

TRATAMENTO BIOLÓGICO DE PARAQUAT

Duanny Thais Rodrigues Caproni¹

Anna Flávia Pereira Montanari²

Leonardo Henrique Soares Damasceno³

Resumo

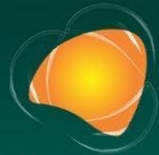
A utilização de insumos agrícolas vem aumentando nas últimas décadas, pelo constante objetivo do aumento da produtividade a cada ano que passa. O Brasil ocupa o primeiro lugar no ranking mundial de consumo de agrotóxico. Esta constante demanda de aumento da produção e uso de pesticidas trouxe à tona uma maior preocupação com os danos ambientais que estes produtos possam vir a causar, estimulando estudos nas diversas partes do mundo. A falta de monitoramento do uso de agroquímicos, em especial do paraquate pode ocasionar na ausência de dados técnicos para responder questões referentes ao impacto que os poluentes advindos desses produtos podem gerar nas águas e no solo, além de restringir a tomada de decisões quando há ocorrência de problemas com o uso múltiplo dos mesmos, principalmente em questão à potabilidade da água. Além do impacto que os poluentes em si podem causar ao meio ambiente pela eutrofização do meio aquático. Assim, quantificar os agrotóxicos, nesse caso em específico o paraquat, é de grande importância para entender e constatar áreas mais suscetíveis à eutrofização que poderiam pôr em risco seus usos múltiplos. O objetivo do trabalho foi realização uma revisão bibliográfica dos principais temas abordados na atualidade sobre o paraquat e sua degradação. As coletas foram realizadas em dois portais de busca: Google Acadêmico e Periódicos Capes.

Palavras-chave: Contaminação; Meio ambiente; Plantas daninhas; Herbicida.

¹ Pesquisadora de Doutorado da Universidade Federal de Alfenas; Departamento de Ciências Ambientais-
duanny.caproni@sou.unifal-mg.edu.br

² Pesquisadora de Doutorado da Universidade Federal de Alfenas; Departamento de Ciências Ambientais-
anna.montanari@sou.unifal-mg.edu.br

³ Prof. Dr. Leonardo Henrique Soares Damasceno, Universidade Federal de Alfenas, Instituto de Ciência e Tecnologia,
leonardo.damasceno@unifal-mg.edu.br.



INTRODUÇÃO

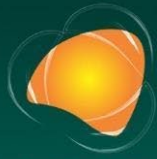
A alta produtividade e crescimento da agricultura nas últimas décadas se faz fundamental para o desenvolvimento do setor agrícola, com isso têm-se como objetivo reduzir os impactos causados por plantas daninhas que interferem negativamente na produtividade das culturas (Silva e Lima, 2012). Nesse contexto, é relevante destacar a importância de se adotar práticas culturais favoráveis às culturas, reduzindo a infestação de plantas daninhas e proporcionando um ambiente que possibilite que a cultura expresse todo seu potencial produtivo (Oliveira e Brighenti, 2018).

O principal controle de plantas daninhas é realizado com o manejo químico com o uso de herbicidas os quais possuem diferentes tipos de mecanismo de ação. No Brasil, os agroquímicos são utilizados basicamente na agricultura e o seu consumo tem aumentado em taxas muito acima daquelas verificadas para o crescimento de área plantada (Carvalho, 2013).

Entretanto, em 21 de setembro de 2017, a ANVISA, por meio da resolução RDC nº 177, proibiu a venda e o uso do paraquat a partir de 22 de setembro de 2020. Tendo-se como uma das argumentações contrárias ao uso desse herbicida é seu alto grau de toxicidade caso ingerido ou inalado (CIT, 2020).

Mesmo com a proibição, toneladas de paraquat têm sido apreendidas no país. Cerca de 75 toneladas foram apreendidos no país recentemente, em uma operação do MAPA, onde foram apreendidos pesticidas falsificados e contrabandeados da China. Durante a ação de fiscalização, auditores fiscais federais agropecuários auxiliaram os trabalhos realizando a análise dos produtos suspeitos em tempo real com o equipamento NIR, Espectrômetro de Infravermelho Próximo. Por não ter registro no Mapa, os agrotóxicos considerados ilegais constituem risco para agropecuária pela ausência de procedência e eficácia do produto para o controle e combate às pragas (Canal Rural, 2024).

