



Materiais magnéticos na remediação de efluente têxtil

Magnetic materials in textile effluent remediation

Felipe Colaço de Oliveira*, Milena Martins Andrade[†], Rafael Block Samulewski[‡],
Ana Isabela Zavilenski[§], Alessandra Machado Baron[¶],
Patrícia Salomão Garcia[‡]

RESUMO

A indústria têxtil gera grandes quantidades de resíduos nas etapas de beneficiamento que são altamente tóxicos e poluentes. Grande parte destes resíduos são corantes sintéticos que apresentam riscos ao meio ambiente quando descartados sem nenhum tratamento prévio. Os processos atuais de remoção de corantes de efluentes são através de processos físico-químicos ou biológicos que muitas vezes são dispendiosos e podem gerar lodo ou coprodutos tóxicos. O objetivo deste trabalho foi sintetizar materiais magnéticos a partir de aluminato de zinco ($ZnAl_2O_4$) e tetróxido de cobalto (Co_3O_4) para aplicar no tratamento de soluções contendo corantes. O $ZnAl_2O_4$ foi sintetizado pelo método de combustão e Co_3O_4 por método mecanoquímico. Soluções contendo o corante RB222 a 200 ppm foi deixado em contato com o material durante 300 minutos a 25 °C e 150 rpm. Após esse tempo, cerca de 98 % da cor foi removida da solução e o material foi recuperado por ação de campo eletromagnético. O material se demonstrou promissor para ser aplicado no tratamento de efluente têxtil.

Palavras-chaves: adsorção, óxidos metálicos, corante RB 222

ABSTRACT

The textile industry generates a large amount of waste in the processing stages that are highly toxic and polluting. A large part of these residues are synthetic dyes that exhibit risks to humans, aquatic organisms and the environment when discarded without any previous treatment. Current processes for removing dyes from effluents are through physical-chemical or biological processes that are often expensive and can generate sludge or toxic by-products. The objective of this work was to synthesize magnetic materials from zinc aluminate ($ZnAl_2O_4$) and cobalt tetroxide (Co_3O_4) to be applied in the treatment of solutions containing dyes. $ZnAl_2O_4$ was synthesized by combustion method and Co_3O_4 by mechanochemical method. Solutions containing RB222 dye at 200 ppm were left in contact with the material for 300 minutes at 25°C and 150 rpm. After this time, about 98% of the color has been removed from the solution and the material was recovered by the action of an electromagnetic field. The material proved to be promising to be applied in the treatment of textile effluent.

Keywords: adsorption, RB222 dye, metallic oxides

*Engenharia Têxtil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, Paraná, Brasil; felipecolaco@alunos.utfpr.edu.br

[†] Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Apucarana; milenaandrade@utfpr.edu.br

[‡] Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Apucarana; samulewski@utfpr.edu.br

[§] Programa de Pós Graduação em Engenharia Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Apucarana; anazavilenski@alunos.utfpr.edu.br

[¶] Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Apucarana; alessandrab@utfpr.edu.br

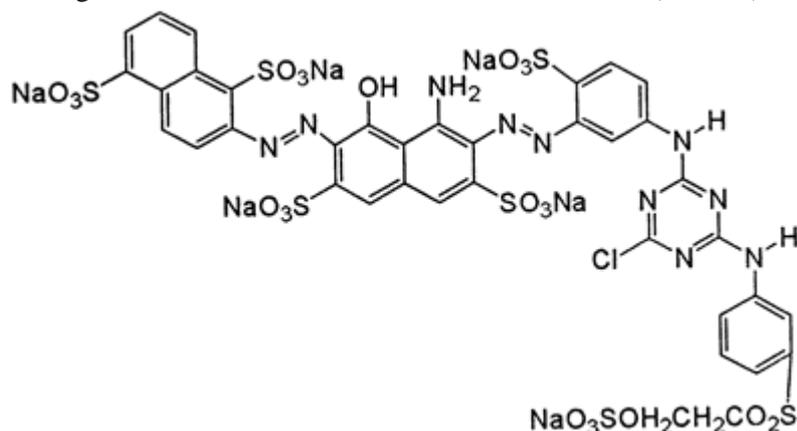
[‡] Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Apucarana; patriciagarcia@utfpr.edu.br

