



Análise Bibliométrica da Remoção de Chumbo em Efluentes Industriais: Tecnologias Convencionais e Alternativas

Tayná Ramos da Silva Cruz (IFPB, *Campus* Campina Grande), Laura Mêre Almeida Osório de Araújo (IFPB, *Campus* Campina Grande), Danielly Vieira de Lucena Rocha Souto (IFPB, *Campus* Campina Grande), Clarice Oliveira da Rocha (IFPB, *Campus* Campina Grande).

E-mails:

tayna.cruz@academico.ifpb.edu.br, laura.osorio@academico.ifpb.edu.br, danielly.lucena@ifpb.edu.br, clarice.rocha@ifpb.edu.br

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.07.00.00-0 Engenharia Sanitária

Palavras-chave: Metais Pesados; Tratamentos; Resíduos tóxicos; Meio Ambiente.

1. Introdução

O descarte de metais pesados não tratados ao meio ambiente pode causar graves danos ecológicos, com isso representa grande risco à saúde dos seres vivos. Dentre vários metais pesados, podem-se citar o chumbo (Pb^{+2}) um dos mais tóxicos e bioacumulativo, além de tudo é cancerígeno, não biodegradável e é considerado um dos poluentes mais perigosos (Zan *g et al.*, 2024).

A poluição no meio aquático provém, principalmente, de atividades humanas, como mineração, indústria petrolífera, resíduos industriais, entre outros. No solo o chumbo lixiviado precipita-se naturalmente e se dissolve nas águas subterrâneas, facilitando sua migração para toda a cadeia alimentar, representando um risco significativo ao meio ambiente e à saúde humana (ASGHARI *et al.*, 2018).

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), o nível seguro de chumbo é estimado em $0,1 \text{ g/m}^3$. Para crianças, mesmo em níveis mais baixos, esse metal pode causar danos no sistema nervoso e em múltiplos órgãos. Portanto, para resolver este problema, é importante desenvolver métodos eficazes para lidar com a poluição do Pb^{+2} . Os métodos comuns para a sua remoção em solução aquosa incluem precipitação química, troca de íon, eletroquímica e adsorção (Zang *et al.*, 2024).

Vários países implementaram políticas de apoio ao desenvolvimento de tratamento de águas residuais de indústrias de pequena e grande escala, já que existe um aumento notável no número de indústria que utilizam direta ou diretamente o metal pesado chumbo. Embora no ano de 2000 tenha sido marcado o início da proibição do uso de combustível de petróleo com esse metal, na maioria dos países, a indústria de tintas contribui significativamente para a contaminação. Essas práticas levam ao acúmulo de Pb^{+2} , resultando em graves danos nos ecossistemas aquáticos e na saúde pública. Esses efeitos surgem das propriedades tóxicas do chumbo que, mesmo em níveis baixos, podem representar sérios riscos à saúde, como distúrbios neurológicos, problemas relacionados ao sangue e danos a órgãos vitais (KUMAR *et al.*, 2020).

Devido a esse fato, este trabalho tem como objetivos: fazer um levantamento dos trabalhos desenvolvidos para a remoção e/ou atenuação do chumbo em tratamento diversos; e avaliar qual o mais eficiente para a retirada desse contaminante nos efluentes das indústrias. A pesquisa foi realizada em trabalhos publicados no período de 2000 a 2025.

2. Materiais e métodos

A busca pelo estado da técnica de produtos ou de processos que se pretende desenvolver é de grande importância, pois essa etapa evita conflitos, gastos desnecessários com investimentos, como em processos com eficiência baixa, etc.

Dado a relevância da busca de publicações durante o período de 2000 a 2025, este trabalho utiliza esta pesquisa científica objetivando verificar o estado da remoção do Pb^{+2} em efluentes industriais. Será realizada uma varredura em bases nacionais e internacionais. A prospeção será realizada através do título do trabalho “Remoção de chumbo em Efluentes Industriais: Tecnologias Convencionais e Alternativas”, bem como das palavras-chave: Efluentes industriais; chumbo; Remoção de metais pesados; Tratamento de efluentes; Contaminação ambiental; Tecnologias de tratamento; Precipitação química; Adsorção; Troca iônica; Poluição hídrica; Resíduos tóxicos.

A busca será realizada utilizando o título do trabalho, em bases como Scielo, Scopus e Science Direct.

Após as pesquisas nas bases de artigos científicos/acadêmicos, a etapa seguinte contemplará quais os artigos com maior eficiência na remoção de chumbo em efluente industriais, qual melhor processo/tratamento.