Além disso, constituem risco para saúde dos usuários, durante a aplicação do produto, e dos consumidores de alimentos pela exposição a ingredientes ativos e componentes desconhecidos, e de risco ao meio ambiente, pela exposição da fauna e da flora às substâncias químicas desconhecidas, que podem causar mortes ou danos graves ao equilíbrio ambiental.



Dentro deste contexto, faz-se necessário o estudo de alternativas mais sustentáveis de disposição de produtos pesticidas, dentre eles o paraquat. O tratamento biológico surge como alternativa importante, quando aplicado a produtos agroquímicos, como o pentaclorofenol e o aldicarbe (Brucha, 2007; Damasceno, 2008).

Dessa maneira, o objetivo desse trabalho foi realizar uma revisão bibliográfica sobre os aspectos mais importantes sobre o paraquat como também sua degradação biológica.

METODOLOGIA

Para o alcance dos objetivos propostos, o presente trabalho foi realizado na forma de revisão bibliográfica. Gil (2008) destaca que a pluralidade, durante revisões bibliográficas são fatores que influenciam diretamente na escrita do trabalho, por considerar todos os aspectos teóricos e pontos de vistas de diferentes autores, embora a existência de uma metodologia sólida e sistemática para a coleta de dados seja fundamental.

A coleta de material para a revisão bibliográfica seguiu um modelo proposto por Gil (2008). Este modelo separa as pesquisas em fases, e estas fases classificam os artigos de acordo com a relação que eles possuem com o eixo central do trabalho. As coletas foram realizadas em dois portais de busca: Google Acadêmicos e Periódicos Capes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

PARAQUATE – GENERALIDADES

O herbicida paraquat (dicloreto de 1,1-dimetil-4,4-bipiridínio) é classificado como sendo de contato não seletivo, o qual tem o potencial de ação rápida em todo o tecido verde em que entra em contato, conforme mostra a Figura 1.

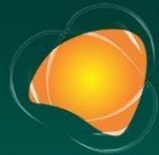
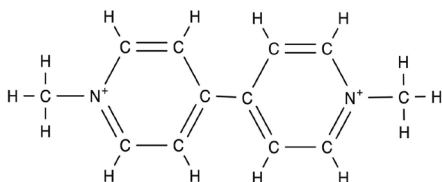


Figura 1- Estrutura molecular do paraquate



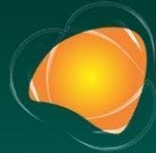
Fonte: Os autores

Por anos o paraquat foi bastante utilizado como ferramenta no manejo de plantas daninhas, seu modo de ação se tornou muito valioso quando se comparado com outros herbicidas (CIP, 2013). Esse agroquímico faz parte dos herbicidas não voláteis, explosivos ou inflamáveis em solução aquosa.

Devido a essas características, possui uma ligação extremamente forte com as partículas do solo o que o torna indisponível para as plantas (Martins, 2013). Com seu mecanismo de desvio de fluxo de elétrons do processo de fotossíntese, ocasiona o surgimento de radicais livres letais que danificam os tecidos vegetais, levando as plantas daninhas à morte (Inthama et al., 2021). É utilizado e proibido em diversos países devido à sua alta toxicidade (Wesseling et al., 2001). Pode ser encontrado como gramoxone®, gramocil®, agroquat®, gramuron® e paraquol®, ou como constituinte de misturas com outros princípios ativos, como no “secamato” (Serra, Domingos; Prata, 2003).

Em relação a sua classificação, seu potencial de perigo ambiental é do tipo II, o qual se define como muito perigoso, sua classe toxicológica é do tipo I, sendo considerado altamente tóxico (ANVISA, 2005). Nesse sentido, regiões com alto desenvolvimento agrícola o paraquat é a principal fonte de poluição dos recursos hídricos e do solo (Sorolla et al., 2012).

Outro efeito agravante desse agroquímico é seu poder de causar efeitos colaterais graves, tendo sido utilizado também como método de suicídio (Wu et al., 2014). Entretanto, no Brasil esse princípio ativo está proibido desde 22 de setembro de 2020, em decorrência de reavaliação toxicológica, conforme dispõe a Resolução RDC nº 177, de 21 de setembro de 2017, publicada no Diário Oficial da União de 22 de setembro de 2017 (Bermúdez et al., 2021). Devido ao seu potencial poluente, faz-se necessário buscar formas de eliminá-lo do meio ambiente.