1. INTRODUÇÃO

A indústria têxtil no Brasil movimentou cerca de R\$ 185,7 bilhões em 2019, sendo a maior cadeia têxtil completa no ocidente (desde a produção da fibra, fiação, tecelagem, beneficiamento, confecção e varejo) (ABIT, 2019). Estas indústrias são as principais consumidoras de corantes sintéticos empregados pelos setores de beneficiamento, em especial a lavanderia e o tingimento. Nestes processos, os têxteis, desde fios ou peças prontas, recebem algum tipo de acabamento e embelezamento, como a cor. Para a obtenção de uma cor uniforme, com boa solidez e brilho são utilizados corantes (GUARATINI; ZANONI, 2000). Cerca de 7×10^7 toneladas de corantes sintéticos são produzidos anualmente para a indústria têxtil em todo o mundo e aproximadamente 10% é descartado no ambiente após processamento e tingimento (BENKHAYA, 2020).

Os corantes mais utilizados são os do grupo azo (-N=N-), antraquinona (contém quinonas que, apresentam grupamentos carbonilas em um anel insaturado) e ftalocianinas (contém metais). Muitos destes corantes e os produtos utilizados para a sua degradação são tóxicos e mutagênicos (BENKHAYA, 2020; SANTOS et al., 2011). Na Figura 1 é possível verificar a estrutura do corante C.I. Reactive Blue 222 (RB 222), corante da classe azo de fórmula molecular $C_{37}H_{23}ClN_{10}Na_6O_{22}S_7$ e peso molar 1357,49 (WORLD DYE VARIETY, 2021).

Figura 1 – Estrutura do corante C.I. Reactive Blue (RB 222)



Fonte: World Dye Variety, 2021.

Os processos atuais de remoção desses corantes de efluentes são através de tratamentos físico-químicos, biológicos ou híbridos, que muitas vezes são dispendiosos e ineficientes, pois pode ocorrer o acúmulo de lama causando problema de disposição e ainda, formação de coprodutos tóxicos. Há, portanto, a necessidade de se encontrar maneiras alternativas para o tratamento destes efluentes que sejam mais viáveis (HOLKAR et al., 2016). É possível o tratamento destes efluentes de forma simples e econômica de forma que possa ser aplicada na indústria?

Óxidos como aluminato de zinco ($ZnAl_2O_4$) e tetróxido de cobalto (Co_3O_4) são utilizados na remoção de contaminantes de soluções aquosas devido sua capacidade de adsorção e capacidade fotocatalítica em presença de uma fonte de irradiação (CHAUDHARY et al., 2018; LETSHOLATHEBE et al., 2021). Neste trabalho foi realizado a impregnação de Co_3O_4 ao $ZnAl_2O_4$ para melhorar o desempenho individual destes dois óxidos e acrescentar propriedades magnéticas ao material (ZHANG et al., 2018).

O objetivo deste trabalho foi sintetizar o nanocompósito $ZnAl_2O_4-Co_3O_4$ e aplicar na descoloração de soluções contendo o corante Reactive Blue 222 (RB 222).



2. MÉTODO (OU PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS DA PESQUISA)

2.1 Síntese do $ZnAl_2O_4$

Os nitratos de zinco e alumínio foram colocados em um cadinho juntamente com ureia e triturados, obtendo-se uma pasta branca homogênea que foi levada a mufla a temperatura de 400 °C com taxa de aquecimento de 25°C/min, mantida por 2 minutos. A temperatura foi então aumentada para 500°C e mantida por 20 minutos, obtendo-se um pó de coloração branca.

2.2 Síntese do $ZnAl_2O_4-Co_3O_4$

Este método foi desenvolvido a partir da síntese mecanoquímica descrita por Medina (2017) com modificações, utilizando a proporção molar 1:7:1 de $CoCl_2:NaBH_4:ZnAl_2O_4$. Os compostos foram macerados por aproximadamente 5 minutos em um almofariz de ágata até a obtenção de um pó preto. Após este processo, o produto obtido foi transferido para tubos de ensaio de vidro de 15 mL e água destilada foi adicionada lentamente até total efervescência. Os conteúdos foram transferidos para tubos cônicos que foram preenchidos com água destilada até a marca de 12 mL e levados à centrífuga (6000 rpm) durante 5 minutos. O sobrenadante foi retirado a cada operação que foi repetida até que atingisse pH neutro. Após a lavagem, o produto foi seco a vácuo.