3. Resultados e discussão

A Tabela 1 mostra os dados levantados dos trabalhos publicados no período descrito.

Tabela 1: Porcentagem de remoção do (Pb²⁺) em efluentes industriais no período de 2000 a 2025.

ANO	TÍTULO	AUTORES	% DE REMOÇÃO DO Pb	REVISTA	SITE
2002	Remoção de metais pesados de efluentes industriais por aluminossilicatos	AGUIAR, M. R. M. P.; NOVAES, A. C.; GUARINO, A. W. S.	85 %	Química Nova	SciELO Brasil
2003	Remoção de Chumbo (Pb ²⁺) utilizando Zeólita Natural Clinoptilolita	ZAMBON, G.A.	100 %	Dissertação de Mestrado	UNICAMP
2007	Removal of heavy metal from industrial wastewater using hydrogen peroxide	BADMUS; AUDU; ANYATA.	83,5%	African Journal of Biotechnology	Academic journals
2013	Removal of lead (II) and copper (II) ions from aqueous solution by baobab (<i>Adononsia digitata</i>) fruit shells biomass Removal of lead (II) and copper (II) ions from aqueous solution by baobab (<i>Adononsia digitata</i>) fruit shells biomass	CHIGONDO, F. <i>et al.</i>	68%	Journal of Applied Chemistry	Iosrjournals
2015	Avaliação do potencial de compostos naturais (argila, turfa e carvão) na remoção de chumbo e toxicidade de um efluente industrial	TOMASELLA, R.C. <i>et al.</i>	99,4 %	Engenharia Sanitária e Ambiental	SciELO Brasil
2016	Electrolytic Removal of Cadmium, Lead and Copper from Wastewater	SANTOS, <i>et al.</i>	94,71%	Journal of Environmental Protection	Scirp
2017	Removal of lead ions from aqueous solutions using novel-modified magnetic nanoparticles: optimization, isotherm, and kinetics studies	JAFARINEJAD, <i>et al.</i>	76,72	Desalination and Water Treatment	Sciencedirect
2020	Pb(II) adsorption from aqueous solution by nutshells, green adsorbent: Adsorption studies, regeneration studies, scale-up design, its effect on biological indicator and MLR modeling	DAS; BAR; DAS.	82,70%	Journal of Colloid and Interface Science	Sciencedirect
2020	Dead biomass of <i>Morganella morganii</i> acts as an efficient adsorbent to remove Pb(II) from aqueous solution in different aeration-agitation and pH conditions	KUMAR <i>et al.</i>	> 90%	Discover Applied Sciences	Springer Nature
2021	A calcined clay fixed bed adsorption studies for the removal of heavy metals from aqueous solutions	KHALFA, <i>et al.</i>	52–68%	Journal of Cleaner Production	Sciencedirect
2023	Application of aquatic plants alone as well as in combination for phytoremediation of household and industrial wastewater	RAZA, <i>et al.</i>	100%	Journal of King Saud University	Sciencedirect

A análise bibliométrica de publicações entre 2000 e 2025 sobre métodos de tratamento de efluentes industriais contaminados com chumbo (Pb²⁺) evidenciou a eficácia de diferentes tecnologias, com destaque para os processos de adsorção e fitorremediação. Os estudos selecionados demonstraram, em sua maioria, altas taxas de remoção do chumbo, variando entre 80% e 100%, indicando avanços significativos na busca por soluções eficientes e sustentáveis para o tratamento desse tipo de poluente.

O trabalho de Zambon (2003) destacou a zeólita natural clinoptilolita como um adsorvente altamente eficaz, atingindo remoções completas em curto tempo (100% em 30 minutos). Tomasella *et al.* (2015) confirmaram o potencial de materiais naturais alternativos, como argilas e turfa, com bons índices de remoção, especialmente quando comparados ao carvão ativado. Já Raza *et al.* (2023) evidenciaram a viabilidade da fitorremediação com plantas

aquáticas locais, alcançando até 100% de remoção de chumbo, o que reforça o potencial dessa técnica como uma alternativa ecológica e de baixo custo.

Apesar de três estudos apresentarem eficiência abaixo da média geral (entre 52% e 76%), os dados apontam uma tendência positiva em relação ao desenvolvimento de tecnologias promissoras para o tratamento de efluentes com chumbo, especialmente aquelas que utilizam materiais naturais, acessíveis e ambientalmente sustentáveis.

