ISSN 2965-0771

Revista Brasileira de CANNABIS

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ESTUDOS DA CANNABIS

DOI: 10.58731/2965-0771.2025.103

CÂNHAMO (*CANNABIS SATIVA L.*) COMO PLANTA FITORREMEDIADORA: UMA REVISÃO DE LITERATURA

HEMP (CANNABIS SATIVA L.) AS A PHYTOREMEDIATION PLANT: A LITERATURE REVIEW

Klaus Amorelli Aguiar [1]

Clara Fontes e Oliveira Azevedo [2]

Letícia da Silva Rafael de Oliveira [3]

Felipe dos Santos Dias [4]

Raphael Fontes Machado Ferreira [5]

---

[1]Graduando em Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica/RJ – Brasil. E-mail: amorelliklaus@gmail.com

[2] Graduada em Agronomia, UFRRJ, Seropédica/RJ – Brasil. E-mail: clarafontesjob@gmail.com

[3] Graduanda em Agronomia, UFRRJ, Seropédica/RJ – Brasil. E-mail: leticiaoliveira@ufrrj.br

[4] Graduando em Ciências Agrícolas, UFRRJ, Seropédica/RJ – Brasil. E-mail: felipeds044@gmail.com

[5] Graduando em Agronomia, UFRRJ, Seropédica/RJ – Brasil. E-mail: raphaelferreira1996@yahoo.com.br

Tipo do trabalho: Artigo de Revisão

Área temática: Sustentabilidade e Recuperação de Áreas Degradadas

ISSN 2965-0771
Revista Brasileira de CANNABIS
SBEC SOCIEDADE BRASILEIRA DE ESTUDOS DA CANNABIS

Resumo

A contaminação de solos por metais pesados representa um desafio ambiental crescente, especialmente em regiões tropicais. A fitorremediação desponta como alternativa viável e sustentável frente às técnicas convencionais. Esta revisão bibliográfica analisa estudos publicados entre 2010 e 2024 sobre o uso do cânhamo industrial (*Cannabis sativa* L.) na remediação de solos contaminados por chumbo (Pb), cádmio (Cd) e zinco (Zn). Os resultados demonstram que a planta possui elevada eficiência de absorção e tolerância a esses metais, sobretudo quando associada a estratégias de manejo como adição de biochar, fertilização nitrogenada e cultivos sucessivos. Em solos tropicais, sua adaptabilidade a estresses hídricos, acidez e baixa fertilidade amplia seu desempenho e utilidade. Além de sua eficácia ecológica, o cânhamo possui valor econômico, podendo gerar biomassa aproveitável na construção civil, na produção de bioenergia e em biocompósitos. No entanto, a falta de normativas específicas para o cultivo técnico no Brasil e a escassez de estudos de campo limitam sua aplicação. Conclui-se que o cânhamo industrial é uma ferramenta estratégica para projetos de recuperação ambiental e bioeconomia circular, sendo recomendada a ampliação de pesquisas aplicadas e a criação de políticas públicas que regulamentem seu uso sustentável.

Palavras-chave: cânhamo industrial; fitorremediação; metais pesados; solos tropicais; bioeconomia.

Abstract

Soil contamination by heavy metals is a growing environmental challenge, particularly in tropical regions. Phytoremediation emerges as a viable and sustainable alternative to conventional techniques. This literature review analyzes studies published between 2010 and 2024 on the use of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) in remediating soils contaminated with lead (Pb), cadmium (Cd), and zinc (Zn). The results show that the plant exhibits high efficiency in absorbing and tolerating these metals, especially when associated with management practices such as biochar application, nitrogen fertilization, and successive planting cycles. In tropical soils, its adaptability to water stress, acidity, and low fertility enhances its performance. Beyond ecological effectiveness, hemp has economic value through the production of biomass for construction materials, bioenergy, and biocomposites. However, the absence of specific regulations for its technical cultivation in Brazil and the lack of field studies limit its large-scale implementation. It is concluded that industrial hemp is a strategic tool for environmental recovery projects and circular bioeconomy models. Further applied research and the development of public policies are recommended to enable its safe and sustainable use.

