

Aplicação de redes neurais artificiais na modelagem de biossorventes naturais – Uma revisão

Application of artificial neural networks modeling natural biosorbents – A review

Gustavo Petrolí

gustavo_petroli@hotmail.com

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, Paraná, Brasil

Claiton Zanini Brusamarello

claitonz@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, Paraná, Brasil

Vitória Brocardo de Leon

vitória_brocado@hotmail.com

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, Paraná, Brasil

Fernanda Batista de Souza

fernandasouza@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, Paraná, Brasil

RESUMO

O método das redes neurais artificiais (RNAs) é uma técnica inspirada no cérebro humano que tem a capacidade de aprender a partir de dados experimentais. Devido a sua simplicidade e rapidez é amplamente utilizada na engenharia. Diversos estudos apontam a eficiência das redes neurais modelando processos de adsorção, que é empregada no tratamento de corantes proveniente de indústrias têxteis. A eficiência de um processo de adsorção é influenciada por vários fatores, o que torna o conhecimento de como esses fatores afetam o sistema extremamente importante. As RNAs podem auxiliar a encontrar a condição na qual a eficiência adsorptiva seja máxima, limitando o número de experimentos necessários. O objetivo desse estudo é demonstrar a capacidade das RNAs a partir de estudos publicados na literatura, os quais modelam o tratamento de efluentes por adsorção, auxiliando em pesquisas de novos biossorventes e no aperfeiçoamento de sistemas que utilizam a adsorção na remoção de corantes.

PALAVRAS-CHAVE: Redes neurais artificiais. Adsorção. Corantes.

ABSTRACT

The artificial neural networks (ANN's) method is a technique inspired by the human brain that has the ability to learn from experimental data. Due to its simplicity and speed it is widely used in engineering. Several studies point out the efficiency of artificial neural networks modeling adsorption processes, which is applied in the treatment of dyes from textile industries. The efficiency of an adsorption process is influenced by a lot of factors, that makes the knowledge of how these factors affect the system extremely important. The ANN's can help to find the condition in which the adsorptive efficiency is maximum, limiting the number of experiments required. The objective of this study is to demonstrate the ability of ANN's based on studies in the literature, which model the treatment of effluents by adsorption, aiding in research of new biosorbents and in the improvement of systems that use adsorption in dye removal.

KEYWORDS: Artificial neural networks. Adsorption. Dyes.

Recebido: 28 ago. 2018.

Aprovado: 04 out. 2018.

Direito autoral:

Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



INTRODUÇÃO

A geração de efluentes industriais é um problema globalmente reconhecido. Dentre esses efluentes, os corantes estão entre os mais prejudiciais, devido a sua estrutura complexa e aromática. O processo de tingimento e acabamento das indústrias têxteis geram entre 40 e 65 litros de efluente por quilo de tecido produzido. (MACHADO et al., 2011, p. 1122; MEZOHEGYI et al., 2012, p. 148)

O descarte desses efluentes sem um tratamento adequado pode gerar danos, tanto a longo, quanto a curto prazo (MENKITI; EJIMOFOR, 2016, p. 172). Um dos métodos mais eficientes na remoção de corantes é a adsorção. Porém a eficiência desse processo é extremamente dependente das características do adsorvente utilizado. (XIAO et al., 2018, p. 348)

O carbono ativado é amplamente utilizado como adsorvente por possuir alta capacidade de adsorção e elevada área superficial. Contudo o seu custo abre margem para a busca de adsorventes mais acessíveis (ASFARAM et al., 2017, p. 377). Alguns resíduos agroindustriais podem ser aplicados à processos de adsorção, pois apresentem baixo custo, boa eficiência e aspectos ambientais positivos. (Leon, 2015, p. 10)

Para que seja possível empregar esses biossorventes em escala industrial é necessário a investigação das suas condições ótimas de operação, tais como pH, massa de adsorvente, concentração de corante na solução e tempo de contato. No entanto a determinação da influência desses fatores requer inúmeros testes experimentais, o que consome tempo e material. (GHAEDI et al., 2014, p. 4332)

A modelagem permite o entendimento do processo e a seleção da melhor condição para sua operação sem que seja necessário testar todas as possibilidades experimentalmente. Porém a adsorção é influenciada por muitos fatores, o que dificulta a modelagem por métodos analíticos convencionais. (KARIMI; GHAEDI, 2014, p. 2471)

