

ADSORÇÃO EM BATELADA DE CORANTE REATIVO AZUL BIFUNCIONAL 5G EM CARVÃO ATIVADO COMERCIAL

Êmilys Thaynara dos Santos Silva¹
Diogo Pierre Alves Rodrigues²
Meiry Glauca Freire Rodrigues³

RESUMO

O presente trabalho tem o objetivo de aplicar o carvão ativado comercial no processo de remoção de corante azul reativo bifuncional 5G (BF-5G). O carvão ativado foi utilizado (como recebido) como adsorvente para separação por adsorção em batelada de BF-5G presente em solução aquosa. Os ensaios foram realizados de acordo com um planejamento experimental fatorial 2^2 com 3 pontos centrais, onde foram avaliadas duas variáveis de entrada: massa de adsorvente e tempo de agitação, que possibilitou observar as variáveis de resposta: percentagem de remoção total (%) e capacidade de remoção (mg de corante BF-5G/g de carvão ativado). Os sistemas de adsorção foram submetidos a 200 rpm de agitação a temperatura ambiente (25 °C). Pode-se destacar os seguintes resultados: (i) na presença de maior massa de adsorvente a adsorção de corante é melhorada; (ii) a interação entre BF-5G e carvão ativado é destacada no tempo de agitação 3 h; (iii) apenas o fator massa influenciou nos resultados da variável resposta: percentagem de remoção. Os experimentos foram bem realizados e os modelos obtidos para as variáveis respostas representaram mais de 90 % dos dados experimentais. Foi possível validar o modelo de superfície resposta para percentagem de remoção total. O processo em batelada se mostrou eficiente nesse estudo. O carvão ativado apresentou uma capacidade máxima de adsorção de 2,36 mg/g a temperatura ambiente (25 °C). O carvão se mostrou um bom adsorvente neste sistema de estudo, pois foram obtidos valores satisfatórios de percentagem de remoção do corante (71 %).

Palavras-chave: Adsorção, Águas residuais, Batelada, Corante reativo azul, Tratamento de efluentes.

INTRODUÇÃO

Diferentes corantes presentes na água têm um efeito desfavorável na vida humana e ameaçam a fauna e a flora. Existem várias tecnologias e materiais utilizados para a eliminação destes corantes das águas residuais. A adsorção é um dos métodos mais comuns para a remoção de moléculas de corantes orgânicos em águas. O carvão ativado é conhecido como adsorvente eficaz para a remoção de corantes de solução aquosa.

¹ Graduanda do Curso de Engenharia Química da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, emilyssilva.ets.23@gmail.com;

² Mestrando em Engenharia Química pela Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, diogopierrealvesrodrigues@gmail.com;

³ Professora orientadora: Doutora, Unidade Acadêmica de Engenharia Química da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, meiry.rodrigues@ufcg.edu.br.

Nosso grupo de pesquisa (Laboratório de Desenvolvimento de Novos Materiais – LABNOV, UFCG, Brasil) tem publicado uma série de trabalhos sobre remoção de corantes utilizando diversos adsorventes (LIMA; MOTA; RODRIGUES, 2014; LIMA et al., 2014a; LIMA et al., 2014b; PAULA; LIMA; RODRIGUES, 2014; SCHEIBLER et al., 2014; MENEZES; LIMA; RODRIGUES, 2015; ROCHA; BARBOSA; RODRIGUES, 2016; ARAÚJO; BARBOSA; RODRIGUES, 2017; BARBOSA et al., 2017; SILVA et al., 2017; SILVA; ARAÚJO; BARBOSA, 2017; ARAÚJO; BARBOSA; RODRIGUES, 2018; BARBOSA; ALVES; RODRIGUES, 2018; BARBOSA; BARBOSA; RODRIGUES, 2018; BARBOSA et al., 2018; SILVA et al., 2018; SOUSA; BARBOSA; RODRIGUES, 2018; RODRIGUES et al., 2018a; RODRIGUES et al., 2018b; TOMAZ et al., 2018; BARBOSA et al. 2019; BARBOSA et al., 2019a; BARBOSA et al., 2019b; RODRIGUES et al., 2019; SILVA, Ê. T. dos S. et al., 2019; SILVA F. N. M. et al., 2019; SILVA L. R. B. et al., 2019).

