

## Potencial da *Calotropis procera* (Aiton) WT na fitorremediação e em aplicações terapêuticas

Sanduel Oliveira de Andrade<sup>1\*</sup>, Emerson Lira Freire<sup>2</sup>, Victor Manoel Gomes da Silva<sup>2</sup>,  
Andrea Maria Brandão Mendes de Oliveira<sup>1</sup>, Luiz Fernando Oliveira Coelho<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Docente da Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, Campina Grande, Paraíba, Brasil. <sup>2</sup>Discente de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Ciências e Tecnologia Ambiental, Pombal, Paraíba, Brasil. <sup>3</sup>Técnico em Química da Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Ciências e Tecnologia Ambiental, Pombal, Paraíba, Brasil. \*[prof.sanduelandrade@gmail.com](mailto:prof.sanduelandrade@gmail.com)

Recebido em: 01/09/2024

Aceito em: 20/01/2025

Publicado em: 10/05/2025

DOI: <https://doi.org/10.29327/269504.7.1-27>

### RESUMO

A fitorremediação surge como uma abordagem sustentável e eficaz para a recuperação de áreas degradadas, oferecendo uma solução natural para a remediação de poluentes orgânicos e inorgânicos oriundos de diversos empreendimentos antrópicos. A *Calotropis procera* (Aiton) WT, uma espécie perene adaptada a condições áridas da África e Ásia, bem como, no semiárido nordestino brasileiro, destaca-se pelo seu notável potencial na fitorremediação, especialmente em solos halófilos e contaminados. Este artigo de revisão integrativa investigou as capacidades desta espécie na absorção e acumulação de metais pesados, como cromo e arsênio, demonstrando sua viabilidade na restauração de ecossistemas degradados. Além de seu papel ecológico, a *C. procera* apresenta propriedades farmacológicas promissoras, incluindo atividades anticancerígenas, antimicrobianas e anti-inflamatórias. Nesse viés, esse artigo de revisão não só explora as aplicações ambientais da planta, mas também discute suas potenciais utilizações terapêuticas, evidenciando a *C. procera* como uma espécie de interesse tanto para a ciência ambiental quanto para a farmacologia. A integração dessas duas vertentes sublinha a importância de pesquisas futuras para explorar completamente o potencial multifacetado dessa planta na mitigação de problemas ambientais e na inovação terapêutica.

**Palavras-chave:** Bioacumulação. Sustentabilidade. Farmacologia.

## Potential of *Calotropis procera* (Aiton) WT in Phytoremediation and Therapeutic Applications

### ABSTRACT

Phytoremediation emerges as a sustainable and effective approach for the recovery of degraded areas, offering a natural solution for the remediation of organic and inorganic pollutants from various anthropogenic activities. *Calotropis procera* (Aiton) WT, a perennial species adapted to arid conditions in Africa and Asia, as well as in the northeastern semi-arid region of Brazil, stands out for its remarkable potential in phytoremediation, especially in halophilic and contaminated soils. This integrative review article investigated the capabilities of this species in the absorption and accumulation of heavy metals, such as chromium and arsenic, demonstrating its viability in the restoration of degraded ecosystems. In addition to its ecological role, *C. procera* exhibits promising pharmacological properties, including anticancer, antimicrobial, and anti-inflammatory activities. In this context, this review article not only explores the plant's environmental applications but also discusses its potential therapeutic uses, highlighting *C. procera* as a species of interest to both environmental science and pharmacology. The integration of these two areas underscores the importance of future research to fully explore the multifaceted potential of this plant in mitigating environmental issues and driving therapeutic innovation.

**Keywords:** Bioaccumulation. Sustainability. Pharmacology.

## INTRODUÇÃO

Em meio à crescente preocupação global com a degradação ambiental, impulsionada por uma rápida urbanização, práticas agrícolas intensivas e atividades industriais descontroladas, a necessidade de abordagens eficazes para a restauração e reabilitação de ecossistemas degradados nunca foi tão urgente. Uma dessas abordagens, a fitorremediação, tem emergido como uma técnica promissora e ambientalmente sustentável.

A fitorremediação consiste em um processo que utiliza plantas para remover, degradar ou imobilizar contaminantes presentes no solo, na água ou no ar. Dentre as várias espécies vegetais estudadas para essa finalidade, a *Calotropis procera* (Aiton) WT, conhecida popularmente como flor-de-seda, tem se destacado. Esta planta perene, amplamente distribuída em regiões tropicais e subtropicais, apresenta rápido crescimento e resistência à seca, tornando-a particularmente adequada para projetos de recuperação de áreas degradadas em regiões áridas e semiáridas, como o Nordeste brasileiro.

A *Calotropis procera* (Aiton) WT possui uma série de características que a tornam uma candidata ideal para a fitorremediação. Ela é capaz de tolerar e bioacumular uma variedade de poluentes do solo e da água, incluindo metais pesados, pesticidas e outros compostos tóxicos. Essa tolerância é resultado de adaptações fisiológicas e bioquímicas da planta, que lhe permitem extrair nutrientes e água de solos contaminados sem sofrer danos significativos. Além disso, seu sistema radicular profundo e extenso confere à planta uma grande capacidade de penetração no solo e de absorção de contaminantes. Essas raízes também desempenham um papel crucial na estabilização do solo e na prevenção da erosão, contribuindo assim para a recuperação de áreas degradadas.