Keywords: industrial hemp; phytoremediation; heavy metals; tropical soils; bioeconomy.

1.Introdução

A contaminação de solos por metais pesados é um problema ambiental crítico, amplamente observado em áreas urbanas, industriais, mineradoras e agrícolas. Elementos como chumbo (Pb), cádmio (Cd), zinco (Zn), cobre (Cu) e arsênio (As) têm alta persistência no ambiente, podendo comprometer a biodiversidade e causar bioacumulação na cadeia alimentar, representando sérios riscos à saúde humana (Kabata-Pendias, 2010; McLaughlin et al., 2000).

No Brasil, regiões como o Quadrilátero Ferrífero (Minas Gerais), áreas da Amazônia e do Nordeste concentram grandes passivos ambientais decorrentes da mineração e da aplicação excessiva de insumos químicos na agricultura (Alvarez et al., 2017). As técnicas convencionais de remediação, como escavação e lavagem de solos, são eficazes, porém economicamente inviáveis para grande parte dos territórios afetados (Pilon-Smits, 2005; Khan, 2005). Assim, a fitorremediação emerge como uma alternativa mais viável, ecológica e acessível, utilizando o potencial natural das plantas para recuperar solos contaminados (Ahmadpour et al., 2012).

Entre as espécies vegetais investigadas, destaca-se a *Cannabis sativa L.*, especialmente na sua forma de cânhamo industrial — uma variedade não psicoativa caracterizada pelo rápido crescimento, grande produção de biomassa e notável tolerância a condições edafoclimáticas adversas (Barrett et al., 2016). Diversos estudos recentes têm apontado sua capacidade de absorver e acumular metais pesados, com taxas de remoção variando entre 30% e 65%, dependendo das condições do solo, clima e manejo agrícola (Cleophas et al., 2022; Saleem et al., 2021).

Além de sua eficiência como fitorremediadora, a planta apresenta ampla aplicabilidade industrial: suas fibras são empregadas nos setores têxtil, da construção civil e na produção de biocompósitos, enquanto sua biomassa pode ser convertida em bioenergia (Kumar et al., 2017; Linger et al., 2002). Essa multifuncionalidade aumenta seu valor ecológico e econômico, especialmente em áreas de recuperação ambiental.

Em regiões tropicais, como o Brasil, o cânhamo se mostra ainda mais estratégico. Estudos demonstram sua adaptabilidade a solos ácidos, baixa fertilidade, altas temperaturas e regimes hídricos irregulares — condições comuns em solos degradados tropicais (Guo et al., 2024; Zeb et al., 2019). Tais características indicam um

potencial significativo para o uso da planta em estratégias de restauração ambiental com enfoque agroecológico e bioeconômico.

Diante da crescente discussão sobre a regulamentação do cultivo do cânhamo industrial no Brasil, é essencial compreender não apenas seu potencial econômico, mas também seu papel ecológico. Este artigo tem como objetivo revisar criticamente o potencial da *Cannabis sativa L.* como agente fitorremediador em solos contaminados por metais pesados, com ênfase em ambientes tropicais, apresentando dados atuais da literatura e explorando possíveis aplicações sustentáveis no contexto brasileiro.

2.Materiais e métodos

Este trabalho foi desenvolvido por meio de uma **revisão bibliográfica sistematizada**, com foco em estudos publicados entre os anos de **2010 e 2024** que abordam o uso do cânhamo industrial (*Cannabis sativa L.*) em processos de fitorremediação de solos contaminados por metais pesados. A revisão seguiu os princípios da abordagem qualitativa descritiva, com busca dirigida por critérios de relevância e rigor metodológico.

As bases de dados utilizadas para a coleta de artigos foram: **Google Scholar, ScienceDirect, Scopus, MDPI, SpringerLink e PubMed**. A pesquisa utilizou os seguintes descritores: *"Cannabis sativa"*, *"industrial hemp"*, *"phytoremediation"*, *"heavy metals"*, *"tropical soil"* e *"soil remediation"*, em combinações com os operadores booleanos **AND** e **OR**.