O presente trabalho tem o objetivo de aplicar o carvão ativado comercial no processo de remoção de corante azul reativo bifuncional 5G (BF-5G).

METODOLOGIA

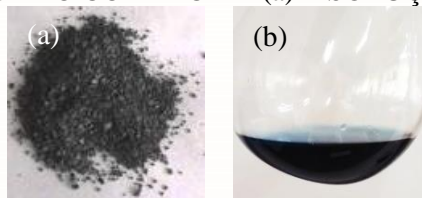
Os experimentos foram desenvolvidos no Laboratório de Desenvolvimento de Novos Materiais (LABNOV), localizado na Unidade Acadêmica de Engenharia Química, no Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Campina Grande (UAEQ/CCT/UFCG).

Todos os produtos foram comprados de fornecedores comerciais e usados como recebidos (sem purificação adicional) e incluíram: carvão ativado comercial (NORIT), corante reativo azul bifuncional (BF-5G, TEXPAL Química).

O carvão ativado comercial foi utilizado como adsorvente. Uma solução aquosa de corante reativo azul BF-5G com concentração 53,69 mg/L (pH 6,5) foi utilizada como adsorbato.

As Fig. 1a e 1b apresentam o adsorvente na sua forma como recebida do fornecedor e a solução de corante.

FIGURA 1 – CARVÃO ATIVADO COMERCIAL (a) E SOLUÇÃO DE CORANTE BF-5G (b)



O corante foi inicialmente dissolvido em água destilada para obter soluções padrão com diferentes concentrações (0 – 100 mg/L). A leitura da absorbância das soluções foi realizada com comprimento de onda de absorção máxima 620 nm para detecção do corante reativo azul BF-5G em espectrômetro UV-VIS 1600 (Pró-Análise) de absorção na região do ultravioleta-visível. Foi construída uma curva de calibração absorbância *versus* concentração do corante. O gráfico da curva foi representado, permitindo o cálculo do coeficiente de absortividade de acordo com a Lei Lambert-Beer, por ajuste linear (0,999). A partir da curva foi possível determinar a concentração do corante das amostras.

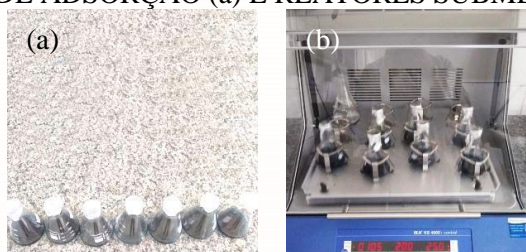
A adsorção do corante sobre o adsorvente foi investigada utilizando sistemas de banho finito (adsorção do tipo batelada) de acordo com um planejamento experimental fatorial 2^2 com 3 experimentos no ponto central, onde foram avaliadas duas variáveis de entrada: massa de adsorvente e tempo de agitação, que possibilitou observar as variáveis de resposta: percentagem de remoção total (% Rem) e capacidade de remoção (q_{eq} , mg de corante/g de adsorvente). Todos os sistemas foram realizados a temperatura ambiente $25 \pm 0,5$ °C e com 200 rpm de agitação em agitador mecânico (IKA KS 4000 i control). A matriz de entrada de dados e os sinais para os efeitos fatoriais estão apresentados na Tabela 1.

TABELA 1 – MATRIZ DE ENSAIOS DO PLANEJAMENTO FATORIAL

Ensaio	Variáveis independentes		Fatores com dois níveis e três pontos centrais		Variáveis respostas	
	Massa (g)	Tempo (h)	Fator 1 (g)	Fator 2 (h)		
1	0,25	1	–	–	% Rem	q_{eq} (mg/g)
2	0,75	1	+	–		
3	0,25	3	–	+		
4	0,75	3	+	+		
5	0,50	2	0	0		
6	0,50	2	0	0		
7	0,50	2	0	0		

Os ensaios consistiram na adição de adsorvente a um volume de adsorbato (Fig. 2a). Após isso, as amostras foram agitadas com velocidade constante (Fig. 2b).