O objetivo desse estudo foi explorar o potencial de uso da *C. procera* para a fitorremediação e a incorporação de compostos químicos em ambientes degradados, destacando sua relevância no contexto da conservação ambiental e da sustentabilidade global. Este trabalho visa contribuir para o avanço do conhecimento na área de fitorremediação e fornecer insights valiosos para a implementação de estratégias de recuperação de ecossistemas degradados baseadas em plantas.

## METODOLOGIA

A metodologia adotada para conduzir a revisão integrativa sobre o uso da espécie *Calotropis procera* (Aiton) WT para fitorremediação de solo e água seguiu um protocolo

estruturado, visando garantir a integridade metodológica e a abrangência na análise dos estudos selecionados. Este estudo foi realizado durante o período compreendido entre fevereiro e junho de 2024, com base na busca e análise de publicações científicas dos últimos dez anos, selecionadas criteriosamente em revistas de alto impacto na área.

Inicialmente, foi realizada uma busca sistemática na literatura utilizando bases de dados eletrônicas reconhecidas, tais como *PubMed*, *Scopus* e *Web of Science*. Os termos de busca foram definidos de forma a abranger todas as variações relevantes relacionadas à espécie *C. procera* e fitorremediação, incluindo sinônimos e termos relacionados. A estratégia de busca foi elaborada com a assistência de um bibliotecário especializado para garantir sua abrangência e precisão.

Após a busca inicial, os artigos foram selecionados de acordo com critérios pré-definidos de inclusão e exclusão. Foram considerados elegíveis os estudos que abordavam o uso da *C. procera* para fitorremediação de solo e água, independentemente do tipo de estudo ou metodologia empregada. Foram excluídos os artigos que não estavam disponíveis integralmente, não estavam escritos em inglês ou português, ou que não apresentavam relevância direta para o tema da revisão.

Uma vez selecionados os estudos, foram extraídos os dados relevantes para a análise, incluindo características da espécie estudada, métodos de fitorremediação empregados, resultados obtidos e principais conclusões dos autores. Esta etapa foi realizada de forma sistemática e organizada, garantindo a consistência na extração e registro dos dados.

Para analisar os dados extraídos, foi adotada uma abordagem integrativa, combinando informações de estudos com diferentes metodologias e delineamentos. A análise dos dados foi conduzida de maneira crítica e interpretativa, buscando identificar padrões, tendências e lacunas na literatura existente sobre o uso dessa espécie para fitorremediação. Foram consideradas as limitações dos estudos incluídos e a qualidade das evidências disponíveis, visando fornecer uma análise abrangente e fundamentada.

Por fim, os resultados da revisão integrativa foram apresentados de forma clara e concisa, destacando as principais descobertas e conclusões. Foram discutidas as implicações práticas e teóricas dos achados, bem como as recomendações para futuras pesquisas nesta área. O rigor metodológico foi mantido ao longo de todo o processo, garantindo a confiabilidade e validade dos resultados obtidos.

## CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DA *Calotropis procera* (Aiton) WT

A *Calotropis procera* (Aiton) WT é um arbusto perene xerófito ou árvore de pequeno porte que cresce em muitos países áridos e semiáridos. É nativa da África tropical e subtropical e da Ásia, comum no Oriente Médio (LOTTERMOSER, 2011) e na América Latina, onde a espécie possui alto valor socioeconômico. Frequentemente cresce em solos salinos ou ligeiramente salinos com baixa umidade, formando agrupamentos monoespecíficos (HASSAN et al., 2015). Pertence à família *Apocynaceae* e ao gênero *Calotropis*, que inclui apenas duas espécies: *C. procera* e *C. gigantea* (TABATINGA FILHO; MACHADO, 2008). Ambas as espécies são semelhantes em muitos aspectos, mas a *C. procera* é geralmente menor e tem flores brancas com detalhes roxos, enquanto a *C. gigantea* é maior e tem flores roxas ou brancas. A *C. procera* é mais tóxica que a *C. gigantea* e é presumivelmente mais tóxica até do que o veneno de cobra. Curiosamente, cobras e outras serpentes venenosas não suportam sequer o cheiro exalado por essa espécie (WADHWANI et al., 2021).

Hassan et al. (2015) conduziram uma análise etimológica do nome científico desta espécie, revelando sua rica herança linguística. O termo "*Calotropis*", de origem grega, mescla os conceitos de "*kalos*" (beleza) e "*tropis*" (quilha de um barco), evocando poeticamente as intrincadas escalas que adornam suas flores. Por outro lado, "*Procera*" tem suas raízes nas palavras latinas que significam 'em favor de' e 'cera', em uma referência perspicaz à marcante aparência cerosa da planta.

A *Calotropis procera* (Aiton) WT é uma espécie resistente à seca, sendo capaz de sobreviver em uma variedade de tipos de solo, incluindo solos alcalinos e salinos, e apresenta preferência por solos arenosos com boa drenagem. Sua proliferação é observada de forma abundante em regiões áridas e semiáridas, prescindindo de irrigação, fertilizantes químicos, pesticidas ou outras práticas agronômicas.

**Figura 1** - *Calotropis procera* (Aiton) WT.



Fonte: Andrade et al., (2024).

Morfologicamente, o caule apresenta estrutura arbustiva de madeira macia, únicos ou com múltiplos ramos, podendo atingir de 2 a 6 metros de altura, com diâmetros de até 25 centímetros, ilustrado na Figura 1.