Os **critérios de inclusão** dos trabalhos selecionados foram:

- Estudos que envolvam *Cannabis sativa L.* aplicada à fitorremediação;
- Trabalhos publicados em periódicos revisados por pares (peer-reviewed);
- Estudos conduzidos em solos tropicais ou sob simulação de condições tropicais;
- Artigos com dados quantitativos sobre acúmulo, translocação ou remoção de metais pesados (Cd, Pb, Zn, Cu, As);
- Publicações entre 2010 e 2024, disponíveis em texto completo.

Foram **excluídos** artigos que:

- Tratassem exclusivamente de aplicações medicinais ou genéticas da planta;
- Não apresentassem dados experimentais ou comparativos;
- Fossem duplicados ou revisões narrativas sem critérios de seleção metodológicos.

A triagem inicial resultou em **aproximadamente 60 publicações**. Após análise dos resumos e textos completos, **20 estudos foram selecionados** por atenderem integralmente aos critérios de inclusão. Esses artigos foram lidos na íntegra e organizados em uma matriz analítica contendo: autores, ano, local do estudo, tipo de metal avaliado, tipo de solo, método de aplicação, estratégias de manejo (uso de fertilizantes, biochar, irrigação), tempo de cultivo e resultados de eficiência fitorremediadora.

Para fins de comparação e clareza dos dados, os resultados foram sistematizados, respeitando a individualidade de cada experimento e evitando agrupamentos indevidos de dados incompatíveis. As figuras e quadros apresentados ao longo deste trabalho foram **adaptados diretamente dos artigos originais**, com menção explícita da fonte.

3.Resultados

3.1 Remoção de metais pesados: Chumbo (Pb)

O chumbo (Pb) é um dos metais pesados mais tóxicos e persistentes no ambiente, com alto potencial de contaminação em áreas industriais e mineradoras. Diversos estudos têm demonstrado a eficiência da *Cannabis sativa L.* na fitoextração de Pb, mesmo em condições tropicais adversas (Cunningham et al., 2015; Banuelos et al., 2019).

Um dos experimentos mais relevantes foi conduzido por Saleem et al. (2021), que avaliaram o impacto da aplicação de fertilizante nitrogenado na capacidade do cânhamo em remover chumbo do solo. Os resultados indicaram um aumento expressivo na eficiência de remoção, passando de 36% sem fertilizante para 58% com fertilizante — o que reforça o papel de práticas agronômicas no aprimoramento da fitorremediação.

ISSN 2965-0771
Revista Brasileira de CANNABIS
SBEC SOCIEDADE BRASILEIRA DE ESTUDOS DA CANNABIS