FIGURA 2 – ENSAIOS DE ADSORÇÃO (a) E REATORES SUBMETIDOS A AGITAÇÃO (b)



Em seguida, as fases sólida e líquida foram separadas por decantação (10 segundos) e a absorbância da fase líquida foi analisada com comprimento de onda de 620 nm usando o espectrômetro. Através da curva de calibração foi possível determinar a concentração das amostras após o processo de separação por adsorção. A percentagem de remoção de corante (% Rem) e a capacidade de remoção (q_{eq}) foram calculadas com base nas equações 1 e 2, respectivamente:

$$\% \text{ Rem} = (1 - C/C_0) \times 100$$

Equação 1

$$q_{eq} = (V/m) \times (C_0 - C)$$

Equação 2

Em que: % Rem: percentagem de remoção total; q_{eq} : capacidade de remoção (mg de corante/g do adsorvente); V: volume de solução aquosa de corante (L); m: massa de adsorvente (g); C_0 : concentração inicial da solução de corante (mg/L); C: concentração final remanescente após o processo em batelada (mg/L).

A partir dos dados obtidos dos sistemas de banho finito foi possível realizar a análise dos resultados de percentagem de remoção (% Rem) e capacidade de remoção (q_{eq}) por Análise de Variância (*Analysis of Variance – ANOVA*), diagrama de pareto e curva de superfície de resposta (modelos), utilizando o *Software Minitab 18*.

A ANOVA permitiu estabelecer uma superfície resposta para % Rem e q_{eq} . Sendo assim, o modelo para % Rem foi validado com novos experimentos de adsorção batelada. A partir dele foi possível estimar a massa de adsorvente necessária para se obter 75 % de remoção de BF-5G em tempo de agitação 1 h. As condições dos sistemas foram as mesmas: temperatura ambiente $25 \pm 0,5$ °C e com 200 rpm de agitação.

DESENVOLVIMENTO

Corantes são compostos amplamente utilizados na produção de borracha, cosméticos, plásticos, indústrias de couro para colorir seus produtos, resultando na geração de uma grande quantidade de águas residuais coloridas. Durante os processos de tingimento nas indústrias têxteis uma parte dos corantes é descartada nos efluentes (GUARATINI; ZANONI, 2000). Vários métodos físicos, químicos e biológicos, incluindo adsorção têm sido amplamente utilizados para o tratamento (remoção e/ou redução) desses efluentes contendo corantes (KANDISA et al., 2016). A adsorção de corantes sintéticos em adsorventes é considerada

(83) 3322.3222

contato@conapesc.com.br

www.conapesc.com.br

como um método simples e econômico para a remoção e/ou redução desses compostos nos efluentes (MANERA et al., 2018).

O corante reativo azul BF-5G é fabricado pela TEXPAL Química (São Paulo). O termo BF dá significado de corante reativo bifuncional, por ter uma dupla possibilidade de reação. O corante apresenta caráter aniônico devido ao grupo sulfonato (BLANCO et al., 2016). Na literatura, observa-se o estudo do corante BF-5G em diversos trabalhos: com relação à degradação por processo oxidativo avançado (FARIA JÚNIOR, 2017); com processos de adsorção (CANEVESI, 2015); com remoção utilizando biossorventes (CUNHA, 2014).

Durante a última década, vários tipos de adsorventes foram usados para remoção de corante reativo azul BF-5G: argilas (ROCHA et al. 2015), argila Brasgel (LIMA; BARBOSA; RODRIGUES, 2016), argila chocobofe natural e zeólita Y (SOUSA, 2016), adsorvente comercial Dowex™ Optipore™ SD-2 (MARIN, 2013), bagaço de malte (ZANETTE et al., 2015), bagaço do maracujá amarelo (MENEZES, 2010), plantas aquáticas (CERVELIN, 2010), carvão ativado e magnetita (MELO, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2, encontram-se os resultados dos ensaios de banho finito.