Os caules jovens têm uma coloração cinza-esverdeada e são lisos ao toque, cobertos de pelos esbranquiçados, enquanto os caules maduros possuem uma casca cortiça profundamente fissurada, de cor marrom claro. Apresentam caule corticiforme, que reduz a perda de água excessiva para o meio, funcionando também como isolante térmico e ação direta dos ventos. Essa adaptação morfológica pode servir como uma camada protetora contra danos mecânicos, desidratação ou ataques de herbívoros. Além disso, o caule é seroso, o que reduz o ataque de insetos (COSTA et al., 2009).

Possui um sistema radicular robusto, com uma raiz principal que pode penetrar o solo até 3 a 4 metros de profundidade, além de um sistema de raízes laterais lenhosas. O sistema radicular pivotante e profundo é uma adaptação importante para a sobrevivência em regiões áridas, pois permite que a espécie acesse água e nutrientes em camadas mais profundas do solo. Além disso, a ausência de raízes laterais próximas à superfície reduz a competição com outras plantas por recursos hídricos e nutricionais, além de poderem regenerar rapidamente brotos adventícios quando a planta é danificada (COSTA et al., 2009). As raízes principais têm topos proeminentes arredondados e espiralados, formando grandes tubérculos. São cinza-brancas e exsudam seiva quando a casca é cortada.

As folhas são simples, opostas e têm uma base em forma de coração, variando de oblongas a quase orbiculares, com uma coloração que vai de verde claro a escuro e veias quase brancas. As folhas são grandes, com 10-15 cm de comprimento e 4,5 a 6,5 cm de largura (QUAZI et al., 2013), sem pecíolo visível, cobertas por uma fina camada de pelos quando jovens, que desaparecem com a maturidade. Elas têm uma aparência cerosa e contêm uma seiva leitosa branca (HASSAN et al., 2015; KHALID et al., 2018).

A floração ocorre durante todo o ano e apresenta uma morfologia reprodutiva característica, apresentando flores hermafroditas, contendo tanto órgãos masculinos quanto femininos. Agrupam-se em inflorescências umbeliformes e cada flor é composta por cinco pétalas e cinco sépalas (TABATINGA FILHO; MACHADO, 2008). As sépalas, em um tom de branco sujo, formam a base das flores, enquanto as pétalas, de forma ovada e com cerca de 1 cm de comprimento e largura, apresentam uma transição suave do branco para o roxo em suas extremidades (QUAZI et al., 2013). O androceu é constituído por cinco estames fundidos, formando uma estrutura tubular ao redor do pistilo. O gineceu, por sua vez, é composto por dois carpelos unidos, resultando em um ovário superior contendo numerosos óvulos (TABATINGA FILHO; MACHADO, 2008). As flores produzem quantidades significativas de néctar, apresentando pólen de coloração verde e pegajoso, encapsulado em polínias, que são produzidas por um único estame. Cada flor produz quantidades significativas de néctar (13,5 µl) e em concentrações de açúcares acima de 30% (HASSAN et al., 2015). A polinização é realizada principalmente por insetos, incluindo várias espécies de abelhas, vespas, formigas e borboletas. Estes insetos são atraídos pelas flores devido ao néctar que é produzido por glândulas localizadas na base das pétalas. No entanto, o néctar se encontra protegido nas flores por rígidas estruturas chamadas coronas, que dificultam o acesso dos insetos. Isso significa que, embora a planta atraia uma grande variedade de visitantes florais, nem todos são capazes de acessar o néctar e, portanto, nem todos são eficazes polinizadores. Durante a visita à flor, os insetos entram em contato com as polínias, que são estruturas que contêm os grãos de pólen. As polínias aderem ao corpo do inseto e são transportadas para outras flores, onde podem fertilizar os óvulos (TABATINGA FILHO; MACHADO, 2008; FABRICANTE et al., 2013).

Os frutos são folículos subglobosos a ovoides, medindo até 15 cm de comprimento por 10 cm de largura (QUAZI et al., 2013), que se abrem quando maduros para liberar sementes numerosas. As sementes são planas, obovadas, com papilas sedosas brancas

(HASSAN et al., 2015) (Figura 2). São plumosas e dispersas pelo vento (anemocoria) quando o fruto se abre, facilitando a disseminação da espécie, contribuindo para sua característica invasora. Além disso, a espécie é capaz de se reproduzir vegetativamente, o que significa que pode crescer a partir de fragmentos de caule ou raiz, o que também ajuda em sua disseminação pelo globo (TABATINGA FILHO; MACHADO, 2008).

**Figura 2** - Frutos e sementes de *Calotropis procera*.



Fonte: Andrade et al. (2024).

A espécie também possui propriedades alelopáticas que impedem a germinação e o crescimento de várias culturas, como cevada, trigo, pepino, feno-grego, tomate, berinjela e outras. Além disso, os extratos de folhas e caules podem inibir o crescimento de plantas daninhas, o que os torna uma opção para o controle biológico de ervas daninhas e insetos. No entanto, sua presença próxima a campos de cultivo sugere efeitos adversos nessas culturas devido às interações alelopáticas (HASSAN et al., 2015).