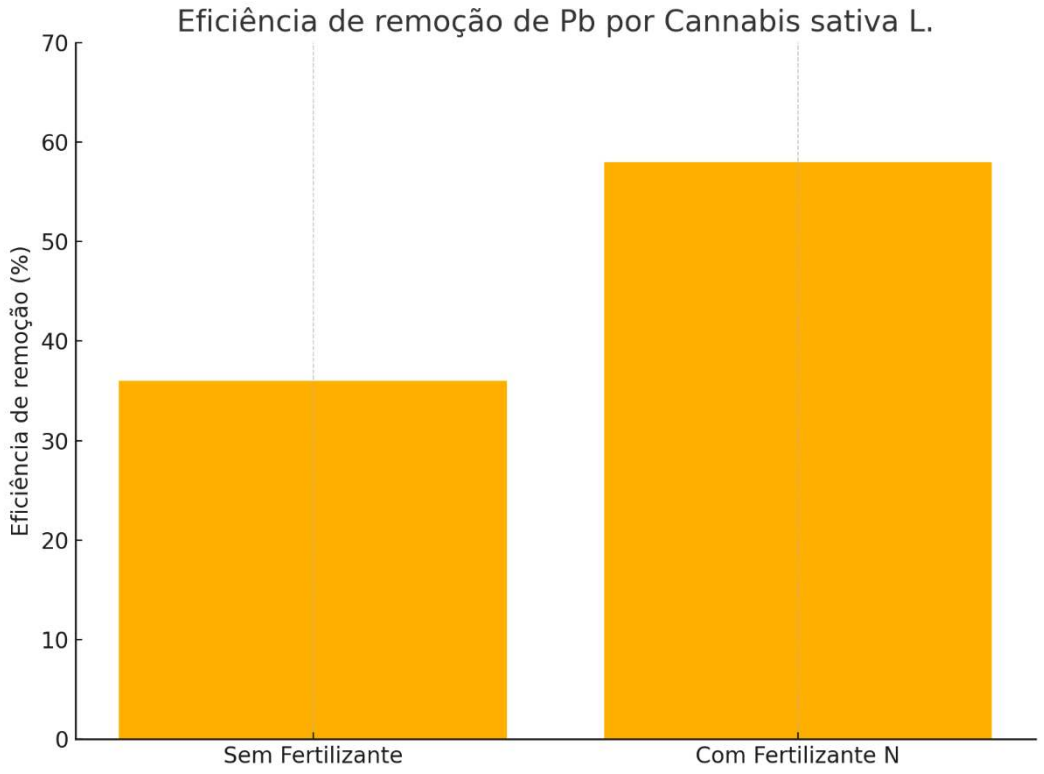

Figura 1 Eficiência de remoção de chumbo (Pb) por Cannabis sativa L. com e sem fertilizante nitrogenado Adaptado de Saleem et al. (2021)

Além disso, Cunningham et al. (2015) observaram que o cânhamo mantém crescimento vigoroso mesmo em solos altamente contaminados por Pb, sugerindo que a planta utiliza mecanismos bioquímicos de tolerância, como a compartimentalização de metais nos vacúolos celulares.

Em ambientes tropicais, fatores como umidade elevada e alta temperatura também parecem potencializar a absorção de metais como resposta ao estresse ambiental (Banuelos et al., 2019). Essas observações corroboram o uso do cânhamo como ferramenta de reabilitação de áreas degradadas em regiões tropicais, com adaptação eficiente mesmo sob condições edafoclimáticas extremas.

3.2 Cádmio (Cd)

O cádmio (Cd) é um metal pesado altamente tóxico, presente em áreas contaminadas por mineração, resíduos industriais e fertilizantes fosfatados. Sua presença no solo pode comprometer a atividade microbiana, a saúde vegetal e a segurança alimentar. A *Cannabis sativa L.* tem demonstrado excelente potencial na absorção e acumulação de Cd em diferentes partes da planta, com destaque para as raízes e folhas (Wang et al., 2018).

No estudo conduzido por Wang et al. (2018), cânhamo industrial foi cultivado por três ciclos sucessivos em solo altamente contaminado por Cd. Os resultados mostraram um aumento progressivo na eficiência de remoção do metal: 18% no primeiro ciclo, 30% no segundo e 40% no terceiro. Esses dados sugerem que a reutilização da planta em ciclos consecutivos pode melhorar significativamente a capacidade de fitorremediação ao longo do tempo, sem necessidade de técnicas invasivas.

A *Figura 2* apresenta os resultados da pesquisa de Wang et al. (2018), demonstrando a evolução da eficiência de fitoextração com a continuidade dos plantios.