TABELA 2 – RESULTADOS OBTIDOS DO SISTEMA DE ADSORÇÃO DO CORANTE BF-5G UTILIZANDO CARVÃO ATIVADO

Ensaio	Carvão ativado comercial	
	% Rem	q_{eq} (mg/g)
1	17,042 ± 0,028	1,830 ± 0,003
2	36,767 ± 0,409	1,316 ± 0,015
3	21,959 ± 0,022	2,358 ± 0,002
4	52,486 ± 0,011	1,879 ± 0,000
5	34,420 ± 0,065	1,848 ± 0,004
6	31,645 ± 0,065	1,699 ± 0,004
7	37,977 ± 0,037	2,039 ± 0,002

A partir dos resultados da análise de variância para o modelo quadrático, com efeitos significativos ao nível de 5 % de probabilidade na percentagem de remoção (% Rem), não se observa significância para os fatores tempo de agitação e para a interação dos fatores principais, pois os valores de p foram maiores que 0,05. Portanto, não há significância do ao nível de 5 % de probabilidade. Para a capacidade de remoção (q_{eq}), não se observou

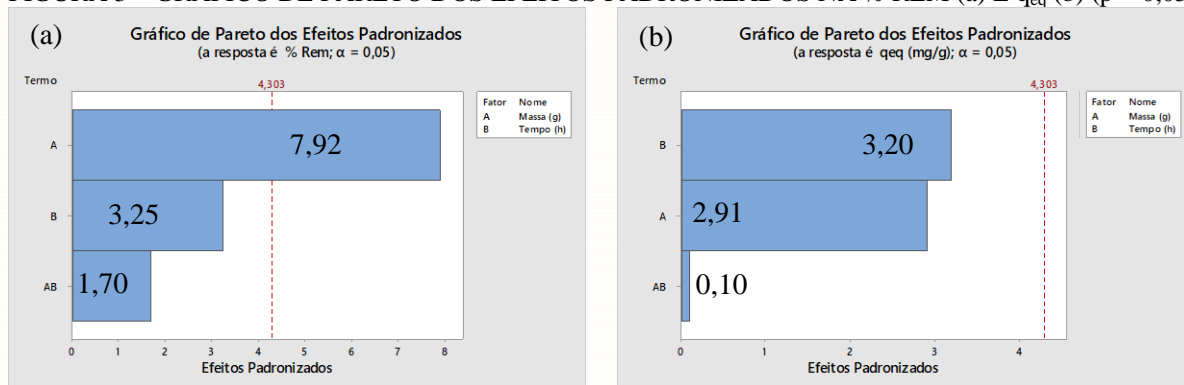
significância para todos os fatores. É válido afirmar que o tempo de agitação não influenciou nos resultados referentes à percentagem de remoção de corante (% Rem) e capacidade de remoção (q_{eq}).

O modelo para % Rem explicou 97,48 % do comportamento referente aos fatores analisados ($R^2 = 0,9748$). Sendo o valor máximo explicável dos dados igual a 92,43 % ($R^2_{m\acute{a}x} = 0,9243$).

O modelo para q_{eq} explicou 90,36 % do comportamento referente aos fatores analisados ($R^2 = 0,9036$). Sendo o valor máximo explicável dos dados igual a 71,09 % ($R^2_{m\acute{a}x} = 0,7109$), devido à contribuição do erro puro.

Tais resultados também podem ser descritos no diagrama de Pareto. As Fig. 3a e 3b mostram os diagramas de Pareto dos efeitos da massa do carvão ativado e tempo de agitação sobre as respostas Percentagem de Remoção (% Rem) e Capacidade de Remoção (q_{eq}) do sistema corante azul reativo BF-5G/carvão ativado.

FIGURA 3 – GRÁFICO DE PARETO DOS EFEITOS PADRONIZADOS NA % REM (a) E q_{eq} (b) ($p = 0,05$)



Nas Fig. 3a e 3b, verificam-se os efeitos significativos das variáveis massa do adsorvente e tempo e a interação massa-tempo, sobre as respostas Percentagem de Remoção (% Rem) e Capacidade de Remoção (q_{eq}). O valor 4,303 completou os diagramas fornecendo o valor a partir do qual os efeitos massa, tempo e interação massa-tempo são significativos. Como pode ser visto, a massa de adsorvente exerceu influência na percentagem de remoção (% Rem) ao nível de 95 % de significância.