Um método que obteve muito sucesso modelando processos de adsorção foram as redes neurais artificiais (RNAs). Inspiradas no cérebro humano, possuem a habilidade de modelar sistemas extremamente complexos e não lineares. (GHAEDI; VAFAEI, 2017, p. 354)

A sua estrutura é composta por pequenas unidades de processamento, conhecidas como neurônios. Os neurônios são interligados por pesos e podem estabelecer relações entre as variáveis de entrada e saída, tornando possível a modelagem de um fenômeno que seria difícil ou impossível de explicar. (MENKITI; EJIMOFOR, 2016, p. 173)

O método das RNAs já é amplamente utilizado em problemas de adsorção, porém a utilização dessa técnica ainda não é muito comum a processos de biossorção. O objetivo desse estudo é salientar a aplicabilidade das redes neurais artificiais a processos de adsorção que utilizam biossorventes naturais. Demonstrando como esse método pode ser uma alternativa rápida, simples e eficiente na modelagem desses problemas.

METODOLOGIA

Diversos estudos foram analisados, na área de tratamento de corantes por adsorção. O Quadro 1 apresenta pesquisas que utilizaram as redes neurais artificiais modelando a remoção de corantes em biossorventes.

Quadro 1 – Estudos envolvendo a aplicação de redes neurais artificiais a processos de biossorção

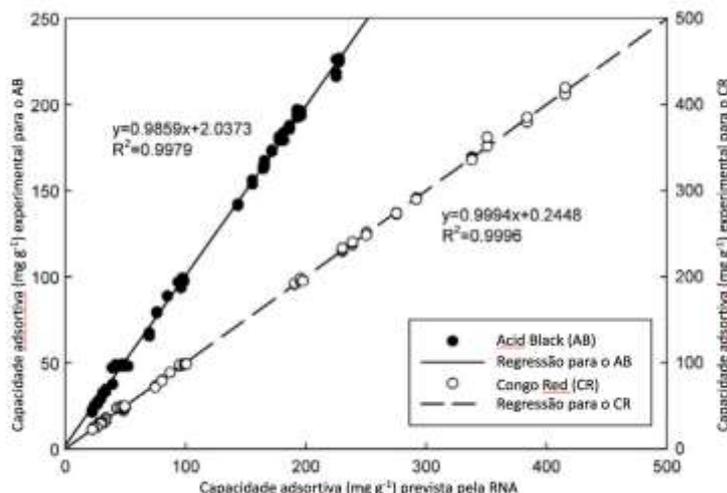
Adsorvente	Adsorbato	RNA	Autor
Biomassa de Penicilina YW 01	Corante Acid Black 172	Rede Feed-forward de 2 camadas: 4 – 5 a 7 – 1	Yang et al. (2011)
Biomassa de Penicilina YW 01	Corante Congo Red	Rede Feed-forward de 2 camadas: 4 – 5 a 7 – 1	Yang et al. (2011)
Casca de noz	Corante Basic Red 46	Rede Feed-forward de 2 camadas: 5 – 25 – 1	Çelekli et al. (2016)
Casca de noz	Corante Lanaset Red G	Rede Feed-forward de 2 camadas: 5 – 20 – 1	Çelekli et al. (2012)
Argila	Corante Reactive Red 141	Rede Feed-forward de 2 camadas: 4 – 5 – 1	Elemen et al. (2012)
Resíduos Agrícolas	Corantes e metais pesados	Rede Feed-forward de 2 camadas: 4 – 6 – 1	Liu et al. (2018)

Fonte: Autoria própria, (2018).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Existem diversas pesquisas que utilizam as redes neurais na modelagem de processos de adsorção. O estudo conduzido por Yang et al., 2011 teve como objetivo avaliar a capacidade adsorptiva da biomassa de penicilina removendo os corantes *Acid Black* e *Congo Red*. Nele fez-se o uso de uma rede *Feed-forward* de 2 camadas para a modelagem do processo. A camada de entrada foi constituída de quatro neurônios, portanto foram avaliadas apenas quatro variáveis de entrada em suas respectivas faixas: concentração inicial de corante ($50 - 800 \text{ mg L}^{-1}$), pH (1 – 10), temperatura (20 – 40 °C) e tempo de contato (5 – 360 min). Os resultados obtidos pelo autor são apresentados na Figura 1.