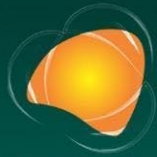
DEGRADAÇÃO BIOLÓGICA DO PARAQUATE

Estudos sobre biodegradação de resíduos de agrotóxicos iniciaram na década de 1940, uma vez que a população ficou mais atenta ao meio ambiente. A pesquisa sobre o processo de degradação de poluentes e seu mecanismo tem sido profundamente estudada. Nesse sentido, aplicação de cepas microbianas como culturas axênicas, em que apenas uma única espécie, variedade ou linhagem de organismo está presente, tem sido frequentemente empregada em diversos estudos *in vitro* de degradação de poluentes (Bhatt et al., 2021).

Em se tratando de degradação ou biodegradação a qual é considerada uma técnica onde microrganismos naturais como bactérias, fungos, leveduras e enzimas (presentes ou adicionadas ao local) são utilizados na degradação bioquímica de contaminantes orgânicos e inorgânicos presentes em solos, águas e vários outros ambientes (Sánchez et al., 2013). De acordo com Jou e Huang (2002) a biodegradação é uma técnica econômica e eficiente para a eliminação de poluentes em meios aquosos.

Os fungos e bactérias vêm apresentando grande versatilidade na remediação de ambientes poluídos, pois são capazes de crescer e sobreviver em altas concentrações de compostos contaminantes, utilizá-los como fonte de obtenção de energia, além de se mostrarem organismos que possibilitam a síntese de enzimas que atuam na remoção segura de contaminantes do meio ambiente (Das e Dash, 2014).

Nesse contexto, produtos agroindustriais podem também ter elevado potencial em processos de degradação de que são exemplo a adsorção de contaminantes (Apostol et al., 2010), suporte de microorganismos (Penha et al., 2016) e produção biológica de enzimas e outros produtos de valor acrescentado (Menezes, 2006; Da Cruz et al., 2015). Uma alternativa para a biodegradação de águas contaminadas com paraquat é o processo de degradação fúngica em reatores de bateladas aeradas inoculados com *Aspergillus niger*, fungo filamentosos com alto potencial de degradação, capacidade de sobrevivência em condições de estresse ambiental e em baixo pH, além de secretor de proteínas (Conceição, 2005; Harbhajan, 2006).



EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

Nesse contexto, podemos observar que estudos recentes sobre a degradação biológica do paraquat estão sendo realizados, incluindo degradação por meio de fungos, leveduras e bactérias. [Huang et. al. \(2019\)](#) demonstram que várias pesquisas nesse tema, com diferentes metodologias de operação e espécies de organismos têm mostrado respostas significativamente promissoras.

Sabe-se que uma das vias metabólicas da biodegradação do paraquate é a desmetilação seguida da quebra dos anéis aromáticos presentes na molécula, o que resulta em três ácidos carboxílicos e metilamina, esse composto é utilizado como fonte de nitrogênio e carbono para o metabolismo microbiano, resultando em moléculas de amônio, dióxido de carbono e água ([Suo et al., 2019](#)).

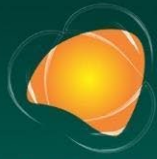
Dependendo da composição do solo, a absorção do paraquat ocorre imediatamente, e os microrganismos presentes no ambiente são capazes de utilizar e degradar menos de 1% do pesticida ([Inthama et. al., 2021](#)). Devido ao tempo de meia-vida que varia entre 3 a 6,6 anos, o acúmulo desse herbicida passou a ser uma preocupação ([Huang et. al., 2019](#)).

Sabe-se que o herbicida paraquat foi comumente empregado no controle de plantas daninhas, porém, quando em contato com o solo, é rapidamente absorvido e se liga fortemente a terra e à matéria orgânica se tornando biologicamente inerte, não podendo, assim, ser absorvido pelas raízes de plantas ou por outros organismos. Nesse sentido, o solo é capaz de absorver grandes quantidades de contaminantes sem sofrer muitas transformações ([Chiarello, 2017](#)).

Devido às características e peculiaridades dos sistemas e áreas agrícolas, a biodegradação é um processo desafiador e pouco explorado, apesar de apresentar grandes potenciais biológicos. Entre várias possibilidades e tecnologia podemos contar com o desenvolvimento de consórcios microbianos específicos do ambiente afetado, que sejam aptos a executar os processos remediativos desejados ([Kumar et al. 2021](#)).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A falta de monitoramento do uso de agroquímicos, em especial do paraquat, pode ocasionar a ausência de dados técnicos para responder questões referentes ao impacto que os poluentes advindos desses produtos podem gerar nas águas e no solo, além de restringir a tomada de decisões quando há



EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

ocorrência de problemas com o uso múltiplo dos mesmos, principalmente em questão à potabilidade da água.

