

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO pH NA ADSORÇÃO DO CORANTE AZUL REATIVO BF-5G UTILIZANDO A ZEÓLITA MORDENITA

Êmilys Thaynara dos Santos Silva¹
Leonardo Romero de Brito Silva²
Tellys Lins Almeida Barbosa³
Meiry Glauca Freire Rodrigues⁴

RESUMO

O Brasil é um dos maiores produtores industriais de têxteis, o uso de corantes no processo de tingimento geram efluentes altamente coloridos, que quando não são tratados corretamente podem causar graves problemas à saúde dos seres humanos além de causar grandes impactos ao meio ambiente, diante da problemática, percebe-se a necessidade urgente de tratar os efluentes liberados por esse setor industrial. A adsorção é um dos métodos mais utilizados para o tratamento das águas oriundas do processo de tingimento e lavagem do tecido, um dos materiais adsorventes utilizados são as zeólitas. Esse trabalho teve como objetivo sintetizar a zeólita mordenita, utilizando o método hidrotérmico, caracterizar por difração de raios X (DRX) e realizar o processo de adsorção do corante Azul reativo BF-5G em diferentes pH's utilizando um sistema de banho finito. De acordo com o resultado de DRX, a zeólita mordenita foi sintetizada com sucesso. Nos testes de adsorção variando o pH, a zeólita mordenita utilizada apresentou um maior desempenho em valor de pH igual a 1.

Palavras-chave: Mordenita, Adsorção, Remoção de corante, pH, Corante Azul BF-5G.

INTRODUÇÃO

Os efluentes industriais que contêm corantes em alta concentração geram graves problemas de saúde aos seres humanos podendo ter graves consequências, tais como câncer, tumores, icterícia, alergias, irritação da pele e mutações (BINGJIE et al., 2013), além de causar grandes impactos à natureza, como é o caso da poluição das águas. Para Fungaro (2009), a poluição das águas origina-se de várias fontes que produz contaminantes patogênicos, substâncias químicas inorgânicas e orgânicas. A grande capacidade poluidora dos mais diversos processos industriais tem gerado uma preocupação crescente, isso ocorre devido aos efluentes gerados possuírem elementos com altos níveis de toxicidade (SILVA et al., 2010).

¹ Graduando do Curso de Engenharia Química da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, emilys.santos@eq.ufcg.edu.br;

² Graduando pelo Curso de Engenharia Química da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, leoromero1998@gmail.com;

³ Doutorado em Engenharia Química da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, tellyslins@hotmail.com;

⁴ Professora do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, meirygfr@hotmail.com.

Os corantes são compostos químicos orgânicos que possuem a propriedade de absorver luz visível seletivamente, devido à presença de grupos cromóforos tais como nitro, nitroso, azo e carbonila eles aparecem coloridos e, podem ser classificados de acordo com sua estrutura química (antraquinona, azo e etc.) ou de acordo com o método pelo qual ele é fixado à fibra têxtil. Além disso, os grupos auxocromos sulfônicos tornam a molécula do corante solúvel em meio aquoso e aumentam a afinidade pelas fibras no processo de tingimento (KIMURA et.al.,1999).

Uma dificuldade encontrada é a remoção, no tratamento, da forte cor causada pelos corantes advindos dos processos de tingimento e acabamento (CHAVES et al., 2008). São diversas as técnicas que vem sendo aplicadas em escala industrial para o tratamento dessas águas residuais contaminadas com corantes, a citar, o carvão ativado, a sílica-gel, a alumina ativada e as peneiras moleculares são os adsorventes mais utilizados (CRINI, 2006).