A massa de adsorvente é um parâmetro importante que determina a capacidade de adsorção (Equação 2) de corantes do adsorvente e, conseqüentemente, o custo do processo de tratamento, pois maior quantidade de adsorvente implica num maior custo para adquirir esses materiais. Os dados indicaram que o incremento na dosagem de adsorvente melhorou a

percentagem de remoção e capacidade de remoção de até 52,5 % e 1,88 mg/g (Tabela 2), respectivamente. Os resultados mostraram que a remoção de BF-5G aumentou com a dosagem de adsorvente porque mais locais na superfície adsorvente estavam disponíveis para adsorção do corante reativo. Os valores das variáveis respostas foram maiores para o tempo de agitação 3 h devido à maior interação entre os locais da superfície e as moléculas de corante azul reativo. Apesar do tempo de agitação não ter efeito significativo nas variáveis resposta, a adsorção progrediu com maior tempo de agitação. O modelo de superfície resposta obtido da ANOVA para % Rem está apresentado como Equação 3.

$$\% \text{ Rem} = 7,42 + 28,6 \cdot m - 0,24 \cdot t + 10,8 \cdot m \cdot t \quad \text{Equação 3}$$

Em que: % Rem: percentagem de remoção total; m: massa de adsorvente (g); t: tempo de agitação (h).

Com a Equação 3 foi estimado o valor de massa de carvão ativado necessário para se obter 75 % (% Rem_{Est}) de remoção total de corante azul reativo BF-5G para um tempo de agitação t = 1 h. O modelo de superfície resposta para % Rem foi validado com novos experimentos. Os valores de % Rem experimentais estão apresentados na Tabela 3 juntamente com o valor de massa de carvão ativada e percentagem de remoção estimada (% Rem_{Est}).

TABELA 3 – % REM EXPERIMENTAL E ESTIMADA PELO MODELO

m (g)	% Rem _{Exp}	% Rem _{Est}	Erro (%)
1,721	71,571 ± 0,011	75	4,57

Verifica-se concordância entre os valores estimados e experimentais, pois a percentagem de erro entre os valores foi em torno de 4,6 %. Portanto, o modelo foi validado com sucesso e torna-se útil para novos experimentos.

A Fig. 4 apresenta a solução de corante BF-5G inicial (C₀ = 53,69 mg/L) e concentração da solução remanescente após 71,57 % de remoção total.

FIGURA 4 – SOLUÇÃO DE CORANTE INICIAL E REMANESCENTE APÓS ADSORÇÃO



Na Tabela 4 estão apresentados os resultados de capacidade máxima de remoção encontrados na literatura utilizando o carvão ativado comercial como adsorvente no processo de adsorção do corante BF-5G de soluções aquosas.

TABELA 4 – CAPACIDADE MÁXIMA DE REMOÇÃO DE BF-5G EM CARVÃO ATIVADO

Referências	Carvão ativado	Capacidade de remoção
Schimmel (2008)	Comercial	140,48 mg/g a 300 °C (pH 2)
O Autor (2019)	Comercial	2,36 mg/g a 25 °C (pH 6,5)

O desempenho do carvão ativado comercial deste trabalho foi baixo com relação ao do trabalho de Schimmel (2008) devido aos parâmetros do processo. Vários fatores interferem no processo de adsorção, dentre eles destacam-se a temperatura e o pH, sendo este último o que tem maior efeito.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Podem-se destacar os resultados: (i) na presença de maior massa de adsorvente a adsorção de corante é melhorada; (ii) a interação entre BF-5G e carvão ativado é destacada no tempo de agitação 3 h; (iii) apenas o fator massa influenciou no resultado de percentagem de remoção total de corante.

Os experimentos foram bem realizados e os modelos obtidos para as variáveis respostas representaram mais de 90 % dos dados experimentais.