Além do impacto que os poluentes em si podem causar ao meio ambiente, em suas vias de degradação, o passo final é a produção de nitrogênio e fósforo, os principais nutrientes responsáveis pela eutrofização do meio aquático. Assim, quantificar os agrotóxicos, nesse caso em específico o paraquat, é de grande importância para entender e constatar áreas mais suscetíveis à eutrofização que poderiam pôr em risco seus usos múltiplos.

O monitoramento ambiental da qualidade da água e solo auxilia o processo de tomada de decisão sobre os estressores que causam variabilidade na quantidade e qualidade dos mesmos, suas fontes e impactos socioambientais e econômicos e gestão das práticas conservacionistas empregadas no ambiente.

REFERÊNCIAS

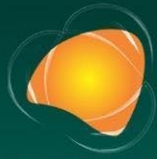
ANVISA: Controlando agrotóxicos nos alimentos: O trabalho desenvolvido pela ANVISA, com as vigilâncias sanitárias dos estados do AC, ES, GO, MG, MS, PA, PE, PR, RJ, RS, SC, SP, TO, a FIOCRUZ/INCQS e os laboratórios IAL/SP, ION/FUNED, LACEN/PR E ITEP/PE. **Relatório de atividades 2001- 2004**. Brasília, 2005.

APOSTOL, L.C.; Pereira, L.; ALVES, M.M.; GAVRILESCU, M. Agro waste used as natural sorbents for acid red 51 uptakes- Proceedings of the 3rd International Conference on Advanced Materials and Systems. **Bucharest, Romania**, 16-18, 2010.

BHATT, P.; BHATT, K.; SHARMA, A.; ZHANG, W.; MISHRA, S.; CHEN, S. Biotechnological basis of microbial consortia for the removal of pesticides from the environment. *Crit Rev Biotechnol.*, 41, 317-338, 2021.

BERMÚDEZ, V. M. S.; FARIAS, L. B.; LIMA, L. T.; BARBOSA, B. C. A.; PESSOA, K. A. R.; SILVA, G. M. M. Influence of sucrosis on the degradation of pesticide by white rot fungus. **Research, Society and Development**, 10:1-14, 2021.

BRUCHA, Gunther. **Influência dos nutrientes nitrogênio e fósforo na degradação anaeróbia do pentaclorofenol e na diversidade microbiana dos sedimentos enriquecidos do Estuário de Santos - São Vicente - Estado de São Paulo**. 239 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2007.



CANAL RURAL,, **Fiscais apreendem 83 toneladas de paraquat e outros pesticidas, São Paulo, Fevereiro, 2024.** Disponível em: [Fiscais apreendem 83 toneladas de paraquat e outros pesticidas \(canalrural.com.br\)](https://canalrural.com.br). Acesso em: 29 de abril de 2024.

CARVALHO, L.B. (2013). Plantas daninhas. **Lages:** Edição do autor.

CHIARELLO, M.; GRAEFF, R. N.; MINETTO, L.; CEMIN, G.; SCHNEIDER, V. E.; MOURA, S. Determination of pesticides in water and sediment by HPLC-HRMS and its relationship with the use and land occupation. **Química Nova**, 40:158-165, 2017.

CIP (2013). Centro de Informações sobre o Paraquat. Dados e fatos sobre o Paraquat. Disponível em: <http://paraquat.com/pt-br/beneficios/beneficios-para-agricultores> Acesso em 21 abril, 2024.

CIT (2020). Centro de Informação Toxicológica do Rio Grande do Sul. Disponível em: http://www.cit.rs.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=4&Itemid= Acesso em 21 abril. 2024.

CONCEIÇÃO, D. M. Fungos filamentosos isolados do Rio Atibais, SP e refinaria de petróleo biodegradadores de compostos fenólicos. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, 72: 99-106, 2005.

DA CRUZ, E. A.; MELO, M. C.; SANTANA, N. B.; FRANCO, M.; DE SANTANA, R. S. M.; SANTOS, L. S.; GONÇALVES, Z. S. Produção de alfa-amilase por *Aspergillus niger* em resíduo de cascas de mandioca. **UNOPAR Científica Ciências Biológicas e da Saúde**, 13:76-81, 2015.

DAMASCENO, L. H. S. **Degradação do Aldicarbe em Biorreator Anaeróbio Horizontal de Leito Fixo.** 2008. 161 f. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) - Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2008.