Sendo assim, diante da problemática, há um interesse muito grande no desenvolvimento de novas técnicas ou aprimoramento de técnicas para o tratamento dos efluentes descartados pelas indústrias têxteis. Como resultado, muitos pesquisadores tentaram usar os adsorventes econômicos para remoção de corantes de efluentes residuais, dentre os adsorventes existentes destacam-se as zeólitas (SILVA et al., 2017). Estruturalmente, as zeólitas são polímeros cristalinos baseados num arranjo tridimensional de tetraedros TO_4 (SiO_4 ou AlO_4^-) ligados pelos seus átomos de oxigênio para formar subunidades e, finalmente, enormes redes constituídas por blocos idênticos. (GUISNET,2004).

O pH de uma solução é um parâmetro de controle importante no processo de adsorção (AHMED et al., 2016) e este parâmetro afeta a carga superficial dos adsorventes, bem como afeta o grau de ionização de diferentes corantes. Os íons hidrogênio e hidroxilas são fortemente adsorvidos e, por isso, a adsorção de outros íons é afetada pelo pH da solução. A variação no valor do pH afeta o processo de adsorção pela dissociação de grupos funcionais nos sítios ativos da superfície do adsorvente.

Nosso grupo tem desenvolvido diversos estudos utilizando adsorventes (peneiras moleculares, argilas) para serem utilizados no tratamento de efluentes contendo corantes reativos (LIMA et al., 2014; LIMA et al., 2014; LIMA et al., 2015; ROCHA et al., 2015; ROCHA et al., 2016; SOUSA et al., 2016; BARBOSA et al., 2016; LIMA et al., 2016; LIMA et al., 2016; BARBOSA et al., 2017; ALVES et al., 2017; ALVES et al., 2017; ARAÚJO et al., 2017; SILVA et al., 2017; SILVA et al., 2019; SILVA et al., 2019).

Este estudo tem como objetivo sintetizar a zeólita mordenita e analisar a capacidade de adsorção desta zeólita na remoção do corante azul reativo em valores diferentes de pH do meio reacional em sistema de banho finito.

METODOLOGIA

Os experimentos foram desenvolvidos no Laboratório de Desenvolvimento de Novos Materiais (LABNOV), localizado na Unidade Acadêmica de Engenharia Química, no Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Campina Grande (UAEQ/CCT/UFCG).

Síntese da zeólita mordenita

A zeólita mordenita foi sintetizada hidrotermicamente de acordo com a metodologia proposta por KIM e AHM, 1991. Foi realizado a diluição do hidróxido de sódio com uso de água destilada, até dissolução completa. Em seguida, foi acrescentado aluminato de sódio e água destilada à mistura inicial. Por fim, a sílica aerosil 380 é adicionada ao recipiente, que se manteve em agitação mecânica, acima de 900 rpm, por 30 minutos. A mistura reacional foi levada à autoclave de teflon, ocupando 70 % do volume do recipiente, e colocada dentro de uma autoclave de aço inoxidável, que permaneceu em uma estufa por 72 horas a 170 °C. Após decorrido este tempo, o sólido foi recuperado por filtração, lavado até atingir um pH igual a 7 e seco a 80 °C por um período de 24 horas.

Caracterização

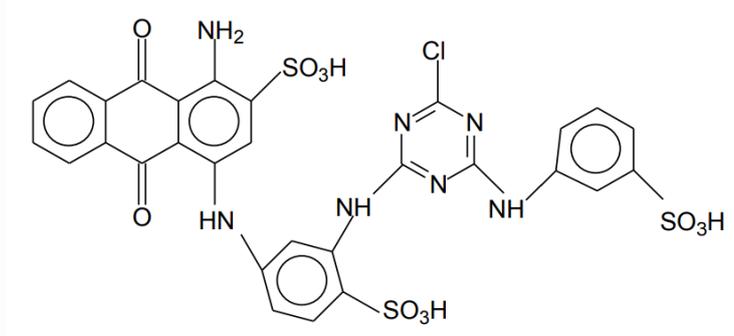
Difração de raios X – A amostra foi realizada utilizando o método de pó, empregando-se um difratômetro Shimadzu XRD-6000 com radiação $\text{CuK}\alpha$ tensão de 40 kV, corrente de 30 mA, passo de 0,02°, tempo por passo de 1,0s e velocidade de varredura de 2° a cada min, nos intervalos de 2θ entre 3° e 50°.