Foi possível validar o modelo de superfície resposta para % Rem, pois a diferença entre os valores estimados pelo modelo e os experimentais apresentaram baixa percentagem de erro (< 5 %).

O processo em batelada se mostrou eficiente. O carvão ativado comercial apresentou uma capacidade máxima adsorvida de 2,36 mg/g a temperatura ambiente (25 °C), demonstrando ser um bom adsorvente neste sistema de estudo, pois foram obtidos valores satisfatórios de percentagem de remoção total do corante, sendo possível alcançar 71 %.

O carvão ativado comercial foi utilizado como recebido, com granulometria específica. Portanto, seria pertinente realizar todos os experimentos do trabalho com carvão ativado comercial de granulometria diferente, com o objetivo de se avaliar o efeito do tamanho da partícula na adsorção, ou com variação de pH e temperatura das soluções.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, M. E. B.; BARBOSA, A. S.; RODRIGUES, M. G. F. Adsorção dos corantes reativos amarelo e vermelho utilizando a zeólita NaY. In: **III Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências**, 2018, Campina Grande.

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

BARBOSA, A. S.; ALVES, A. C.; RODRIGUES, M. G. F. Avaliação da Argila Chocolate B (natural e modificada ácida e termicamente) na descontaminação de efluentes têxteis. In: **III Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências**, 2018, Campina Grande.

BARBOSA, A. S.; MONTEIRO, G. S.; ROCHA, L. N.; LIMA, E. G.; RODRIGUES, M. G. F. Remoção do corante reativo vermelho por adsorção utilizando argilas branca e vermelha. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 8, n. 2, p. 539-561, abr/jun. 2019. DOI. 10.19177/rgsav8e22019539-561.

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

BARBOSA, M. E.; BARBOSA, A. S.; RODRIGUES, M. G. F. Tratamento de efluentes têxteis utilizando o processo de separação por membrana cerâmica de baixo custo. In: **III Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências**, 2018, Campina Grande.

BARBOSA, T. L. A.; LIMA, E. G.; BARBOSA, A. S.; RODRIGUES, M. G. F. Membrana Zeolítica NaA: Síntese, Caracterização e Aplicação na Remoção do Corante Reativo Azul no Tratamento de Águas Residuais da Indústria Têxtil. In: **III Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências**, 2018, Campina Grande.

BARBOSA, T. L. A.; RODRIGUES, D. P. A.; RODRIGUES, M. G. F. Síntese da estrutura metalorgânica ZIF-67 e aplicação na remoção do corante Rodamina B. In: **XXI Congresso Argentino de Catálisis e X Congreso de Catálisis del Mercosur**, 2019a, Santa Fe. (Aceito).

BARBOSA, T. L. A.; RODRIGUES, D. P. A.; TOMAZ, P. F.; RODRIGUES, M. G. F. Síntese de estruturas metalorgânicas e aplicação na separação de corante Rodamina B. In: **20º Congresso Brasileiro de Catálise**, 2019b, São Paulo. (Aceito).

BLANCO, S. P. D. M.; ESPINOZA-QUIÑONES, F. R.; MÓDENES, A. N.; BORBA, C. E.; MARIN, P.; PASSAIA, N.; FIGUEIREDO, L. S. Estudo da cinética e do equilíbrio de adsorção do corante azul reativo 5G pelo adsorvente Dowex™ Optipore™ SD-2. **ENGEVISTA**, v. 18, n. 1, p. 96-108, jul. 2016. DOI. 10.22409/engevista.v18i1.704.

CANEVESI, R. L. S. **Remoção dos corantes reativos azul 5G e remazol vermelho empregando o processo de adsorção**. 2015. 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia

Química), Centro de Engenharia e Ciências Exatas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2015.

CERVELIN, P. C. **Avaliação da remoção do corante comercial reativo azul 5G utilizando macrófita *Salvinia* sp.** 2010. 98 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Programa de Pós-graduação em Engenharia Química, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2010.

CUNHA, B. dos S. **Utilização de biossorventes alternativos na remoção de corantes têxteis.** 55 f. Trabalho de conclusão de curso – Curso de Engenharia Ambiental, Diretoria de Graduação e Educação Profissional, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2014.