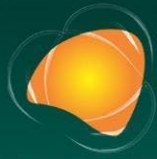
DAS, S.; DASH, H. R. Microbial Bioremediation: A Potential Tool for Restoration of Contaminated Areas. **Microbial Biodegradation and Bioremediation**, 1-15-19, 2014.

GIL, A.C. (2008). *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 6º ed. São Paulo: Atlas S.A.

HARBHAJAN, S. Mycoremediation: fungal bioremediation. **New Jersey**, 2006.

HUANG Y, et. al. Paraquat degradation from contaminated environments: current achievements and perspectives. **Front. Microbiol.** 2019

INTHAMA P., PAMON, P., PEKKOH, J., AREE, W. P., CHAYAKORN, P. Plant growth and drought tolerance-promoting bacterium for bioremediation of paraquat pesticide residues in agriculture soils. **Frontiers Microbiology**.12:604-612. 2021.



JOU, C. G.; HUANG, G. A pilot study for oil refinery wastewater treatment using a fixed film bioreactor. **Advances in Environmental Research**, 7: 463- 469, 2003.

KUMAR, M.; YADAV, A. J.; SAXENA, R.; PAUL, D.; TOMAR, R. S. Biodiversity of pesticides degrading microbial communities and their environmental impact. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, 3, 101883, 2021.

MARTINS, T. Herbicida Paraquat: conceitos, modo de ação e doenças relacionadas. **Semina: Ciências biológicas e da saúde**,34:175-186, 2013.

MENEZES, G. D. G. Produção de poligalacturonase pela linhagem *Aspergillus niger* mutante 3T5B8 em fermentação semi- -sólida em biorreatores de coluna. Dissertação (Mestrado em Ciências). **Departamento de Engenharia Química**, Rio de Janeiro, 68 p., 2006.

OLIVEIRA, M. F., BRIGHENTI, A. M. Controle de Plantas Daninhas: Métodos físico, mecânico, cultural, biológico e alelopatia. 1º ed. Brasília, DF: **Embrapa Milho e Sorgo**, 2018.

PENHA, E. das M.; VIANA, L. A. N.; GOTTSCHALK, L. M. F.; TERZI, S. C.; SOUZA, E. F.; FREITAS, S. C.; SANTOS, J. O.; SALUM, T. F. Aproveitamento de resíduos da agroindústria do óleo de dendê para a produção de lipase por *Aspergillus Niger*. **Revista Ciência Rural**, 46: 755-761, 2016.

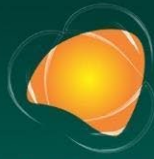
SÁNCHEZ, R. S.; CHACÓN,D. A.; MAYER, G.; ORDAZ, N. R.; ALCO CER, A. S. Removal of triazine herbicides from aqueous systems by a biofilm reactor continuously or intermittently operated. **Journal of Environmental Management**, 127:421-426, 2013.

SERRA, A., DOMINGOS, F. & PRATA, M. M. Intoxicação por Paraquat. **Acta Médica Portuguesa**, 16, 25-32, 2013.

SILVA, A. F. A., DA SILVA LIMA, R. Interferência de plantas daninhas sobre plantas cultivadas. **Agropecuária científica no semiárido**, v.8 p. 1-6, 2012.

SOROLLA, M. G., DALIDA, M. L., KHEMTHONG, P., GRISDANURAK, N. & SRINIVASAN, P. Paraquat: a unique contributor to agriculture and sustainable development. **Prasanna Srinivasan**. India, 2004.

SUO, F., LIU, X., LI, C., YUAN, M., ZHANG, B., WANG, J., MA, Y., LAI, Z. & JIA, M. (2019) Mesoporous activated carbon from starch for superior rapid pesticides removal. **International Journal of Biological Macromolecules**, 121: 806-813, 2019.



EXTREMOS CLIMÁTICOS: IMPACTOS ATUAIS E RISCOS FUTUROS

WESSELING, C.; JOODE, B. V. W.; RUEPERT, C.; LEÃO, C.; MONGE, P.; HERMOSILLO, H.; PARTENEN, T. J. (2001) Paraquat in developing countries. **International Journal of Occupational and Health** , 7: 275-286, 2001.

WU, W.P.; LAI, M.N.; LIN, C.H.; LI, Y.F.; LIN, C.Y.; WU, M. J. Addition of immunosuppressive treatment to hemoperfusion is associated with improved survival after paraquat poisoning: a nationwide study. **PLoS ONE**, 9: 67-75, 2014.