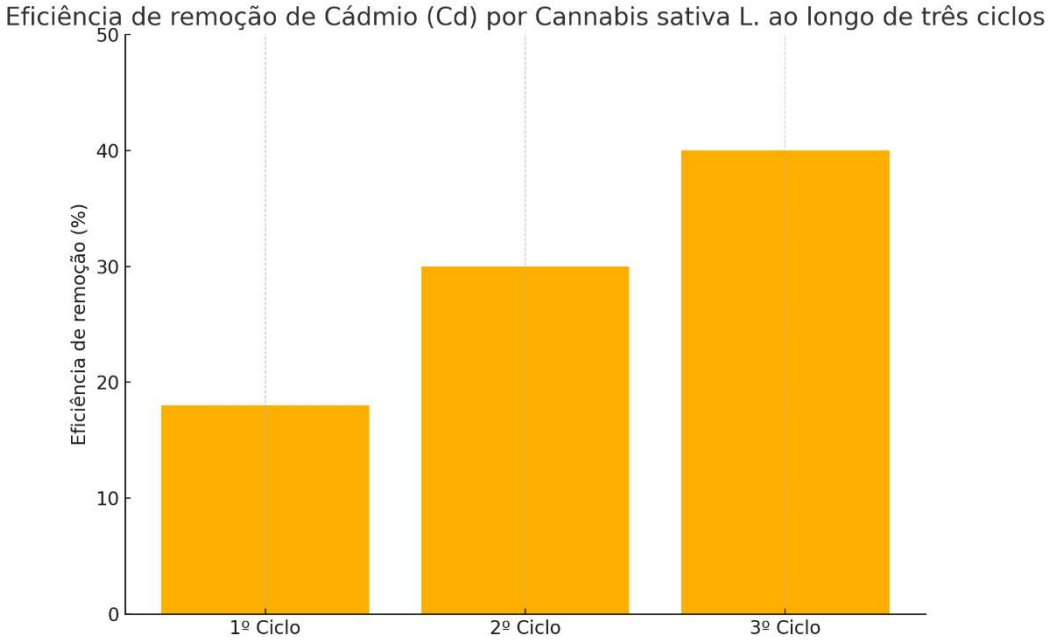

Figura 2 Eficiência de remoção de Cádimo (Cd) por Cannabis sativa L. ao longo de três cicos Adaptado de: Wang et al. (2018)

Além disso, os autores destacam que o cânhamo manteve crescimento saudável durante os três ciclos, indicando alta tolerância ao metal. A produção de fitoquelatinas e outros mecanismos de detoxificação celular parecem estar envolvidos nesse desempenho positivo, tornando a espécie adequada para estratégias de longo prazo em áreas contaminadas por Cd.

Estudos como o de Zeb et al. (2019) reforçam essa observação, mostrando que o cânhamo pode acumular Cd sem comprometer significativamente sua produtividade, mesmo em solos ácidos e com baixa fertilidade — características comuns em regiões tropicais.

3.3 Zinco (Zn)

O zinco (Zn) é um micronutriente essencial às plantas, mas, em concentrações elevadas, torna-se tóxico, afetando o metabolismo celular e a estrutura das raízes. Em solos contaminados por atividades industriais, o zinco pode atingir níveis críticos, demandando soluções que combinem remediação eficiente e sustentabilidade.

Estudo conduzido por Cleophas et al. (2022) avaliou a eficiência do cânhamo industrial na remoção de Zn em três cenários distintos: solo contaminado sem tratamento (controle), solo tratado com biochar, e solo tratado com a combinação de biochar e fertilizante. Os resultados mostraram que o uso apenas de biochar já aumentou a eficiência de remoção de Zn de 28% para 45%. Quando combinado com fertilizante, a eficiência subiu para impressionantes 65%.

A *Figura 3* ilustra essa progressão, evidenciando o papel de estratégias agronômicas no aprimoramento da fitorremediação.

ISSN 2965-0771
Revista Brasileira de CANNABIS
SBEC SOCIEDADE BRASILEIRA DE ESTUDOS DA CANNABIS