FARIA JÚNIOR, D. D. de. **Degradação do corante Azul Reativo BF-5G por Processo Oxidativo Avançado e aplicação em efluente proveniente de indústria têxtil.** 2017. 74 f. Dissertação (Mestrado em Química), Programa de Pós-graduação Multicêntrico em Química de Minas Gerais, Universidade Federal De Itajubá, Itajubá, 2017.

GUARATINI, C. C. I.; ZANONI, M. V. B. Corantes têxteis. **Química Nova**, v. 23, n. 1, p. 71-78, Jan. 2000.

KANDISA, R. V.; KV, N. S.; SHAIK, K. B.; GOPINATH, R. Dye removal by adsorption: a review. **Journal of Bioremediation & Biodegradation**, v. 7, n. 6, p. 1-4, Oct. 2016. DOI. 10.4172/2155-6199.1000371.

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

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

LIMA, L. A.; MOTAS, M. F.; RAMALHO, V. M. M.; CUNHA, R. S. S.; RODRIGUES, M. G. F. Estudo da remoção de corante vermelho reativo em meios aquosos por adsorção da peneira molecular MCM-41. In: **X Encontro Brasileiro de Adsorção**, 2014a, Guarujá.

LIMA, L. A.; PAULA, G. M.; RODRIGUES, M. G. F.; MOTA, M. F. Síntese da peneira molecular SBA. In: **XXIV Congresso Iberoamericano de Catalisis**, 2014b, Mendelin.

MANERA, C.; TONELLO, A. P.; PERONDI, D.; GODINHO, M. Adsorption of leather dyes on activated carbon from leather shaving wastes: kinetics, equilibrium and thermodynamics studies. **Environmental Technology**, v. 23, p. 1-13, Mar. 2018. DOI. 10.1080/09593330.2018.1452984.

MARIN, P. **Remoção do corante azul reativo 5G em coluna de leito fixo empacotada com adsorvente comercial Dowex™ Optipore™ SD-2.** 2013. 82 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Centro de Engenharias e Ciências Exatas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2013.

MELO, N. H. de. **Utilização de carvão ativado e nanopartículas de magnetita na adsorção do corante reativo azul BF-5G**. 2016. 88 f. Dissertação (Mestrado em Química), Instituto de Química, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Goiás, 2016.

MENEZES, M. L. de. **Remoção do corante reativo azul 5G a partir de soluções aquosas utilizando o bagaço do maracujá amarelo como adsorvente**. 2010. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Departamento de Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2010.

MENEZES, V. M. R.; LIMA, L. A.; RODRIGUES, M. G. F. Estudo da eficiência da peneira molecular MCM na remoção do corante amarelo reativo BF. In: **18º Congresso Brasileiro de Catálise**, 2015, Porto Seguro.

PAULA, G. M.; LIMA, L. A.; RODRIGUES, M. G. F. Utilização da Peneira molecular SBA-15 na remoção do corante azul reativo BF-5G. In: **X Encontro Brasileiro de Adsorção**, 2014, Guarujá.

ROCHA, L. N.; BARBOSA, A. S.; MONTEIRO, G.; BARBOSA, A. S.; RODRIGUES, M. G. F. Influência do pH na remoção de corantes reativos utilizando argilas como adsorventes. In: **18º Congresso Brasileiro de Catálise**, 2015, Porto Seguro.

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

RODRIGUES, D. P. A.; BARBOSA, T. L. A.; TOMAZ, P. F.; RODRIGUES, M. G. F. Síntese de estrutura metalorgânica ZIF-8 e aplicação na remoção de corante reativo azul BF-5G. In: **I Simpósio de Química do CCA/UFPB**, 2018a, Areia.

RODRIGUES, D. P. A.; TOMAZ, P. F.; BARBOSA, T. L. A.; BARBOSA, A. dos S.; RODRIGUES, M. G. F. Remoção do corante reativo azul BF-5G utilizando zeólita NaY modificada com brometo cetiltrimetilamônio. In: **I Simpósio de Química do CCA/UFPB**, 2018b, Areia.

