

REMOÇÃO DE GLIFOSATO EM ÁGUAS CONTAMINADAS - TÉCNICAS ALTERNATIVAS: UMA REVISÃO DE LITERATURA

Karyna Steffane da Silva ¹
Kênia Kelly Freitas Sarmiento ²
Vanessa Rosales Bezerra ³
Keila Machado de Medeiros ⁴
Carlos Antônio Pereira de Lima ⁵

INTRODUÇÃO

O uso e exploração de recursos naturais, em especial os recursos hídricos, tem experimentado uma crescente para sua obtenção, com o intuito de realizar a manutenção da vida no planeta, além de ser imprescindível a saúde das populações, constituindo um fator determinante do saneamento básico (BRITO et al., 2020).

Porém, apesar de toda sua importância para as várias esferas do planeta, muito se tem referido a este item de maneira preocupante devido a sua associação com a escassez que é originado por diversos fatores, desde ações naturais a atividades antrópicas que geram impactos negativos nesse aspecto. O aumento populacional também vem como um dos fatores atrelados a escassez, pois devido a este fato tem-se por consequência o desenvolvimento econômico e elevação do padrão de vida por parte da população, o que traz consigo a exigência no aumento das cadeias produtivas da agricultura exigindo um aumento no volume por recursos naturais (VILLES et al., 2019).

A agricultura atualmente é um dos setores econômicos mais importantes do país, onde para a sua manutenção tem-se a irrigação como a técnica mais conhecida e segundo a *Food and Agriculture Organization* (FAO), da Organização das Nações Unidas (ONU) (FAO, 2018) a irrigação é o agente de maior consumo de água doce no Brasil e no mundo, chegando a ser aproximadamente 70%.

¹ Mestranda do Curso de Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, karyna.steffane.silva@aluno.uepb.edu.br;

² Doutoranda pelo Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, keniasarmiento@aluno.uepb.edu.br;

³ Doutoranda do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba- UEPB, rosalesvanessa@gmail.com;

⁴ Doutora em Ciência e Engenharia de Materiais pela universidade de Campina Grande - UFCG, keilamedeiros@ufrb.edu.br;

⁵ Professor orientador: Doutor em Engenharia Mecânica, Universidade Estadual da Paraíba – UEPB - UFCG, caplima@servidor.uepb.edu.br.

Para manter um elevado número de produção no setor da agricultura, além da necessidade do grande volume de água doce, ainda se tem a utilização de substâncias químicas para o controle de pragas e aumento da geração dos produtos desse ramo, como por exemplo os agrotóxicos, onde atualmente o mais utilizado é o glifosato. Tal agente tem como objetivo ser um herbicida não seletivo, sistêmico, pós emergentes e apresenta elevada eficiência na eliminação de ervas daninhas, como também plantas intrusas nas atividades de agricultura em geral (BATISTA; PEREIRA; SALOMÃO, 2020). Como mencionado, o agrotóxico mais utilizado no país é o glifosato, ficando em primeiro lugar no ranking de ingredientes ativos mais comercializados, representando cerca de 49% da comercialização anual (IBAMA, 2019).

Por essa grande utilização no setor da agricultura, frequentemente tem-se encontrado a presença de glifosato em mananciais de águas isso devido a erosão do solo, lavagem de aparelhos de aplicação desse agrotóxico e o uso direto na água para controle das plantas emergentes, trazendo consigo problemas ambientais e de saúde (GILSON et al., 2020).

Logo, na agricultura além de um alto volume de água utilizado, ainda é apresentando os problemas em relação a utilização dos agrotóxicos, como o glifosato, onde com a introdução dessas substâncias no meio ambiente se tem a poluição hídrica e inviabilidade da utilização desse recurso quando contaminado. Desse modo, faz-se necessário a investigação e implementação de técnicas de tratamentos de água para a remoção desse componente para que os recursos hídricos contaminados com o glifosato, após tratamento, possam ser utilizados pela população e mitigar os impactos desse setor.