Figura 1 – Gráfico dos resultados previstos pela RNA para os dois corantes



Fonte: Yang et al.(2011).

Foi observado que os valores preditos pela RNA condizem com os dados obtidos experimentalmente, obtendo ótimos coeficientes de correlação para os dois corantes analisados.

A pesquisa de Çelekli et al., 2016 também fez o uso das RNAs na predição da capacidade adsorptiva de um biossorbente, nesse caso a casca de noz. A RNA utilizada também foi uma *Feed-forward* de 2 camadas, porém as variáveis estudadas foram 5: pH, concentração inicial do corante, temperatura, tempo de contato e o tamanho da partícula de adsorbente. Além disso, o autor fez a comparação do modelo das RNAs com a cinética de pseudo segunda ordem. A Figura 2 mostra uma tabela com os resultados obtidos experimentalmente e os previstos pelos dois modelos cinéticos.

Tabela 1 – Resultados obtidos por meio dos dois modelos propostos

C_0 (mg L ⁻¹)	q_{exp} (mg g ⁻¹)	Pseudo-second-order kinetic			ANN			
		q_{pred} (mg g ⁻¹)	R^2	SSE	q_{pred} (mg g ⁻¹)	R^2	SSE	
293 K	20	16.35	16.94	0.9869	0.5502	17.20	0.9925	0.6829
	40	25.42	27.33	0.9920	0.7046	24.87	0.9961	0.4695
	60	30.84	31.82	0.9889	0.9529	30.25	0.9942	0.5095
	80	35.73	36.92	0.9883	1.1396	35.82	0.9989	0.3007
303 K	100	40.34	41.87	0.9858	1.4249	41.19	0.9972	0.5318
	20	17.51	17.92	0.9843	1.6014	17.38	0.9924	0.4198
	40	27.64	29.89	0.9852	1.8369	27.01	0.9963	0.4291
	60	34.54	35.49	0.9794	2.0595	34.81	0.9957	0.5191
313 K	80	39.34	39.83	0.9786	2.2245	39.88	0.9982	0.3391
	100	44.15	44.95	0.9816	2.2958	44.76	0.9977	0.4607
	20	15.21	18.86	0.9756	0.8273	18.61	0.9971	0.2774
	40	27.35	32.80	0.9844	1.1705	31.14	0.9991	0.2303
	60	34.10	38.31	0.9867	1.2405	37.80	0.9962	0.6039
	80	39.27	42.78	0.9775	1.7935	43.75	0.9968	0.4559
	100	44.76	48.31	0.9765	2.0721	47.56	0.9988	0.5848

Fonte: Çelekli et al.(2016).

Analisando a Figura 2 foi possível perceber que os resultados previstos pelas RNAs obtiveram coeficientes de correlação maiores que o modelo de pseudo segunda ordem, principalmente a elevadas temperaturas.



CONCLUSÃO

No presente estudo a aplicabilidade das RNAs a processos de biossorção foi observada. É importante destacar a eficiência das RNAs modelando processos de adsorção envolvendo biossorbentes naturais, já que essa técnica ainda não se faz muito presente em pesquisas nessa área.

É necessário o conhecimento da eficiência dos biossorbentes para incentivar a sua aplicação. Foi apresentado que as RNAs obtiveram grande sucesso na predição das capacidades adsorptivas de biossorbentes. Portanto, devido a sua robustez, as RNAs podem auxiliar nas pesquisas sobre aplicações de biossorbentes e na otimização das condições operacionais deste processo.

REFERÊNCIAS

ASFARAM, A.; GHAEDI, M.; AHMADI AZQHANDI, M. H.; GOUDARZI, A.; HAJATI, S. Ultrasound-assisted binary adsorption of dyes onto Mn@ CuS/ZnS-NC-AC as a novel adsorbent: Application of chemometrics for optimization and modeling. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, v. 54, p. 377–388, 2017. The Korean Society of Industrial and Engineering Chemistry. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jiec.2017.06.018>>. .

ÇELEKLI, A.; BIRECIKLIGIL, S. S.; GEYIK, F.; BOZKURT, H. Prediction of removal efficiency of Lanaset Red G on walnut husk using artificial neural network model. **Bioresource Technology**, v. 103, n. 1, p. 64–70, 2012.