2.3 Tratamento das soluções contendo o corante Reactive Blue 222 (RB 222)

Preparou-se uma solução com concentração de 200 ppm do corante RB222. Em Erlenmeyers de 50 mL, 3 mL da solução de corante foram colocados em contato com 0,075 g de $ZnAl_2O_4-Co_3O_4$. Os frascos ficaram em agitação orbital em incubadora do tipo shaker a 25 °C e 150 rpm. Em tempos determinados de 30, 60 120 e 300 minutos, três frascos foram retirados do equipamento e o nanocompósito foi removido da solução por aplicação de um campo eletromagnético e a solução remanescente foi analisada em um espectrofotômetro. Como controle do experimento três Erlenmeyers continham apenas 3 mL do corante.

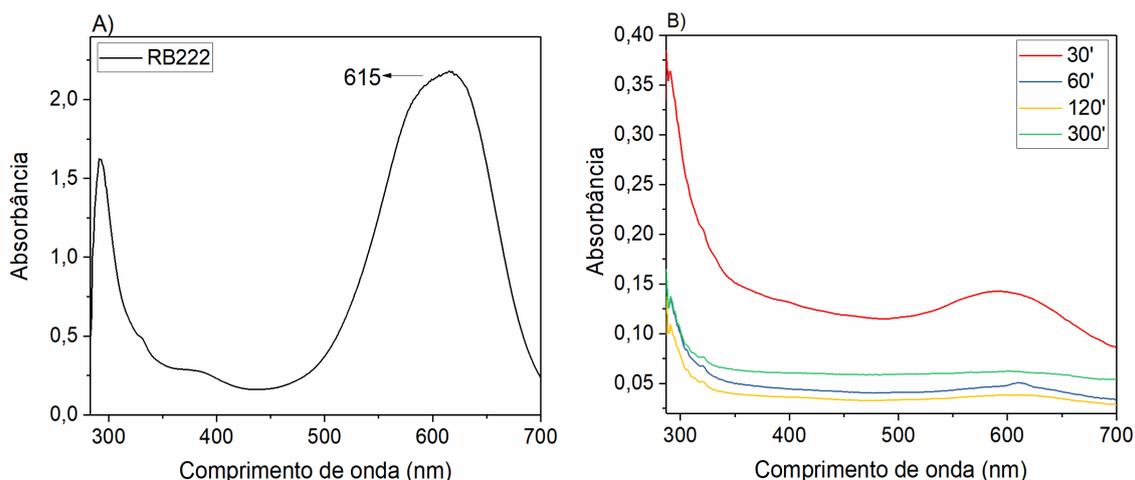
2.4 Análises por espectroscopia ultravioleta-visível (UV-Vis)

A análise da concentração do corante RB 222 foi realizada em um espectrofotômetro Cary 60-G6860A por meio de curva de calibração padrão que correlaciona a absorbância obtida com a concentração conhecida do corante variando entre 0,05 e 1,5 mg mL⁻¹.

3 RESULTADOS

Na Figura 2 é possível observar a nítida diminuição do pico de absorção do corante RB222 a 615 nm após o tratamento com o nanocompósito.

Figura 2. Espectros de absorção do (A) corante RB222 e (B) amostras após tratamento nos respectivos tempos.



Fonte: Autoria própria (2021)

Na Tabela 1 encontram-se os valores de concentração do corante antes e após o tratamento e a porcentagem de descoloração promovida pelo nanocompósito. Após 300 min a concentração do corante em solução passou de $206,67 \pm 6,23$ para $3,61 \pm 0,23$, ou seja, uma redução de aproximadamente 98,25%.

Tabela 1. Valores de [] do corante RB222 sem tratamento e após o tratamento (30, 60, 120 e 300 minutos).

Tempo (min)	Abs	[RB222](mg.L ⁻¹)	% Descoloração
0	2,17	$206,67 \pm 6,23$	0
30	0,14	$13,33 \pm 0,4$	93,55
60	0,060	$5,71 \pm 0,6$	97,24
120	0,050	$4,76 \pm 0,09$	97,70
300	0,038	$3,61 \pm 0,23$	98,25

Fonte: Autoria própria (2021)

A Figura 3 exibe a diferença de coloração das amostras antes e após o tratamento com o nanocompósito.

Figura 3 – Soluções contendo o corante Reactive Blue 222 antes e após o tratamento.