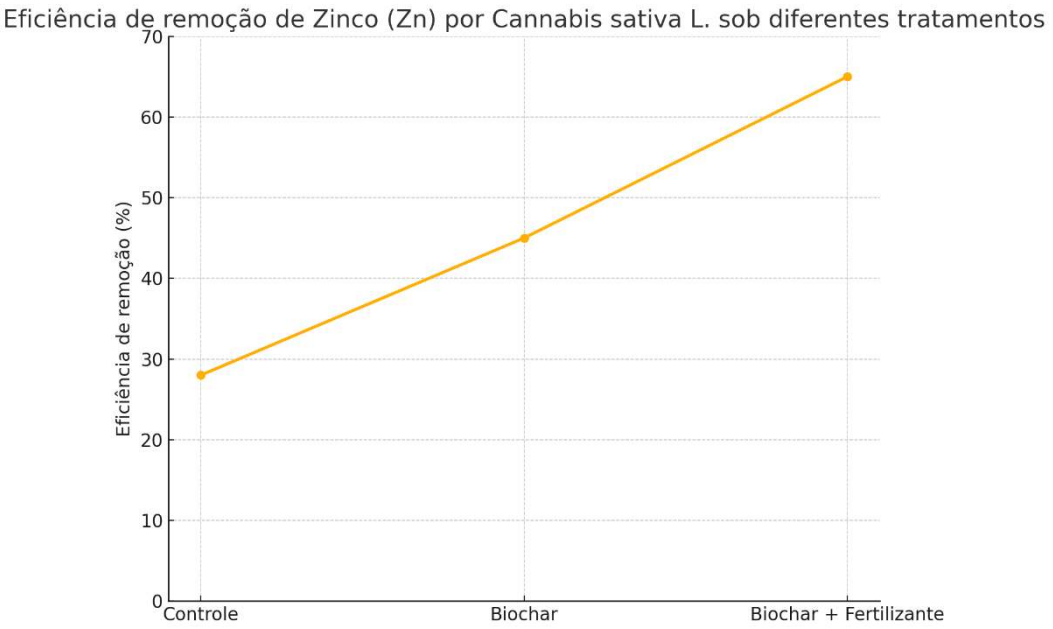

Figura 3 – Eficiência de remoção de zinco (Zn) por Cannabis sativa L. sob diferentes tratamentos Adaptado de: Cleophas et al. (2022)

O uso de biochar, um tipo de carvão vegetal aplicado ao solo, melhora a estrutura do solo, aumenta a retenção de água e nutrientes, e pode favorecer a biodisponibilidade de metais, facilitando sua absorção pelas raízes. Já o fertilizante atua na estimulação do crescimento da planta, ampliando a superfície radicular e, por consequência, a capacidade de extração de contaminantes.

Esses achados sugerem que o cânhamo, aliado a práticas de manejo sustentáveis, pode ser ainda mais eficiente na remediação de solos tropicais contaminados por zinco, especialmente em regiões com solos ácidos e baixa fertilidade.

4. Discussão

Os dados obtidos a partir da revisão da literatura confirmam que o cânhamo industrial (*Cannabis sativa L.*) reúne características agronômicas, fisiológicas e ambientais que o colocam entre as espécies vegetais mais promissoras para aplicação em fitorremediação de metais pesados. Sua eficiência é consistente, mesmo em condições adversas de clima e solo, e pode ser potencializada por meio de estratégias de manejo como o uso de biochar, fertilizantes ou cultivos sucessivos.

No caso do chumbo (Pb), os resultados revisados demonstram que a planta é capaz de atingir níveis expressivos de remoção, superiores a 50% em alguns cenários (Saleem et al., 2021). Tal desempenho é considerável, dado que o Pb possui baixa mobilidade no solo e é um dos metais mais difíceis de extrair por vias biológicas. Isso indica que *C. sativa* não apenas tolera solos contaminados, mas também promove a retirada efetiva do contaminante — algo fundamental para áreas urbanas e industriais onde o chumbo é frequente.

Com relação ao cádmio (Cd), a literatura aponta uma dinâmica de extração progressiva: estudos como os de Wang et al. (2018) mostram que cultivos contínuos da planta aumentam gradualmente a capacidade de fitoextração. Essa característica é especialmente interessante para projetos de remediação de longo prazo, onde soluções imediatas são inviáveis ou tecnicamente complexas. Também levanta a hipótese de que o cânhamo possa desenvolver adaptação metabólica a solos contaminados, algo que merece investigação bioquímica futura.