ÇELEKLI, A.; BOZKURT, H.; GEYIK, F. Artificial neural network and genetic algorithms for modeling of removal of an azo dye on walnut husk. **Desalination and Water Treatment**, v. 57, n. 33, p. 15580–15591, 2016.

ELEMEN, S.; AKÇAKOCA KUMBASAR, E. P.; YAPAR, S. Modeling the adsorption of textile dye on organoclay using an artificial neural network. **Dyes and Pigments**, v. 95, n. 1, p. 102–111, 2012. Elsevier Ltd. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.dyepig.2012.03.001>>. .

GHAEDI, A. M.; VAFAEI, A. Applications of artificial neural networks for adsorption removal of dyes from aqueous solution: A review. **Advances in Colloid and Interface Science**, v. 245, n. April, p. 20–39, 2017. Elsevier. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cis.2017.04.015>>. .

GHAEDI, M.; GHAEDI, A. M.; NEGINTAJI, E.; ANSARI, A.; MOHAMMADI, F. Artificial neural network - Imperialist competitive algorithm based optimization for removal of sunset yellow using Zn(OH)₂ nanoparticles-activated carbon. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, v. 20, n. 6, p. 4332–4343, 2014. **The Korean Society of Industrial and Engineering Chemistry**. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jiec.2014.01.041>>. .

KARIMI, H.; GHAEDI, M. Application of artificial neural network and genetic algorithm to modeling and optimization of removal of methylene blue using



activated carbon. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, v. 20, n. 4, p. 2471–2476, 2014. **The Korean Society of Industrial and Engineering Chemistry**. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jiec.2013.10.028>>. .

LEON, V. B. DE. **Aplicação de biossorventes no tratamento de efluentes contaminados com corante**, 2015.

LIU, Z.; LIANG, F.; LIU, Y. Artificial neural network modeling of biosorption process using agricultural wastes in a rotating packed bed. **Applied Thermal Engineering**, v. 140, n. May, p. 95–101, 2018. Elsevier. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2018.05.029>>. .

MACHADO, F. M.; BERGMANN, C. P.; FERNANDES, T. H. M.; et al. Adsorption of Reactive Red M-2BE dye from water solutions by multi-walled carbon nanotubes and activated carbon. **Journal of Hazardous Materials**, v. 192, n. 3, p. 1122–1131, 2011. Elsevier B.V. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2011.06.020>>. .

MENKITI, M. C.; EJIMOFOR, M. I. Experimental and artificial neural network application on the optimization of paint effluent (PE) coagulation using novel Achatinoidea shell extract (ASE). **Journal of Water Process Engineering**, v. 10, p. 172–187, 2016. Elsevier Ltd. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jwpe.2015.09.010>>. .

MEZOHEGYI, G.; VAN DER ZEE, F. P.; FONT, J.; FORTUNY, A.; FABREGAT, A. Towards advanced aqueous dye removal processes: A short review on the versatile role of activated carbon. **Journal of Environmental Management**, v. 102, p. 148–164, 2012. Disponível em: <https://ac-els-cdn.ez48.periodicos.capes.gov.br/S0301479712000904/1-s2.0-S0301479712000904-main.pdf?_tid=fdcc4a74-1c62-43c1-aa1b-7fbd7718f220&acdnat=1533515453_339d20ff41a352d295a3a09e3f1846a0>. Acesso em: 5/8/2018.

XIAO, B.; DAI, Q.; YU, X.; et al. Effects of sludge thermal-alkaline pretreatment on cationic red X-GRL adsorption onto pyrolysis biochar of sewage sludge. **Journal of Hazardous Materials**, v. 343, p. 347–355, 2018. Elsevier B.V. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0304389417307501>>. .

YANG, Y.; WANG, G.; WANG, B.; et al. Bioresource Technology Biosorption of Acid Black 172 and Congo Red from aqueous solution by nonviable Penicillium YW 01 : Kinetic study , equilibrium isotherm and artificial neural network modeling. **Bioresource Technology**, v. 102, n. 2, p. 828–834, 2011. Elsevier Ltd. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2010.08.125>>. .

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao programa de Iniciação Científica e Tecnológica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.