Preparação e ajuste de pH do meio reacional

Para a realização dos experimentos foi utilizado como adsorvente a zeólita mordenita sintetizada. O adsorbato utilizado foi uma solução aquosa do corante Azul reativo BF – 5G

fornecido pela TEXPAL. A estrutura química do corante Azul reativo BF – 5G encontra-se na Figura 1.

FIGURA 1. Estrutura química do corante Azul reativo BF-5G.



Para a análise do pH na remoção do corante Azul reativo BF – 5G, foram realizadas diluições a partir de uma solução a 1000 mg l^{-1} do corante. Em seguida, diluiu-se a solução inicial para uma concentração de 50 mg l^{-1} . O ajuste do pH foi feito com Hidróxido de sódio 1,0 M e Ácido clorídrico 3,0 M.

Testes para avaliação do pH e remoção do corante Azul reativo BF – 5G em sistema de banho finito

Nos ensaios foram utilizados erlenmeyers, previamente identificados, contendo 0,5 g da zeólita mordenita e 50 ml da solução de corante com concentração de 50 mg.l^{-1} . Para cada erlenmeyer corrigiu-se o pH em concordância com sua identificação. As amostras foram mantidas sob agitação, à temperatura de $25 \text{ }^\circ\text{C}$, em um shaker TE- 420 Tecnal, a 200 rpm durante 3 horas.

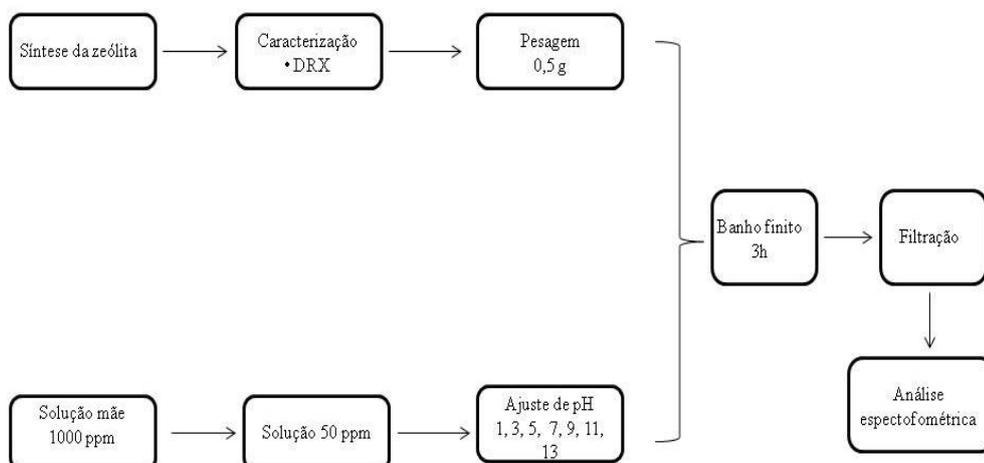
Após esse tempo as amostras foram filtradas objetivando a retirada da matéria sólida e o filtrado levado à análise espectrofotométrica visível. A concentração de corante após os ensaios de banho finito foi medida em um Espectrofotômetro de UV – Visível, a fim de avaliar a concentração remanescente do corante. A percentagem de remoção total de corante (%Rem) foi obtida por meio da Equação (1):

$$\%Rem = \left(\frac{c_0 - c}{c_0} \right) * 100 \quad (1)$$

Em que: %Rem é a percentagem total de remoção de corante; c_0 é a Concentração da solução inicial, em mg.l^{-1} ; C é a Concentração da solução final, em mg.l^{-1} .

Na Figura 2 está apresentado um diagrama geral para a obtenção dos dados.

FIGURA 2. Diagrama geral do processo de obtenção dos dados para análise.



Fonte: Autor, 2019.