Fonte: Autoria própria (2021)

Em estudos anteriores Stringhini (2013), obteve a degradação de 100% do corante Vermelho Procion H-E7B na concentração de 130 ppm utilizando ZnAl₂O₄ sob irradiação UV em 120 minutos. Battiston et al. (2014) conseguiram 100% de degradação do corante Direct Black 38 com concentração de 80 ppm utilizando ZnAl₂O₄ sob irradiação de luz solar. No presente estudo foi obtido 97,2 e 97,7 % de descoloração da solução em 60 e 120 minutos, respectivamente, sem uso de qualquer fonte de irradiação.



3. CONCLUSÃO

O nanocompósito $ZnAl_2O_4-Co_3O_4$ mostrou-se promissor para a remoção de corantes de soluções aquosas, visto que foi capaz de descoloração da solução em 93 % em apenas 30 minutos. Considerando a preservação de suas características magnéticas, este pode ser facilmente recuperado e reutilizado, reduzindo os custos do processo de tratamento de efluentes têxteis em escala industrial.

AGRADECIMENTOS

Pesquisa desenvolvida com o auxílio do LAMAP – Laboratórios Multiusuário de Apoio à Pesquisa do Câmpus Apucarana.

REFERÊNCIAS

ABIT - Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Perfil do Setor. 2019. Dados gerais do setor referentes a 2019. Disponível em: <https://www.abit.org.br/cont/perfil-do-setor>. Acesso em: 28 jun. 2021.

BATTISTON, S.; RIGO, C.; SEVERO, E. DA C.; MAZUTTI, M. A.; KUHN, R. C.; GÜNDEL, A.; FOLETTI, E. L.; Synthesis of zinc aluminate ($ZnAl_2O_3$) spinel and its application as photocatalyst. **Materials Research**, 17(3): 734-738. doi:10.1590/s1516-14392014005000073

BENKHAYA, S.; MRABET, S.; EL HARFI, A.; A Review On Classifications, Recent Synthesis And Applications Of Textile Dyes, **Inorganic Chemistry Communications** (2020), doi: <https://doi.org/10.1016/j.inoche.2020.107891>.

CHAUDHARY, A.; MOHAMMAD, A.; MOBIN S. M. Facile Synthesis of phase pure $ZnAl_2O_4$ nanoparticles for effective photocatalytic degradation of organic dyes. **Journal Materials Science & Engineering B**, 227: 136-144 (2018).

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

HOLKAR, C. R.; JADHAV, A. J.; PINJARI, D. V.; M. MAHAMUNI, N. M.; PANDIT, A. B. A critical review on textile wastewater treatments: Possible approaches. **Journal of Environmental Management**, v. 182, p. 351-366, 2016.

LETSHOLATHEBE, D.; THEMA, F. T.; MPHALE, K.; MOHAMED, H. E. A.; HOLONGA, K. J.; KETLHWAAFETSE, R.; CHIMIDZA, S. Optical and structural stability of Co_3O_4 nanoparticles for photocatalytic applications. **Journal Materials Today: Proceedings** 36: 499-503 (2021).

MEDINA, B.; FRESSATI, M. G. V.; GONÇALVES, J. M.; BEZERRA, F. M.; SCHACCHETTI, F. A. P.; MOISÉS, M. P.; BAIL, A.; SAMULEWSKI, R. B. Solventless preparation of Fe_3O_4 and Co_3O_4 nanoparticles: A mechanochemical approach. **Materials Chemistry and Physics**, v. 226, n. 15, p. 318-322, 2019.



SEI-SICITE 2021

Pesquisa e Extensão para um
mundo em transformação

SANTOS, P.K.; FERNANDES, K.C.; FARIA, L.A.; FREITAS, A.C.; SILVA, L.M.. Descoloração e degradação do azo corante vermelho GRLX-220 por ozonização. **Química Nova**, São Paulo. v. 34, n. 8, p. 1315-1322. 2011.

STRINGHINI, F.M.; Síntese do aluminato de zinco ($ZnAl_2O_4$) pelo método de complexação metal-quitosana e seu uso como fotocatalizador. 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/7975>. Acesso em: 19 jul. 2021.

WORLD DYE VARIETY. Reactive Blue 222. Disponível em: http://www.worlddyevariety.com/reactive-dyes/reactive-blue-222.html#google_vignette. Acesso em: 08 set. 2021.

ZHANG, K.; ZHANG, J.; MA, L.; LIANG, Y.; YANG, X.; CUI, Z.; ZHU, S.; LI, Z. The controllable preparation of Co_3O_4 nanostructure for designing optimal mechanical and magnetic properties of grafite/kaolin based compounds. **Journal Materials and Design** 143: 169-176 (2018).