O látex produzido pela *C. procera* é reconhecido por sua irritação, neurotoxicidade e atividade anticolinérgica, podendo resultar em complicações tóxicas e, em casos extremos, fatais. A ingestão ou contato com os olhos desse látex pode desencadear danos graves, incluindo convulsões, colapso e até a morte (WADHWANI et al., 2021). Além disso, os efeitos tóxicos desta espécie são atribuídos à presença de cardenólídeos tóxicos em seu látex, como observado por Bansal et al. (2023). Estes compostos têm sido associados a um aumento significativo na frequência cardíaca, levando eventualmente à mortalidade animal. Adicionalmente, o contato acidental com

as folhas pode resultar em toxicidade ocular grave, caracterizada por inflamação, edema corneal e danos irreversíveis às células endoteliais, resultando em comprometimento da visão. Ruminantes também apresentaram efeitos adversos, incluindo intoxicação, distúrbios gastrointestinais e possivelmente depressão do sistema nervoso central e distúrbios cardíacos após o consumo das folhas, ressaltando a importância de precauções ao lidar com a espécie e a necessidade de mais estudos para compreender plenamente sua toxicidade e potenciais riscos para a saúde humana e animal.

Cavalcante et al. (2020) investigaram a composição do látex da *C. procera*, que é composto por 87.3% de água e 12.7% de massa seca, contendo várias substâncias bioativas, incluindo fenóis, esteroides, alcaloides, ácido gálico e quercetina. As frações não proteicas e proteica foram eficazes contra o parasita *Haemonchus contortus*, com a não proteica inibindo 100% da motilidade dos parasitas em 6 horas e a proteica, 95.8% em 12 horas, indicando o potencial anti-helmínticos do látex.

### **POTENCIAL DE FITORREMEDIAÇÃO DA *Calotropis procera* (Aiton) WT**

Fitorremediação consiste em uma técnica de remediação ambiental que utiliza espécies vegetais para remover, degradar ou estabilizar contaminantes presentes no solo, na água e no ar. Esta abordagem é considerada uma alternativa sustentável e econômica em comparação com métodos físicos e químicos tradicionais de remediação. A fitorremediação se baseia nos processos naturais das espécies vegetais para absorver, acumular e metabolizar substâncias tóxicas em sua biomassa, utilizando diferentes mecanismos. Essa técnica tem se destacado como uma abordagem promissora no tratamento de solos e água contaminados, em especial por metais pesados. Estes elementos, provenientes de diversas fontes como atividades industriais, mineração, e agricultura intensiva, representam uma séria ameaça ao equilíbrio dos ecossistemas e à saúde humana.

Nesse aspecto, a espécie *Calotropis procera* (Aiton) WT apresenta um potencial significativo para contribuir com os esforços de remediação em áreas degradadas, como é o caso das áreas contaminadas por metais pesados. Conforme Batagarawa et al. (2019), a introdução de metais pesados pode ocorrer na forma dissolvida como hidróxido, carbonato, sulfato, nitrato, fosfato e outros minerais.

Usman et al., (2020) investigaram a presença de metais em solos e tecidos vegetais na área industrial de Mesaieed, localizada no Qatar, com foco na capacidade de

bioacumulação da espécie *C. procera*, demonstrando uma notável capacidade de acumulação de cromo em suas raízes, sugerindo um potencial significativo para a fitorremediação no tocante a esse metal. A análise das correlações entre os metais no solo e nas plantas indicou uma forte associação entre o cromo presente no solo e sua acumulação por *C. procera*. Além disso, observou-se um aumento na atividade antioxidante da planta em resposta ao estresse causado pelo cromo. Resultados em consonância com Abdullatif et al. (2016) que utilizaram a espécie como bioindicadora e fitorremediadora de contaminação por metais pesados provenientes da fábrica de cimento localizada na cidade de Jeddah, na Arábia Saudita, constatando sua capacidade de acumular quantidades razoáveis de elementos pesados em faixas normais. Metais pesados como alumínio, cromo, boro, bário, cobre, manganês, ferro, chumbo e zinco foram encontrados em diferentes quantidades de *C. procera* e nos solos em diferentes locais. As concentrações desses elementos foram mais altas nas plantas dos locais próximos à fábrica de cimento, indicando uma maior exposição à poluição do ar. No entanto, os solos em geral tinham concentrações mais baixas desses elementos em comparação com as plantas, sugerindo que a *C. procera* pode absorver e mitigar a presença desses metais do solo, mostrando sua capacidade de fitorremediação.

Lateefat et al. (2023) avaliaram a eficiência da *C. procera* na remoção de cromo do solo irrigado com águas residuais municipais em Katsina, Nigéria, fazendo uso dos agentes quelantes ácido etilenodiamino tetra-acético e ácido cítrico, para facilitar a extração do metal pesado. O incremento desses agentes quelantes aumentou significativamente a bioacumulação de Cromo a níveis de 75% e 250%, respectivamente, em comparação ao tratamento controle, podendo efetivamente extrair e translocar Cr das raízes para as partes aéreas da planta.

Kanwar et al. (2023) também destacaram que o fator de translocação também foi alto ( $>1$ ), mostrando que a planta consegue transferir eficientemente os metais das raízes para a parte aérea, tornando-a adequada para fitoextração. Vale destacar que um fator de translocação maior que 1 indica que o composto químico em questão tem uma alta capacidade de se mover dentro da planta, sendo transportado de uma parte para outra em quantidades significativas, podendo ser absorvido por uma parte da planta, como as raízes, e depois translocado para outras partes, como folhas, frutos ou sementes. Desta forma, apesar da toxicidade, a espécie conseguiu acumular altas concentrações de cromo, níquel e chumbo em suas raízes e folhas.