DESENVOLVIMENTO

Para Fungaro (2009), a poluição das águas origina-se de várias fontes que produz contaminantes patogênicos, substâncias químicas inorgânicas e orgânicas. A grande capacidade poluidora dos mais diversos processos industriais tem gerado uma preocupação crescente, isso ocorre devido aos efluentes gerados possuírem elementos com altos níveis de toxicidade (SILVA et al., 2010). Estudos evidenciam que a poluição de cursos de água com corantes começam a se visualizados com concentrações superiores a 1 mg.l^{-1} . Além disso, resíduos da indústria têxtil podem conter ainda metais pesados em níveis acima dos permitidos pelas leis ambientais (BOOTH et al., 1985).

Corantes Reativos são corantes contendo um grupo eletrofílico (reativo) capaz de formar ligação covalente com grupos hidroxila das fibras celulósicas, com grupos amino, hidroxila e tióis das fibras protéicas e também com grupos amino das poliamidas. Esses tipos de corantes estão sendo utilizados em escala crescente pelas indústrias têxteis devido à sua reatividade com as fibras e estabilidade da cor. Nos corantes reativos, a reação química se processa diretamente através da substituição do grupo nucleofílico pelo grupo hidroxila da celulose.

O tratamento mais comum utilizado na remoção de corantes dos efluentes industriais é a adsorção. Este processo encontra grande aplicação industrial, pois associa baixo custo a elevadas taxas de remoção (RUTHVEN, 1984). Adsorventes alternativos de baixo custo para a remoção de corantes de efluentes aquosos contaminados têm despertado grande interesse.

(83) 3322.3222

contato@conapesc.com.br

www.conapesc.com.br

Vários estudos têm avaliado a capacidade de adsorção de materiais como a quitosana (CHAVES et al., 2008; CRINI, 2006). A capacidade de remoção de um adsorvente depende principalmente da sua área de contato e dos sítios ativos (DELIGEER et al., 2011). Portanto, é necessário que esses adsorventes tenham muitos sítios ativos além de uma grande área de contato, a porosidade permite a transferência de matéria entre os espaços intracristalinos, sendo que a transferência de carga é limitada pelo diâmetro de poros da estrutura (VANSANT, 1945). Dentre os materiais existentes destacam-se as zeólitas.

As zeólitas são aluminosilicatos cristalinos microporosos constituídos por um arranjo tridimensional de tetraedros TO_4 (SiO_4 ou AlO_4^-) ligados entre si, formando uma estrutura aberta tridimensional composta por um conjunto de cavidades (BRECK, 1984). Sua estrutura microporosa permite a mobilidade de íons pelos canais e cavidades, propiciando seletividade aos processos de troca iônica (GASPARD et al., 1983), são excelentes adsorventes devido à sua alta área superficial, textura microporosa predominantemente, elevada porosidade, reatividade de superfície elevada e alta concentração de sítios ativos.

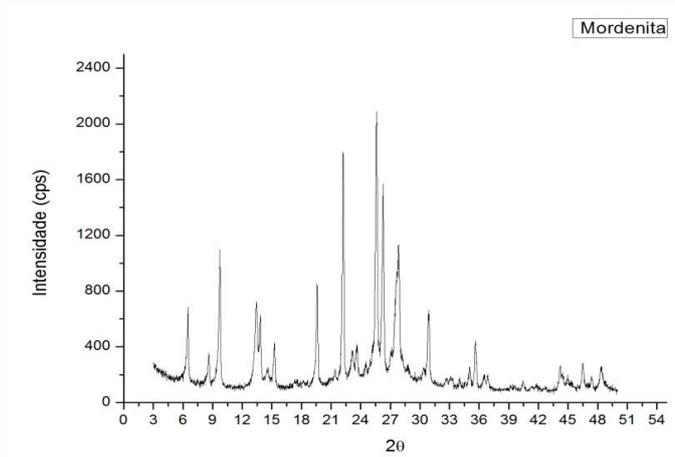
Alguns fatores podem afetar a adsorção, tais como estrutura molecular ou natureza do adsorvente, a solubilidade do soluto, potencial de oxirredução, força iônica, textura, presença de cátions competindo pelos mesmos sítios de adsorção, pH do meio e a temperatura (CHRISTENSEN, 1989; FILIUS et al., 1998).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estrutura cristalina da zeólita mordenita sintetizada foi determinada por difração de raios X (DRX) e na Figura 3 está apresentado o difratograma.