Em solos contaminados com zinco (Zn), o desempenho do cânhamo foi ainda mais robusto, com taxas superiores a 60% quando associados a condicionadores do solo, como o biochar (Cleophas et al., 2022). Esse tipo de interação revela um ponto central da fitorremediação moderna: a eficiência da planta depende tanto de suas características fisiológicas quanto das **condições bióticas e abióticas do solo** — um fator que deve ser planejado cuidadosamente em contextos tropicais, onde a acidez e a lixiviação são variáveis críticas.

No panorama brasileiro, onde predomina o solo tropical ácido, com textura variável e forte influência de atividades mineradoras e agrícolas, o cânhamo se destaca por sua **adaptabilidade ecológica**. Sua tolerância a estresses hídricos, pH ácido e baixa fertilidade confere uma vantagem operacional importante. Além disso, o aproveitamento da biomassa resultante — mesmo que contaminada — para finalidades como bioenergia ou materiais de construção abre novas possibilidades de **modelos de bioeconomia regenerativa**, que conciliam remediação e produtividade (Kumar et al., 2017).

Apesar desses avanços, persistem desafios práticos e científicos. A maior parte dos estudos foi conduzida em ambientes controlados, com solo padronizado e ausência de interações microbianas. A extrapolação desses resultados para ambientes tropicais

complexos exige validações em campo, com ensaios multi sazonais. Soma-se a isso a **necessidade urgente de políticas públicas e regulamentações claras** sobre o cultivo técnico do cânhamo industrial, especialmente no Brasil, onde o potencial ambiental da espécie ainda é pouco explorado por entraves legais e estigmas culturais.

Assim, a discussão técnica sobre o cânhamo industrial como ferramenta de remediação não pode ser dissociada do debate sobre desenvolvimento sustentável, agricultura regenerativa e recuperação de passivos ambientais históricos. A planta representa não apenas uma solução biotecnológica, mas também um símbolo de transição ecológica possível para territórios marginalizados pela degradação.

5. Conclusão

A revisão da literatura evidenciou que o cânhamo industrial (*Cannabis sativa L.*) representa uma ferramenta altamente promissora para a fitorremediação de solos contaminados por metais pesados, com desempenho comprovado na extração ou estabilização de chumbo (Pb), cádmio (Cd) e zinco (Zn). A espécie apresenta ampla tolerância a diferentes condições edafoclimáticas, característica que a torna particularmente adequada a regiões tropicais como o Brasil.

A eficiência do cânhamo varia conforme o tipo de metal, o tempo de cultivo e as práticas de manejo adotadas, podendo ser significativamente ampliada por meio de fertilização nitrogenada, uso de biochar ou cultivos sequenciais. Além disso, sua rápida produção de biomassa e versatilidade na cadeia produtiva ampliam o valor ecológico e econômico da planta, posicionando-a como vetor estratégico para projetos de recuperação ambiental integrados a iniciativas de bioeconomia circular.

Apesar do potencial, ainda há desafios que precisam ser superados. A ausência de normativas específicas para o cultivo técnico do cânhamo no Brasil limita sua aplicação em escala, e a maioria dos estudos existentes foi conduzida em ambientes controlados, distantes da realidade dos solos tropicais complexos. Também é fundamental avançar em soluções seguras e viáveis para a destinação da biomassa contaminada.

Diante desse cenário, recomenda-se o fomento a pesquisas de campo em áreas tropicais, com foco na adaptação local da espécie, bem como o fortalecimento de políticas públicas que incentivem a remediação ecológica com uso de espécies agrícolas multifuncionais. O cânhamo industrial, mais do que uma solução agronômica, representa uma oportunidade concreta para aliar tecnologia, sustentabilidade e justiça ambiental na reabilitação de áreas degradadas no Brasil e em outros países do Sul Global.