Singh e Fulzele (2021) investigaram a capacidade da espécie *C. procera* em mitigar concentrações de arsênio tanto da água quanto do solo. Após 15 e 30 dias de exposição a uma variedade de concentrações, verificou-se que a *C. procera* foi eficiente na remediação de quantidades significativas de arsênio. A acumulação desse composto químico foi maior nas partes aéreas do que nas raízes quando expostas a níveis mais altos por 30 dias, indicando um fator de translocação  $> 1$  e sugerindo sua adequação para a fitoextração de arsênio. O fator de translocação é uma medida que indica a capacidade de uma planta de transferir um determinado metal ou substância do sistema radicular para outras partes da planta, como caule, folhas ou frutos. Quando o fator de translocação é maior que 1, significa que a planta está sendo eficiente na absorção e transporte desse metal, o que é desejável para fins de fitoextração, um processo pelo qual as plantas removem contaminantes do solo ou da água. Além disso, foram apresentados os efeitos do As no crescimento da planta, nos pigmentos fotossintéticos e na peroxidação lipídica, bem como nas atividades de enzimas antioxidantes em resposta ao estresse causado pelo arsênio. Observou-se um aumento nas atividades de enzimas antioxidantes, como superóxido dismutase, ascorbato peroxidase, guaiacol peroxidase e catalase, em resposta ao estresse causado pelo arsênio. A acumulação e a capacidade de tolerância ao arsênio, juntamente com o crescimento vigoroso e a capacidade de fitoextração da *C. procera*, sugerem a viabilidade dessa planta para a fitorremediação em solos e águas contaminadas.

Conforme Mosa et al. (2019), a espécie *C. procera* é capaz de acumular altas concentrações de metais pesados, com foco especial nas folhas antigas como destino para essa acumulação. Métodos de espectroscopia de absorção atômica e fluorescência de raios X foram utilizados para analisar amostras de solo e planta coletadas em áreas altamente contaminadas localizadas nos Emirados Árabes Unidos. Os autores indicaram que *C. procera* concentra principalmente ferro, manganês, estrôncio e zinco nas raízes, com baixa translocação para caule e folhas verdes. No entanto, as folhas antigas apresentaram maior capacidade de acumular concentrações significativamente mais altas de diferentes metais, especialmente ferro e estrôncio, em comparação com outras partes das plantas, sugerindo que a espécie utiliza essas folhas metabolicamente menos ativas como locais de acumulação de metais pesados. Sendo assim, a *C. procera* possui capacidade para hiperacumulação de ferro e estrôncio, indicando seu potencial para a fitorremediação de solos contaminados por esses metais corroborando com as conclusões de Siraj et al.

(2022), onde destacam que a *C. procera* demonstrou capacidade de absorver e acumular metais como zinco, cobre, chumbo e cádmio em suas partes aéreas.

Galal et al. (2016) investigaram a capacidade de fitorremediação por meio da espécie *C. procera* em áreas urbanizadas em Helwan, Egito, reconhecidas como fontes e receptores de contaminantes devido à alta concentração de atividades poluidoras. As folhas acumularam diferentes concentrações de nutrientes inorgânicos e orgânicos, bem como metais pesados, com variação significativa entre os habitats, reiterando que a espécie detém a capacidade de acumular metais pesados, especialmente manganês, em níveis consideráveis. Nesse mesmo viés, Batagarawa et al. (2019) destacaram o uso da espécie *C. procera* como um bioindicador de contaminação por metais pesados. Através da análise das folhas foi possível revelar concentrações significativas de cobre, ferro, cádmio, chumbo e zinco. Os resultados indicaram que as amostras ao longo das principais rodovias apresentaram as maiores concentrações de chumbo, possivelmente devido ao fluxo rodoviário. Além disso, altos níveis de ferro foram observados em áreas específicas, atribuídos à concentração geológica no solo, consistindo em um potencial risco à saúde para famílias urbanas e rurais expostas a esses metais.

Khalid et al. (2018) examinaram as respostas fisiológicas, bioquímicas e do sistema de defesa de *C. procera* à poluição por gases de escape de veículos, verificando a deposição considerável desses poluentes em todas as amostras ao longo de rodovias. Foram observados efeitos inibitórios dos poluentes à margem da rodovia nos pigmentos fotossintéticos, condutância estomática, taxa de transpiração, taxa fotossintética e proteínas solúveis totais, enquanto efeitos estimulantes foram observados na concentração de CO<sub>2</sub> subestomático, aminoácidos livres totais e atividade antioxidante total. A estimulação da atividade das enzimas antioxidantes revelou estresse e mitigação de espécies reativas de oxigênio e bioacumulação de chumbo, cádmio, níquel, zinco, de carbono total e nitrogênio total tanto nas folhas quanto no solo. Dessa forma, a espécie demonstrou grande potencial para suportar o estresse causado por poluentes à margem de rodovias.

Galal et al. (2016) ainda desaconselham o uso da biomassa de *C. procera* como forragem cultivadas em áreas contaminadas por metais pesados, devido ao risco de acumulação dessas substâncias em níveis tóxicos. Batagarawa et al. (2019) reforçam afirmando que as espécies vegetais podem absorver e acumular metais pesados em quantidades suficientemente altas para causar problemas clínicos aos seres humanos.