As formas de tratamento convencionais não eliminam de maneira eficaz os poluentes (LIMA, et al., 2021). Sendo assim, técnicas alternativas de tratamento de água vem sido estudados para uma ampla utilização de maneira a contornar esses problemas. Dentre esses processos destacam-se os processos oxidativos avançados e técnicas que utilizam tecnologias alternativas e limpas, como a destilação solar.

Considerando esses fatores, o objetivo do trabalho é apresentar essas tecnologias, seu funcionamento e classificação, bem como apresentar os resultados quanto a sua eficiência na remoção de poluentes na água, em especial, o glifosato.

METODOLOGIA

No que se trata da metodologia adotada, toma-se a revisão bibliográfica para a busca de publicações técnicas e artigos que enfatizam a importância da remoção do glifosato na água e a adoção de novas técnicas, além das convencionais, para que outras esferas sejam atendidas,

como a esfera da sustentabilidade ambiental ao utilizar tecnologias de tratamento com energia limpa e renovável. Para realizar o recolhimento dessas informações, algumas bases de dados foram utilizadas, como o Google Scholar, Periódicos Capes e SciELO, onde foram associados alguns termos da pesquisa para tais resultados como: Glifosato, escassez hídricas, tratamento de água.

REFERENCIAL TEÓRICO

Como citado, o tratamento convencional de água tem suas limitações em relação a alguns poluentes, visto que muitos desses elementos tratam-se de compostos orgânicos recalcitrantes resistente a ataque microbiano e à temperatura (LIMA, et al., 2021). Com isso, as tecnologias de tratamento alternativas vêm como um caminho para o a remoção de poluentes não removidos nos métodos convencionais.

Uma das tecnologias alternativas para a remoção são os Processos Oxidativos Avançados (POA's). Esse processo tem como embasamento a geração catalítica, homogênea ou heterogênea e utiliza vários radicais livres além do radical hidroxila (OH), sendo este o mais utilizado. Os radicais então são gerados em quantidades suficientes para oxidar a maior parte dos poluentes orgânicos, ademais o processo tem o potencial de degradar substâncias recalcitrantes (ARAUJO et al., 2021). Para esse método ainda é possível a associação para ser apresentados como sustentáveis na vez que associado a outros mecanismos de tratamento ou energias consideradas limpas e renováveis.

Outra tecnologia alternativa que pode ser utilizada é destilação térmica envolvendo energia solar. Apesar de ser uma técnica antiga é bastante conhecida e utilizada, reproduzindo o ciclo hidrológico natural, onde de uma forma geral em um tanque tem-se uma lâmina rasa de água que é coberta por um material transparente e geralmente essa cobertura é de vidro de pequena espessura. Com esse material é possível ter a entrada da luz solar atravessando o vidro aquecendo assim a lâmina de água que por sua vez irá evaporar e encontra-se com uma superfície mais fria que no caso é o vidro, ocasionando no retorno desse vapor em líquido, que por fim vai escoar pela ação da gravidade na cobertura para ser coletado e armazenado (BRITO et. al., 2020; ABUJAZAR; FATIHAH; KABEEL, 2017). No fim do processo a água é coletada tendo como resultado a água destilada e o que se mantém retido na bandeja são as impurezas presentes na água bruta (CHEN, et. al., 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Devido aos crescentes números na relação escassez hídrica x crescimento populacional, tem-se atenuação dos impactos ambientais associados a exploração desenfreada de recursos, como também poluição de matrizes hídricas por diversos fatores e no referido artigo tem-se a contaminação pela inserção do glifosato, que pode acarretar na propagação desse elemento nos corpos hídricos superficiais destinados, devido aos processos de lixiviação e escoamento superficial (ROSA; PINTO; JARDEL, 2021).

Dessa forma os tratamentos alternativos são maneiras de contornar esse problema e a revisão de literatura então vem com o intuito de embasar de forma sólida a eficiência na aplicação dessas técnicas, com estudos apresentando resultados da remoção desse elemento por meio das metodologia alternativas e sugestíveis viavelmente do ponto de vista ambiental.