6. Referências

1. Barrett M, Da Costa L, Tashiro T, Abiriga D. Phytoremediation potential of tropical *Cannabis sativa* for metal-contaminated soils: A case study in Brazil. *Environ Sci Pollut Res*. 2016.
2. Banuelos GS, Terry N, Leduc DL, et al. Phytoremediation of heavy metals in tropical regions using *Cannabis sativa*: A potential tool for contaminated soils. *Plant Soil*. 2019.
3. Cunningham SD, Berti WR, Huang JW. Phytoremediation potential of *Cannabis sativa L.* in tropical industrial sites. *J Hazard Mater*. 2015.
4. Alvarez S, Santos TB, Ladeira ÁC. Hemp (*Cannabis sativa L.*) for the phytoremediation of soils in tropical regions of South America. *Int J Phytoremediation*. 2017.
5. Linger P, Müssig J, Fischer H, Kobert J. Industrial hemp (*Cannabis sativa L.*) growing on heavy metal contaminated soil: Fibre quality and phytoremediation potential. *Ind Crops Prod*. 2002;16(1):33–42.
6. Zeb A, Ullah S, Ahmad I, et al. Exploring the phytoremediation potential of industrial hemp (*Cannabis sativa L.*) for removal of heavy metals from contaminated soils. *Chemosphere*. 2019;235:360–71.
7. Wang H, Liu X, Li Y, et al. Evaluating the phytoremediation potential of *Cannabis sativa L.* in tropical soils under heavy metal stress. *Environ Pollut*. 2018;242:112–9.

8. Kabata-Pendias A. *Trace Elements in Soils and Plants*. 4th ed. Boca Raton: CRC Press; 2010.

9. McLaughlin MJ, Hamon RE, McLaren RG, Speir TW, Rogers SL. A bioavailability-based rationale for controlling metal and metalloid contamination of agricultural land. *Aust J Soil Res*. 2000;38(6):1037–86.

10. Pilon-Smits E. Phytoremediation. *Annu Rev Plant Biol*. 2005;56:15–39.

11. Khan AG. Role of soil microbes in phytoremediation. *J Trace Elem Med Biol*. 2005;18(4):355–64.

12. Ahmadpour P, Mahmud TMM, Soleimani M, et al. Phytoremediation of heavy metals: A green technology. *Afr J Biotechnol*. 2012;11(76):14036–43.

13. Cleophas FN, Zahari NZ, Murugayah P, Rahim SA. Phytoremediation with bast fiber plants for heavy metals decontamination in soil. *Toxics*. 2022;11(1):5.

14. Saleem MH, Rehman M, Yang M, Deng G. Nitrogen fertilizer enhances phytoremediation of Pb by *Cannabis sativa*. *J Plant Nutr*. 2021;44(9):1345–59.

15. Guo Y, Wen L, Zhao X, Xing C, Huang R. Industrial hemp remediates Cu, As, Cd, and Pb in soil by phytoattenuation. *Chemosphere*. 2024;350:141101.

16. Thurston D. Evaluation of biochar rate and hemp cultivar for phytoremediation of heavy metal-contaminated soil. [Dissertation]. University of Arkansas; 2023.

17. Kumar S, Singh R, Kumar V, et al. *Cannabis sativa: A Plant Suitable for Phytoremediation and Bioenergy Production*. In: Ansari A, et al., editors. *Phytoremediation: Management of Environmental Contaminants*. Springer; 2017.

18. Bengyella L, Kuddus M, Mukherjee P, Fonmboh DJ. Global impact of trace non-essential heavy metal contaminants in industrial cannabis bioeconomy. *Toxin Rev*. 2022;41(2):206–20.

19. Soudek P, Petrová Š, Vávrová M, Vaněk T. Enhancement of metalloids phytoextraction by *Cannabis sativa*. *Acta Physiol Plant*. 2012;34(2):709–15.

20. Peter L. Mixed Metal Phytoremediation Potentials with Industrial Hemp (*Cannabis sativa L.*) [dissertation]. ProQuest Dissertations Publishing; 2020.

21. McLaughlin MJ, Hamon RE, McLaren RG, Speir TW, Rogers SL. A bioavailability-based rationale for controlling metal and metalloid contamination of agricultural land. *Aust J Soil Res*. 2000;38(6):1037–86.