Anjos et al. (2020) avaliaram a capacidade de absorção de óleo cru de petróleo por meio de tratamentos das fibras de *C. procera* com NaOH, NaClO<sub>2</sub> e tratamento hidrotérmico, visando melhorar a capacidade de remoção de óleo cru de vazamentos ou derramamentos. As fibras tratadas apresentaram absorção superior a 90% em sistemas secos ou com camada de óleo flutuando na água após 60 minutos, podendo ser consideradas uma alternativa promissora para a remoção de óleo de vazamentos e derramamentos devido à alta disponibilidade e excelente propriedade de absorção para vários tipos de óleos.

Giwa et al. (2017) fizeram uso da *C. procera* como auxiliar de coagulação no tratamento de efluente têxtil utilizando o pó de semente de tamarindo como coagulante. O látex das frutas que escorria após a colheita foi coletado em um frasco e usado como auxiliar de coagulação líquido. Além disso, as frutas foram prensadas, as camadas externas cortadas e secas ao sol por cinco dias. Em seguida, os pedaços secos foram moídos e peneirados para obter um pó fino, que foi utilizado como auxiliar de coagulação sólido. O uso da espécie melhorou significativamente a eficiência do processo de coagulação, resultando em uma maior remoção de turbidez, cor e sólidos dissolvidos totais do efluente têxtil.

### **POTENCIAL TERAPÊUTICO DA *Calotropis procera* (Aiton) WT**

A *Calotropis procera* (Aiton) WT é uma espécie que contém vários compostos tóxicos, incluindo cardenolídeos, alcaloides e saponinas (OUEDRAOGO et al., 2016). Apesar de sua toxicidade, essa espécie também tem sido estudada por suas propriedades farmacológicas e potencial terapêutico. Quazi et al., (2013) e Rabelo et al. (2023) discutem o potencial farmacológico associado a esta espécie, abordando suas propriedades anticancerígenas, antifúngicas, inseticidas, hepatoprotetoras, protetora gástrica, anti-inflamatórias, antipiréticas, analgésicas, antimicrobianas, larvicidas e anticonvulsivantes. Ouedraogo et al. (2016) destacam o uso da espécie *C. procera* na medicina tradicional em diversos países africanos para o tratamento de várias patogenicidades, a exemplo da febre, reumatismo, indigestão, resfriado, eczema, diarreia, furúnculos e icterícia. A raiz é empregada para tratar eczema, lepra, elefantíase, asma, tosse, reumatismo, diarreia e disenteria.

O estudo conduzido por Ouedraogo et al. (2016) teve como objetivo investigar a composição química e os efeitos cardiovasculares do extrato aquoso das cascas da raiz da

*C. procera*, onde esse extrato provocou uma elevação transitória na pressão arterial sistólica em ratos, enquanto não apresentou impacto na pressão arterial diastólica nem na frequência cardíaca. Este efeito hipertensivo, sem influência na frequência cardíaca, sugere uma possível resposta relacionada à dose administrada.

De acordo com Ahmad et al. (2023), os compostos fenólicos e flavonoides contidos no extrato de *C. procera* demonstram propriedades antioxidantes, incluindo a habilidade de quelatar íons metálicos redutores e de inibir reações em cadeia de radicais livres. Além disso, o extrato exibiu uma atividade anticâncer significativa, sendo que a presença de compostos antioxidantes como polifenóis e carotenoides foi correlacionada ao aumento da atividade citotóxica do extrato. No que diz respeito à atividade antimicrobiana, o extrato revelou-se eficaz contra uma variedade de bactérias e fungos, sendo essa atividade atribuída aos compostos químicos presentes na espécie, como os compostos fenólicos e flavonoides.

Sivapalan et al. (2023) conduziram uma avaliação dos efeitos anti-inflamatórios e antioxidantes dos extratos de folhas da planta *C. gigantea*. Observou-se que o extrato metanólico exibiu uma atividade significativamente maior tanto em termos anti-inflamatórios quanto antioxidantes em comparação com os extratos aquoso e de éter de petróleo, sugerindo que o extrato metanólico da *C. gigantea* possui um potencial promissor como fonte de compostos terapêuticos para o tratamento de condições inflamatórias e relacionadas às propriedades oxidantes.

Ali et al. (2023) conduziram uma investigação sobre os extratos de folhas de *C. procera*, visando identificar compostos fitoquímicos e avaliar sua atividade antifúngica contra dermatófitos, constatando a presença de uma ampla gama de compostos, incluindo alcaloides, saponinas, fenóis, flavonoides, glicosídeos, taninos, açúcares redutores, resina e terpenoides nos extratos etanólicos e aquosos. Observou-se que ambos os extratos exibiram atividade antifúngica contra os dermatófitos testados, com o extrato etanólico mostrando-se mais eficaz. *Microsporum canis* foi o dermatófito mais suscetível, seguido por *Trichophyton rubrum* e *Trichophyton mentagrophytes*, enquanto *Epidermophyton floccosum* foi menos afetado. Esses achados ressaltam o potencial dos compostos químicos como agentes antifúngicos.