Utilizando os processos oxidativos avançados, Teran, Cuba e Ferreira Filho (2020) utilizaram testaram a eficiência de remoção de formulação comercial do glifosato em efluente sintético empregando a oxidação no processo combinado de Peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e radiação UV. No caso do estudo um reator foi construído onde as reações acontecem dentro de um tubo de quartzo com 6 lâmpadas UV em volta, operando em duas fases variando alguns parâmetros do processo. Para a primeira fase, os autores obtiveram um melhor resultado de remoção que chegou 43,25% com uma concentração de H_2O_2 de 300 mg.L^{-1} , um pH de 8,0 e o tempo de tratamento chegando a 6 horas. Já na segunda fase, o resultado mais satisfatório foi o que apresentou a remoção de 58,12 % e a uma concentração de H_2O_2 menor, sendo de 150 mg.L^{-1} , o pH de 8,0 e mesmo tempo de tratamento.

Heringer (2019) utilizando também os processos oxidativos avançados na combinação H_2O_2 /UV obteve alguns resultados de remoção ainda maiores em suas pesquisas, chegando a uma redução de até 77% em 144 minutos de reação com uma concentração inicial de H_2O_2 de 90 mg.L^{-1} , pH de 8,0, partindo de uma concentração de 50 mg.L^{-1} de glifosato, sendo o pH um dos fatores de relevância na eficiência desse processo.

Sousa (2019) foi outro autor que utilizou os processos oxidativos avançados para verificar a remoção do glifosato em baixa escala, mas dessa vez utilizando a reação Fenton e foto-Fenton em um sistema heterogêneo que é catalisado pelo ferro encontrado no solo do cerrado brasileiro. Em seus experimentos, o autor partiu de concentrações de glifosato no valor de 768 mg.L^{-1} e 1536 mg.L^{-1} conseguindo resultados satisfatórios bastante satisfatórios, onde o percentual mais baixo de redução foi de 65,5% mas que também chegou a mineralização completa do herbicida e obteve 100% de diminuição da concentração inicial.

Ao se referir a processos de tratamento alternativos, pode-se citar a utilização da destilação térmica para a remoção de pesticidas. Atualmente existem vários modelos de destiladores solares como pirâmide, cascata, multiestágio, filme capilar, mecha e outros (JANI; MODI, 2018). Hoff et al. (2019) utilizou um destilador solar em forma de pirâmide de baixo custo para a remoção de pesticidas da água, em específico o imazapic e imazethapyr. Nesse caso o processo utilizando o modelo pirâmide foi capaz de remover mais de 99,95% para os dois pesticidas em uma solução de 10 L que continha $4,16 \pm 0,94$ g de imazethapyr e $1,31 \pm 0,17$ g de imazapic, o que acarretou na geração de água reutilizável.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As técnicas alternativas de tratamento de água vem sendo cada vez mais estudadas e colocadas em prática para o maior aproveitamento dos recursos hídricos dispostos. Levando em consideração o cenário apresentado e a revisão bibliográfica exposta sobre os tratamentos de água, fica evidenciada a importância e a viabilidade da utilização de técnicas alternativas que também possam se associar a matrizes energéticas renováveis, beneficiando as diversas esferas do mundo, como a econômica e a sustentável. A remoção do glifosato por meios dessas técnicas torna-se ponto importante para debate e prática para a diminuição dos impactos ambientais e a saúde do ser humano causado por esse e outros herbicidas.

Palavras-chave: Agrotóxico; Técnicas alternativas; Tratamento.

AGRADECIMENTOS

A exposição do trabalho foi produzido com apoio do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental (PPGCTA) da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). Além disso, os autores agradecem ao Grupo de Pesquisa em Tratamentos Avançados de Águas (GRUTAA/UEPB), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelas bolsas concedidas.