Todos os picos de DRX concordam bem com os picos característicos da zeólita mordenita de acordo com a literatura. Foi possível observar os picos característicos da zeólita em $2\theta = 9,8, 19,59, 22,4, 25,8, 26,4, 27,7$ e $30,9^\circ$, evidenciando uma alta cristalinidade para a zeólita preparada, estando em concordância com o padrão IZA (International Zeolite Association) e com a ficha JCPDS 049 – 0924. Nenhum pico adicional é observado, indicando a cristalização da zeólita mordenita de forma pura.

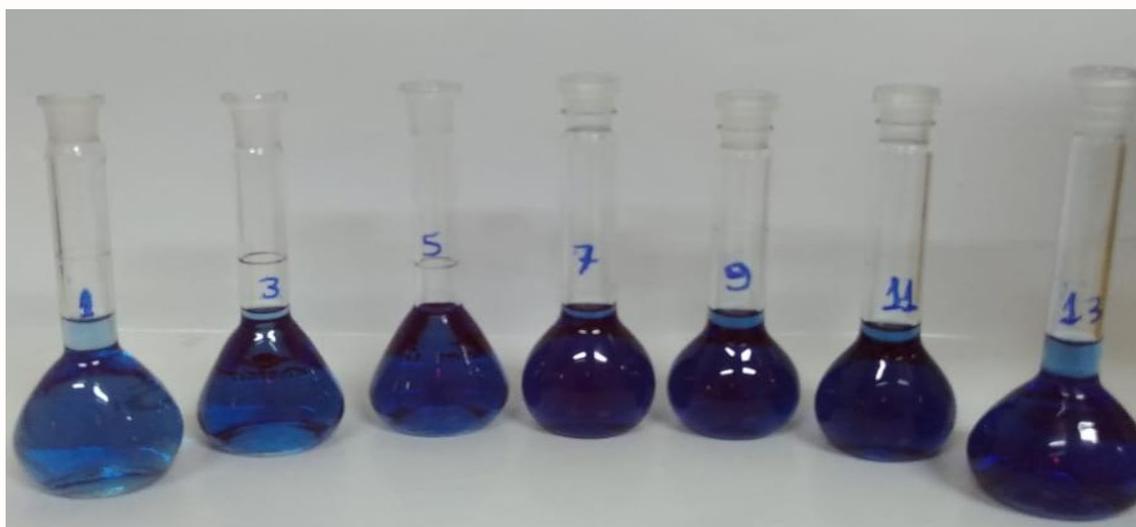
FIGURA 3 - Difratoograma de raios X da zeólita mordenita sintetizada.



Fonte: Autor, 2019.

Na Figura 4 está apresentada uma foto dos resultados da influência do pH.

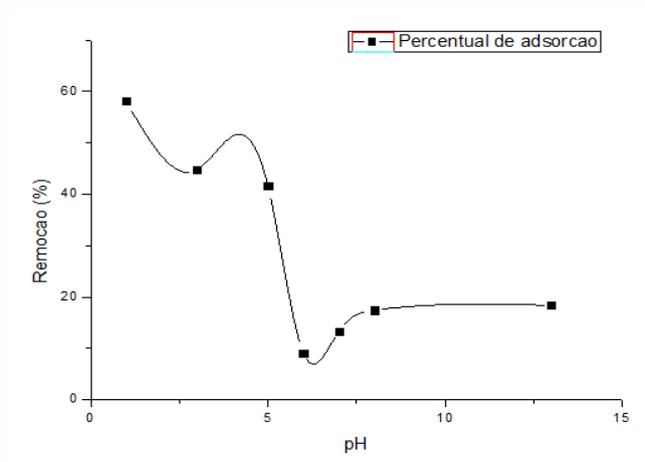
FIGURA 4 - Amostras após a filtração do adsorvente.