Bader et al. (2021) conduziram uma investigação sobre a atividade ovicida dos extratos de diferentes partes da *C. procera* e sua composição química visando identificar compostos bioativos para um controle de pragas mais seguro e sustentável. Observou-se

que os extratos das raízes demonstraram a atividade ovicida mais eficaz, inibindo a eclosão de 50% dos ovos da traça-do-amendoim (*Cadra cautella*) quando administrados em uma concentração de 10.000 ppm. Adicionalmente, a análise química dos extratos revelou a presença de compostos como cardenólídeos e flavonoides, com concentrações variadas em diferentes partes da planta. Esses achados ressaltam o potencial da espécie como fonte de inseticidas naturais, oferecendo perspectivas para o desenvolvimento de alternativas mais seguras e sustentáveis no controle de pragas.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A *Calotropis procera* demonstra um potencial significativo tanto na fitorremediação quanto em aplicações terapêuticas, evidenciado por suas características morfológicas adaptativas e composição fitoquímica diversa. Sua capacidade de crescer em solos contaminados e acumular metais pesados posiciona esta espécie como uma ferramenta valiosa na recuperação ambiental de áreas degradadas. Além disso, a presença de compostos bioativos, como flavonoides, terpenoides e alcaloides, confere à planta propriedades terapêuticas promissoras, incluindo atividades anti-inflamatória, antimicrobiana e anticancerígena.

Entretanto, o uso da *C. procera* em fitorremediação requer uma compreensão mais profunda dos mecanismos bioquímicos envolvidos na absorção e tolerância a poluentes, além de estudos de campo que validem sua eficácia em diferentes contextos ambientais. No campo terapêutico, embora os resultados iniciais sejam encorajadores, é necessário avançar em pesquisas pré-clínicas e clínicas para garantir a segurança e eficácia dos compostos isolados, além de explorar possíveis aplicações farmacêuticas.

Portanto, este estudo sugere que a *Calotropis procera* tem um futuro promissor como uma espécie multifuncional, contribuindo tanto para a mitigação de impactos ambientais quanto para o desenvolvimento de novos tratamentos médicos, desde que sejam conduzidas pesquisas adicionais para explorar plenamente seu potencial.

## REFERÊNCIAS

ABDULLATIF, B. M.; EL-KAZAN, M. M.; AL-ZAHRANI, M. A. Phytoremediation ability of *Calotropis procera* in reducing air pollution in Jeddah City-Kingdom of Saudi Arabia. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 5, n. 3, p. 212-225, 2016.

AHMAD NEJHAD, A.; ALIZADEH BEHBAHANI, B.; HOJJATI, M.; VASIEE, A.; MEHRNIA, M. A. Identification of phytochemical, antioxidant, anticancer and antimicrobial potential of *Calotropis procera* leaf aqueous extract. **Scientific Reports**, v. 13, n. 1, p. 14716, 2023.

ALI, M.; NAS, F. S.; GARBA, K. K.; IBRAHIM, I. S.; MU'AZU, L. Antifungal activity and phytochemical screening of *Calotropis procera* leaf extracts against some dermatophytes. **International Journal of Dermatology Research**, v. 5, n. 1, p. 21-25, 2023.

ALMEHDI, A.; EL-KEBLAWY, A.; SHEHADI, I.; EL-NAGGAR, M.; SAADOUN, I.; MOSA, K. A.; ABHILASH, P. C. Old leaves accumulate more heavy metals than other parts of the desert shrub *Calotropis procera* at a traffic-polluted site as assessed by two analytical techniques. **International Journal of Phytoremediation**, v. 21, n. 12, p. 1254-1262, 2019.

ANJOS, R. B., HILÁRIO, L. S., JUVINIANO, H. M., & SILVA, D. R. Crude oil removal using *Calotropis procera*. **BioResources**, v. 15, n. 3, p. 5246-5263, 2020.

BADER, A.; OMRAN, Z.; AL-ASMARI, A. I.; SANTORO, V.; DE TOMMASI, N.; D'AMBOLA, M.; HALWANI, M. Systematic phytochemical screening of different organs of *Calotropis procera* and the ovicidal effect of their extracts to the foodstuff pest *Cadra cautella*. **Molecules**, v. 26, n. 4, p. 905, 2021.

BANSAL, P.; CHOUDHARY, S.; TANEJA, T.; SANGWAN, S.; GUPTA, B.; GOYAL, S.; SHARMA, P. Exploring the Potential of *Calotropis procera* in Pharmacological Approaches. In: OLIVEIRA, M. S.de; ANDRADE, E. H. de A.; KUMAR, R.; MALI, S. N. (Ed.). **Medicinal Plants. Rijeka: IntechOpen**, 2023. cap. 14. Disponível em: <https://doi.org/10.5772/intechopen.113161>. Acesso em: 8 mar. 2024.

BATAGARAWA, Samaila Muazu; LAWAL, Sada. *Calotropis procera* as a bioindicator of heavy metals pollution in Katsina metropolis, Katsina Nigeria. **African Journal of Environment and Natural Science Research**, v. 2, n. 2, p. 23-30, 2019.

CAVALCANTE, G. S.; MORAIS, S. M. DE .; ANDRÉ, W. P. P.; ARAÚJO-FILHO, J. V. DE .; MUNIZ, C. R.; ROCHA, L. O. DA .; RIBEIRO, W. L. C.; RODRIGUES, A. L. M.; OLIVEIRA, L. M. B. DE .; BEVILAQUA, C. M. L.; RAMOS, M. V. Chemical constituents of *Calotropis procera* latex and ultrastructural effects on *Haemonchus contortus*. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 29, issue 2, p. e001320, 2020.