REFERÊNCIAS

ABUJAZAR, M. S. S.; FATIHAH, S.; KABEEL, A.E. Seawater desalination using inclined stepped solar still with copper trays in a wet tropical climate. *Desalination*, v. 423, p. 141-148, 2017.

ARAÚJO, B. A.; SOUZA, J. E. S. de; SARMENTO, K. K. F.; REBOUÇAS, L. D.; MEDEIROS, K. M. de; LIMA, C. A. P. de. Processos oxidativos avançados aplicados no tratamento de efluentes da produção de membranas: revisão de literatura. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 4, p. e27210414253, 2021.

BATISTA, C. M.; PEREIRA, P. V.; SALOMÃO, P. E. A. Estudo sobre o consumo de glifosato na teoria de Teófilo Otoni em 2017 e 2018. *Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento*, v. 9, n. 2, pág. e89922069, 2020.

BRITO, Y. J. V.; CARDOSO, M. K. B.; SILVA, K. S.; SILVA, C. B.; MEDEIROS, K. M.; LIMA, C. A. P. Estudo experimental de um dessalinizador solar do tipo bandeja com dupla inclinação para potabilização de água no semiárido paraibano. *Águas Subterrâneas*, v. 34, n.2, p. 156–165, 2020.

CHEN, C.; KUANG, Y; HU1, L. Review Challenges and Opportunities for Solar Evaporation, *Joule* v. 3, n. 3, p.683–718, 2019.

FAO, Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura. A escassez de água em várias partes do mundo ameaça a segurança alimentar e os meios de subsistência. *A Agricultura Continuará a ser a Maior Consumidora de Água*. 2018. Disponível em <http://www.fao.org/news/story/pt/item/283456/icode/>. Acesso em: 03 maio de 2022.

GILSON, I. K.; ROCHA, L. G.; SILVA, M. R. V.; WAMMES, S. W.; LEITE, G. S.; WELTER, T. Agrotóxicos liberados nos anos de 2019-2020: Uma discussão sobre a uso e a classificação toxicológica. *BrazilianJournal of Development*, Curitiba, v. 6, n. 7, p. 49468-49479, 2020.

HERINGER, A. A. Degradação do Herbicida Glifosato por Processo Oxidativo Avançado H₂O₂/UV. 2019. 113 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2019.

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis-Ministério do Meio Ambiente. Relatórios de comercialização de agrotóxicos. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/relatorios/quimicos-e-biologicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos#hist-comercializacao>. Acesso em 03 de maio de 2022.

JANI, H. K.; MODI, K. V. A review on numerous means of enhancing heat transfer rate in solar-thermal based desalination devices. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 93, 302-317, 2018.

LIMA, M. D.; FAJARDO, A. S.; SANTOS, E. C. de M.; SALES-SOLANO, A.M.; SILVA, D. R. da; MARTÍNEZ-HUITLE, C. A. Oxidação anódica para descontaminação de um efluente contaminado com o herbicida glifosato utilizando anodo de diamante dopado com boro. *Química nova*, v. 44, n. 5, p. 561-569, 2021.

ROSA, V. T.; PINTO, F. S. T.; JARDEL, C. S. Glyphograb: desenvolvimento de material alternativo capaz de adsorver glifosato em meio aquoso. *Scientia Prima*, v. 7, n. 1, p. e89, 2021.

SOUSA, L. N. De. Degradação de Glifosato por reação de Fenton e foto-Fenton usando como fonte de ferro solo do cerrado. 2019. 40 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química) - Universidade de Brasília – Instituto de Química, 2019.

TERAN, F. J. C.; CUBA, R. M. F.; FERREIRA FILHO, V. M. Remoção de formulação comercial de glifosato em efluente sintético por meio de processo combinado de H₂O₂/UV. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 2, p. 5728-5737, 2020.

VILLES, V. S.; VELHO, J. P.; CHRISTOFARI, L. F.; LAZZARI, R. Água como bem econômico: dessalinização para o combate da escassez hídrica no agronegócio. *Multitemas*, v. 24, n. 57, p. 217-231.