4. Considerações finais

Diante disso, conclui-se que há forte potencial para a aplicação prática desses métodos, especialmente em contextos em que o custo, a sustentabilidade e a eficiência são fatores determinantes. Recomenda-se o aprofundamento de estudos voltados à aplicação em escala real, bem como a combinação de técnicas para maximizar os resultados e viabilizar o uso em diferentes tipos de efluentes. Esta pesquisa ainda está em desenvolvimento, e novas etapas de análise estão sendo realizadas com o objetivo de aprofundar a compreensão sobre as tendências tecnológicas, os materiais alternativos mais eficientes e suas aplicações práticas em escala industrial.

Agradecimentos

Ao Campus Campina Grande-PB

Referências

- AGUIAR, M. R. M. P.; NOVAES, A. C.; GUARINO, A. W. S. Remoção de metais pesados de efluentes industriais por aluminossilicatos. *Quím. Nova* 25, 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/Gsr3pLTP9ZPKQghnDpvPTwh/?lang=pt> acesso em 05 jun 2025.
- ASGHARI, F.B., MOHAMMADI, A.A., DEHGHANI, M.H., YOUSEFI, M., Data on assessment of groundwater quality with application of ArcGIS in Zanjan, Iran. v.18, p.375-379. 2018.
- BADMUS, M.A.O.; AUDU, T.O.K.; ANYATA, B.U. Removal of heavy metal from industrial wastewater using hydrogen peroxide. *African Journal of Biotechnology*, v. 6, p. 238-242, 2007. Disponível em: <https://www.periodicos.capes.gov.br/ez291.periodicos.capes.gov.br/index.php/acervo/buscaador.html?task=detalhes&source=all&id=W2160932902> acesso em 08 jun 2025.
- CHIGONDO, F. *et al.* Removal of lead (II) and copper (II) ions from aqueous solution by baobab (*Adononsia digitata*) fruit shells biomass. *Journal of Applied Chemistry*, v. 5, p. 43-50, 2013. Disponível em: <https://www.iosrjournals.org/iosr-jac/papers/vol5-issue1/G0514350.pdf?id=1394> acesso em 08 jun 2025.
- DAS, A.; BAR, N.; DAS, S. K. Pb(II) adsorption from aqueous solution by nutshells, green adsorbent: Adsorption studies, regeneration studies, scale-up design, its effect on biological indicator and MLR modeling. *Journal of Colloid and Interface Science*, v.580, p. 245-255, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect-com.ez291.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S002197972030895X?via%3Dihub> acesso em 08 jun 2025.
- KHALFA, *et al.* A calcined clay fixed bed adsorption studies for the removal of heavy metals from aqueous solutions. *Journal of Cleaner Production*, v.278, p. 123935, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect-com.ez291.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0959652620339809?via%3Dihub> acesso em 08 jun 2025.
- KUMAR *et al.* Dead biomass of *Morganella morganii* acts as an efficient adsorbent to remove Pb(II) from aqueous solution in different aeration-agitation and pH conditions. *Discover Applied Sciences*, v.2, p. 1258, 2020. Disponível em: <https://link-springer-com.ez291.periodicos.capes.gov.br/article/10.1007/s42452-020-3013-8> acesso em 08 jun 2025.
- JAFARINEJAD, S. Removal of lead ions from aqueous solutions using novel-modified magnetic nanoparticles: optimization, isotherm, and kinetics studies. *Desalination and Water Treatment*, v.92, p. 267-274, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect-com.ez291.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S1944398624119303?via%3Dihub> acesso em 08 jun 2025.
- RAZA, *et al.* Application of aquatic plants alone as well as in combination for phytoremediation of household and industrial wastewater. *Journal of King Saud University*, v. 35, p. 102805, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect-com.ez291.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S1018364723002677?via%3Dihub> acesso em 08 jun 2025.
- SANTOS, *et al.* Electrolytic Removal of Cadmium, Lead and Copper from Wastewater. *Journal of Environmental Protection*, v.7, 2016. Disponível em <https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=65579> acesso em 08 jun 2025.
- TOMASELLA, R. C. *et al.* Avaliação do potencial de compostos naturais (argila, turfa e carvão) na remoção de chumbo e toxicidade de um efluente industrial. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/YB6VPXDW7fmWy8YJ7zQ9zcP/> acesso em 05 jun 2025.
- ZAMBRO, G. A. Remoção de Chumbo (Pb²⁺) utilizando Zeólita Natural Clinoptilolita. Dissertação de Mestrado: UNICAMP, 2003. Disponível em: https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UNICAMP-30_26216989f65d93b817b757ac14259562/Details acesso em 05 jun 2025.
- ZHANG, *et al.* Active sites regulation and adsorption performance of Al pillared bentonite for the removal of lead from aqueous phase. *Journal of Water Process Engineering*. v. 67. 2024.