Na Figura 4 pode-se observar a diferença de coloração entre os balões contendo os filtrados com diferentes pH's, o que evidencia que a zeólita mordenita tem maior efeito de adsorção em meios fortemente ácidos. A partir da foto apresentada na Figura 4, constata-se que em pH 1, houve uma maior remoção.

Os resultados obtidos para a percentagem de remoção (%Rem), a partir da variação do pH para a zeólita mordenita em relação ao corante reativo azul BF-5G são apresentados nas Tabela 1 e Figura 5.

FIGURA 5 - Percentagem em função do pH.



Fonte: Autor,2019.

TABELA 1. Resultados obtidos da remoção do corante reativo azul BF-5G variando o pH utilizando a zeólita mordenita como adsorvente.

Experimento	Massa (g)	pH		%Remoção do corante
				Azul BF-5G
1	0,5	1	ácido	58,10
2	0,5	3	ácido	44,76
3	0,5	5	ácido	41,68
4	0,5	7	neutro	9,14
5	0,5	9	básico	13,36
6	0,5	11	básico	17,46
7	0,5	13	básico	18,40

Algumas observações podem ser destacadas a partir da Tabela 1 e da Figura 5:

- i) Em pH ácido, os valores de percentagem de remoção são superiores a 40 %, onde em pH igual a 1 (fortemente ácido) a percentagem de remoção foi de 58,10 %;
- ii) Em pH neutro, os valores de percentagem de remoção são superiores a 9 %;
- iii) Em pH básico, o valor é superior a 13 %.
- iv) Verifica-se que o melhor resultado de remoção foi de 58,10 foi para o valor de pH 1.

A literatura mostra que o processo de adsorção depende de diversos fatores, tais como a estrutura do adsorvente e do adsorbato e, também depende das condições experimentais, onde destaca-se o pH do meio. O pH de uma solução é um parâmetro de controle importante no processo de adsorção (AHMED et al., 2016) e este parâmetro afeta a carga superficial dos adsorventes, bem como afeta o grau de ionização de diferentes poluentes. A variação no valor do pH afeta o processo de adsorção pela dissociação de grupos funcionais nos sítios ativos da superfície do adsorvente. Conseqüentemente, isto conduz a uma modificação na reação e nas características de equilíbrio do processo de adsorção (MALL et al., 2006).

Na Tabela 1 estão apresentados o melhor resultado com pH igual a 1 para a zeólita mordenita como adsorvente.

TABELA 2. Comparação dos dados de remoção de corante do presente estudo com outro publicado na literatura.

Adsorvente	Corante reativo	Condições experimentais	pH	Remoção (%)	Ref.
Zeólita mordenita	azul	T ambiente; 200 rpm; 3 h	1	58,10	Este estudo
Zeólita mordenita	vermelho	T ambiente; 200 rpm; 3 h	1	67,00	SILVA et al., 2017.

Comparando os resultados da zeólita mordenita com os dois diferentes adsorventes (corante reativo azul e corante reativo vermelho) identifica-se que a eficiência da zeólita mordenita foi superior quando utilizado o adsorvente (corante reativo vermelho). Como as condições experimentais foram iguais, este fato pode ser explicado pela característica do corante vermelho.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo, a zeólita mordenita foi avaliada como adsorvente na remoção do corante reativo azul em sistema de banho finito e a influência do pH foi avaliada.

De acordo com o resultado de DRX, a zeólita mordenita foi sintetizada com sucesso.

Nos testes de adsorção variando o pH, a zeólita mordenita utilizada apresentou um maior desempenho em valor de pH igual a 1.