COSTA, R. G.; MEDEIROS, A. N.; ALVES, A. R.; MEDEIROS, G. R. Perspectivas de utilização da flor-de-seda (*Calotropis procera*) na produção animal. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 1, 2009.

FABRICANTE, J. R.; OLIVEIRA, M. N. A. de; SIQUEIRA FILHO, J. A. de. Aspectos da ecologia de *Calotropis procera* (Apocynaceae) em uma área de Caatinga alterada pelas obras do Projeto de Integração do Rio São Francisco em Mauriti, CE. **Rodriguésia**, v. 64, p. 647-654, 2013.

GALAL, T. M.; FARAHAT, E. A.; EL-MIDANY, M. M.; HASSAN, L. M. Nutrients and heavy metals accumulation by the giant milkweed *Calotropis procera* (Aiton) WT Aiton in urbanized areas, Egypt. **Rendiconti Lincei**, v. 27, p. 241-250, 2016.

GIWA, S. O.; SAID, D. Y.; IBRAHIM, M. D.; GIWA, A. Textile wastewater treatment using sodom apple (*Calotropis procera*)-aided tamarind seed as a coagulant. **International Journal of Engineering Research in Africa**, v. 32, p. 76-85, 2017.

HASSAN, L. M.; GALAL, T. M.; FARAHAT, E. A.; EL-MIDANY, M. M. The biology of *Calotropis procera* (Aiton) WT. **Trees**, v. 29, p. 311-320, 2015.

KANWAR, Parveen; KUMAR, Madan; SRIVASTAVA, Shaili. Investigation of phytoextraction and tolerance capacity of *Calotropis procera* for the detoxification of hexavalent chromium, nickel, and lead. **Environmental Technology & Innovation**, v. 32, p. 103238, 2023.

KHALID, N., NOMAN, A., SANAULLAH, T., AKRAM, M. A., & AQEEL, M. Vehicle pollution toxicity induced changes in physiology, defence system and biochemical characteristics of *Calotropis procera* L. **Chemistry and Ecology**, v. 34, n. 6, p. 565-581, 2018.

LATEEFAT, D. Y.; SAMAILA, M. B.; IBRAHIM, S. Chelate assisted phytoremediation of chromium from soil irrigated with municipal wastewater using *Calotropis procera*. **ChemSearch Journal**, v. 14, n. 2, p. 90-97, 2023.

LOTTERMOSER, B. G. Colonisation of the rehabilitated Mary Kathleen uranium mine site (Australia) by *Calotropis procera*: Toxicity risk to grazing animals. **Journal of Geochemical Exploration**, v. 111, n. 1-2, p. 1-46, 2011.

OUEDRAOGO, G. G.; ILBOUDO, S.; OUEDRAOGO, N.; OUEDRAOGO, S.; DIALLO, D.; GUISSOU, P. Phytochemical study and cardiovascular toxic effects investigation of root barks powder and extracts from *Calotropis procera* (AIT.) R. BR. **World Journal of Pharmaceutical Research**, v. 5, p. 299-316, 2016.

QUAZI, S.; MATHUR, K.; ARORA, S.; WING, P. *Calotropis procera*: An overview of its phytochemistry and pharmacology. **Indian Journal of Drugs**, v. 1, n. 2, p. 63-69, 2013.

RABELO, A. C. S.; NORATTO, G.; BORGHESI, J.; SOUZA FONSECA, A.; CANTANHEDE FILHO, A. J.; COSTA CARNEIRO, F. J.; MIGLINO, M. A. *Calotropis procera* (Aiton) Dryand (Apocynaceae): State of the art of its uses and Applications. **Current Topics in Medicinal Chemistry**, v. 23, n. 23, p. 2197-2213, 2023.

SINGH, S.; FULZELE, D. P. Phytoextraction of arsenic using a weed plant *Calotropis procera* from contaminated water and soil: growth and biochemical response. **International Journal of Phytoremediation**, v. 23, n. 12, p. 1310-1318, 2021.

SIRAJ; KHAN, N.; ALI, K.; KHAN, M. E. H.; JONES, D. A. Phytoaccumulation of heavy metals by sodom apple (*Calotropis procera* (Aiton) WT Aiton) along an urban-rural gradient. **Applied Sciences**, v. 12, n. 3, p. 1003, 2022.

SIVAPALAN, S.; DHARMALINGAM, S.; VENKATESAN, V.; ANGAPPAN, M.; ASHOKKUMAR, V. Phytochemical analysis, anti-inflammatory, antioxidant activity of *Calotropis gigantea* and its therapeutic applications. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 303, p. 115963, 2023.

TABATINGA FILHO, G. M.; MACHADO, I. C. S. Fenologia, biologia reprodutiva e ecologia da polinização de *Calotropis procera* Ait. R. Br. (Apocynaceae-Asclepiadoideae). Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008.

USMAN, K.; AL JABRI, H.; ABU-DIEYEH, M. H.; ALSAFRAN, M. H. Comparative assessment of toxic metals bioaccumulation and the mechanisms of chromium (Cr) tolerance and uptake in *Calotropis procera*. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, p. 883, 2020.

WADHWANI, B. D.; MALI, D.; VYAS, P.; NAIR, R.; KHANDELWAL, P. A review on phytochemical constituents and pharmacological potential of *Calotropis procera*. **RSC Advances**, v. 11, n. 57, p. 35854-35878, 2021.