplicável apenas para estágios iniciais de adsorção, obtendo uma correlação linear igual a 0,9798.

Modelo Pseudosegunda Ordem:

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_s^2} + \frac{t}{q_s}$$

Gráfico 5 – Cinética Pseudosegunda Ordem



Fonte: Aatoria.

Esse modelo prediz o comportamento sobre toda a faixa de estudo de um processo de adsorção química que possui taxa controlada, apresenta uma relação linear próxima a 1.

4. CONCLUSÃO

Através dos experimentos realizados, verificou-se que foi possível a remoção de cobre das amostras analisadas, considerando os melhores parâmetros como a quantidade de fibra de coco e tempo de leito fluidizado. A amostra 12 demonstrou melhor resultado, com uma máxima resposta e uma eficiência de 99%.

Assim sendo, o estudo empregado na isotermas e cinética apresenta um processo favorável de quimiossorção em monocamadas, regido por um processo irreversível.

5. REFERÊNCIAS

DA SILVA, Nathan Alves; FERREIRA, Deusmaque Carneiro; LIMA, Alexandre de Faria. ABSORÇÃO DE METAIS TÓXICOS PELAS FIBRAS DE *COCOS NUCIFERA L.* Goiânia: ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, 2013. 2778 p. v. 9.

INTERNACIONAL COPPER ASSOCIATION LATIN AMERICA. O cobre. Disponível em: <<http://procobre.org/pt/quem-somos/icaamericalatina/>>. Acesso em: 28 out 2017.

Lee, 1996; Ortiz, 2000; Pino, 2005, apud SOUSA, Francisco Wagner De. Adsorção de metais tóxicos em efluente aquoso usando pó da casca de coco verde tratado. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/ri/bitstream/riufc/2189/1/2007_dis_fwsousa.pdf>. Acesso em: 27 out 2017.

LIMA, Verônica Ferreira; MERÇON, Fábio. Metais Pesados no Ensino de Química. Química Nova na Escola v.33, N°4, p. 199-205, 2011.

MAGALHAES, Victor Hugo Paes; FERNANDES, Marcia Angélica. Utilização do pericarpo de coco verde (*Cocos nucifera L.*) para a remoção de resíduos de íons cromo (VI) em soluções aquosas. Disponível em: <<http://revistascientificas.ifrj.edu.br>>. Acesso em: 20 ago 2017.

MOREIRA, C.S. Adsorção competitiva de cádmio, cobre, níquel e zinco em solos. Dissertação de mestrado p. 07, 2004.

SOUSA Francisco Wagner De. Adsorção de metais tóxicos em efluente aquoso usando pó da casca de coco verde tratado. Repositório UFC, p. 29, 2007.

7. AGRADECIMENTOS

OS AUTORES AGRADECEM À FAPEMIG PELO APOIO PRESTADO.

Uberaba, 01 e 02 de Dezembro de 2018