REFERÊNCIAS

AHMED, K., REHMAN, F., Pires, C.T.G.V.M.T., RAHIM, A., Santos, A. L., AIROLD, C. **Aluminum doped mesoporous silica SBA-15 for the removal of remazol yellow dye from water.** *Microporous and Mesoporous Materials*, 236, 167 – 175, 2016.

ALVES, A. C.; BARBOSA, A. S., RODRIGUES, M. G. F.. caracterização da argila chocolate B por DRX e FRX-D e FRX-ED e remoção de corante reativo BF-3R por adsorção. **Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências.** (2017).

ALVES, A. C.; ROCHA, L. N.; BARBOSA, A. S., RODRIGUES, M. G. F.. Avaliação da capacidade de adsorção da argila chocolate B ativada termicamente. **Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências.** (2017).

ARAÚJO, M. E. B.; BARBOSA, A. S., RODRIGUES, M. G. F., Emprego da argila chocobofo ativada termicamente na remoção do corante vermelho reativo BF-4B. **Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências.** (2017).

BARBOSA, A. S., ROCHA, L. N., BARBOSA, A. S., MONTEIRO, G., RODRIGUES, M. G. F.. Argila vermelha utilizada como adsorvente na remoção de corantes reativos. **Congresso Brasileiro de Cerâmica.** (2016).

BARBOSA, A. S., ROCHA, L. N., MONTEIRO, G., RODRIGUES, M. G. F.. Análise estatística da remoção de corantes reativos a partir da argila vermelha. **Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências.** (2017).

BINGJIE, L. DONGFENG, W. GUANGLI, Y. XIANGHONG, M., **Adsorption of heavy metal ions, dyes and proteins by chitosan composites and derivatives-a review.** *Oceanic and Coastal Sea Research*, 12, 500-508, 2013.

BOOTH, G.; ZOLLINGER, H.; MCLAREN, K.; SHARPLES, W. G.; WESTWALL, A. **Em Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry;** 5th ed.; VCH: Weinheim, 1985, A9, p. 73.

BRECK, D.W. **Zeolite Molecular Sieves,** John Wiley, Nova Iorque, 1984

CHAVES, J.A.P.; SOUSA, A.G.; BEZERRA, C.W.B.; SILVA, H.A.S.; SANTANA, S.A.A.; VIEIRA, A.P.; SCHULTZ, M. S. **Isotermas de adsorção de diferentes corantes têxteis sobre a quitosana.** *Química no Brasil* 2, p. 37-40, 2008.

CHRISTENSEN, T.H. **Cadmium soil sorption at low concentrations.** *Water Air, Soil Poll.*, 44:71-82, 1989.

CRINI, G. **Non-conventional low-cost adsorbents for dye removal: A review.** *Bioresource Technology*, 1061-1085, 2006.

DELIGEER, W.; GAO, Y.W.; ASUHA, S. **Adsorption of methyl orange on mesoporous γ Fe₂O₃/SiO₂ nanocomposites.** *Applied Surface Science*. 257, 3524-3528, 2011.

FILIUS, A.; STRECK, T. & RICHTER, J. **Cadmium sorption and desorption in limed topsoils as influenced by pH: Isotherm and simulated leaching.** *J. Environ. Qual.*, 27:12-18, 1998.

FUNGARO, D. A.; IZIDORO, J. C., BRUNO, M. **Aplicação de material zeolítico sintetizado de cinzas de carvão como adsorvente de poluentes em água.** *Eclética Química*, 34, 45-50, 2009.

GASPARD, M.; NEVEU, A.; MARTIN, G.; **Water Res.** 17, 279,1983.

GUISNET, M.; RIBERIRO, F. R.; **Zeólitos - um nanomundo ao serviço da catálise,** Fundação Calouste Gulbenkian: Lisboa, 2004.

KIM, G. J., AHN, W. S., **Direct synthesis and characterization of high-SiO₂-content mordenites.** *Zeolites*. 11, 745-750, 1991.