RODRIGUES, M. G. F.; TOMAZ, P. F.; RODRIGUES, D. P. A.; BARBOSA, T. L. A. Nova rota de síntese da estrutura metalorgânica ZIF e argila para serem utilizadas na remoção de corante Rodamina B. In: **XXI Congresso Argentino de Catálisis e X Congresso de Catálisis del Mercosur**, 2019, Santa Fe. (Aceito).

SCHEIBLER, J. R.; LIMA, L.A.; QUINTELA, P. H. L.; SILVA, E. L.; RODRIGUES, M. G. F. Avaliação de Bioadsorventes na Remoção de Poluentes Orgânicos. In: **X Encontro Brasileiro de Adsorção**, 2014, Guarujá.

SCHIMMEL, D. **Adsorção dos corantes reativos azul 5G e azul turquesa QG em carvão ativado comercial**. 2008. 99 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento de Processos), Departamento de Desenvolvimento de Processos, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Paraná, 2008.

SILVA, Ê. T. dos S.; RODRIGUES, D. P. A.; TOMAZ, P. F.; BARBOSA, T. L. A.; RODRIGUES, M. G. F. Preparação de estrutura metalorgânica ZIF-8: Aplicação em adsorção de Rodamina B. In: **63º Congresso Brasileiro de Cerâmica**, 2019, Bonito. (Aceito).

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

SILVA, F. M. N.; ARAÚJO, R. N.; BARBOSA, A. S. Preparação e caracterização de membrana inorgânica com propriedades para remoção de corante amarelo reativo BF-3R. In: **II Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências**, 2017, Campina Grande.

SILVA, F. N. M.; BARBOSA, T. L. A.; RODRIGUES, D. P. A.; RODRIGUES, M. G. F. Síntese da zeólita SAPO-34 e aplicação na remoção do corante reativo amarelo BF-3R. In: **XXI Congresso Argentino de Catálisis e X Congreso de Catálisis del Mercosur**, 2019, Santa Fe. (Aceito).

SILVA, L. R. B.; CARMO, E. S. do; CARTAXO, J. M.; BARBOSA, T. L. A.; RODRIGUES, M. G. F.; RODRIGUES, D. P. A. Preparação e caracterização de membrana cerâmica de baixo custo para a remoção de corante Rodamina B de soluções aquosas. In: **63º Congresso Brasileiro de Cerâmica**, 2019, Bonito. (Aceito).

SILVA, L. R. B.; SILVA, E. T. S.; RODRIGUES, D. P. A.; BARBOSA, A. S.; RODRIGUES, M. G. F. Remoção do corante reativo amarelo BF-3R utilizando a zeólita ZSM-5 não calcinada. In: **I Simpósio de Química do CCA/UFPB**, 2018, Areia.

SOUSA, A. K. F. de. **Avaliação da remoção do corante azul BF-5G utilizando argila chocobofo natural e zeólita Y**. 61 f. Trabalho de conclusão de curso – Curso de Engenharia Química, Unidade Acadêmica de Engenharia Química, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2016.

SOUSA, A. K. F.; BARBOSA, T. L. A.; RODRIGUES, M. G. F. Uso da Argila Policatiônica Verde Dura na Remoção de Corante Reativo (Amarelo BF-3R) em Sistema de Banho Finito. In: **III Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências**, 2018, Campina Grande.

TOMAZ, P. F.; RODRIGUES, D. P. A.; BARBOSA, T. L. A.; RODRIGUES, M. G. F. Preparação da estrutura metalorgânica ZIF-4 e utilização como adsorvente no processo de remoção de corante azul reativo BF-5G. In: **I Simpósio de Química do CCA/UFPB**, 2018, Areia.

ZANETTE, J. C.; PIFFER, H. H.; JUCHEN, P. T.; VEIT, M. T.; GONÇALVES, G. C.; KLEN, M. R. F. In: Biossorção do corante têxtil azul 5G utilizando o bagaço de malte, **XI Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica**, Campinas, São Paulo, jul. 19-22, 2015; Silva, F. V. da, Vieira, M. G. A., Eds.; Campinas, 2015.