KIMURA. I. Y., GONÇALVES JR.. A. C., LARANJEIRA,S. J., M.C.M., FÁVERE, V.T. **Efeito do pH e do Tempo de Contato na Adsorção de Corantes Reativos por Microesferas de Quitosana.** *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, 51-57, 1999.

LIMA, F. S.; BARBOSA, A. S., RODRIGUES, M. G. F.. Tratamento de efluentes(corante reativo azul BF-5G) utilizando argila Bragsel como adsorvente. **Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências.** (2016).

LIMA, F. S.; ROCHA, L. N., BARBOSA, A. S., RODRIGUES, M. G. F.. estudo da capacidade de remoção do corante reativo vermelho BF-4B em argila Vermelha e Bragsel. **Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências.** (2016).

LIMA, L. A., MOTA, M. F., MENEZES, V. M. R., RODRIGUES, M. G. F. Síntese da peneira molecular MCM-41 e sua utilização como adsorvente na remoção do corante azul reativo BF-5G. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Química**, 2014, Florianópolis.

LIMA, L. A., PAULA, G. M., RODRIGUES, M.G.F., **Síntese da peneira molecular SBA-15 e sua utilização como adsorvente na remoção de corantes,** XXIV Congresso Iberoamericano de Catálisis, Mendellin, Colômbia, 2014.

MALL, I. D; SRIVASTAVA, V. C.; AGARWAL, N. K. **Removal of orange – G and methyl violet by adsorption onto bagasse fly ash- kinetic study equilibrium isotherm analyses.** *Dyes Pigm*, 69, 210 – 223, 2006.

SILVA, F. M. N.; ALVES, A. C.; LIMA, E. G.; RODRIGUES, M. G.F. influencia do pH na adsorção do corante vermelho reativo BF-4B utilizando a zeólita Mordenita. **II Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências, Campina Grande**, 2017.

SILVA, F. M.; SANTANA, S. A. A.; BEZERRA, C. W. B.; SILVA, H. A. S. **Adsorção do corante têxtil azul de Remazol R por pseudocaule da bananeira (Musa sp.)**. Cadernos de Pesquisa, 17, 71-77, 2010.

SILVA, F. N. M., BARBOSA, T. L. A., RODRIGUES, D. P. A., RODRIGUES, Meiry G. F., síntese da zeólita SAPA-34 e aplicação na remoção do corante reativo amarelo BF-3R, **XXI Congresso Argentino de Catálisis, X Congresso de Catalisis del Mercosur**, 2019 (aceito).

SILVA, F. N. M., SILVA, Leonardo R. B., SILVA, Ê.T.S., RODRIGUES, Meiry G. F., Síntese da zeólita Mordenita e modificação com CTMABr. Aplicação na remoção do corante Rodamina B, **XXI Congresso Argentino de Catálisis, X Congresso de Catalisis del Mercosur**, 2019 (aceito).

SOUSA, A. K. F. DE, LIMA JUNIOR, G. E., SEVERO, W. K. G., BARBOSA, A. S., RODRIGUES, M. G. F.. Utilização da argila branca ativada acidamente como adsorvente visando avaliar o pH na remoção do corante azul BF- 5G. **Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências**. (2016).

ROCHA, L. N., BARBOSA, A. S.; RODRIGUES, M. G. F.. Ensaio de adsorção de dois corantes reativos utilizando argila vermelha. **XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Química** (2016).

ROCHA, L. N., BARBOSA, A. S., MONTEIRO, G., A. S. BARBOSA, RODRIGUES, M. G. F.. Influência do pH na remoção de corantes reativos utilizando argilas como adsorventes. **Congresso Brasileiro de Catálise**. 2015.

RUTHVEN, D. M. **Principals of adsorption and adsorption processes**. John Wiley & Sons, 1984.

VANSANT, E. F.; **Pore size engineering in zeolites**. John Wiley & Sons, p. 145, 1945.