



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRÁTICAS EM
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

DISSERTAÇÃO

PLANTAS EFICIENTES PARA A FITORREMEDIAÇÃO DE SOLOS
CONTAMINADOS COM COBRE

MARCELA PINTO BARBOSA VASSAR

SEROPÉDICA - RJ

2025

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRÁTICAS EM
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

PLANTAS EFICIENTES PARA A FITORREMEDIAÇÃO DE SOLOS
CONTAMINADOS COM COBRE

MARCELA PINTO BARBOSA VASSAR

Sob orientação da Professora

Fabíola de Sampaio Rodrigues Grazinoli Garrido, Doutora em Agronomia

e Coorientação do Professor

Fábio Souto de Almeida, Doutor em Ciências Ambientais e Florestais

**Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Práticas em
Desenvolvimento Sustentável da
Universidade Federal Rural do Rio de
Janeiro como parte dos requisitos para a
obtenção do título de Mestre em Práticas
em Desenvolvimento Sustentável.**

SEROPÉDICA - RJ

2025

V336p

Vassar, Marcela Pinto Barbosa, 1999-
Plantas eficientes para a fitorremediação de solos
contaminados com cobre / Marcela Pinto Barbosa
Vassar. - Rio de Janeiro, 2025.
140 f.: il.

Orientadora: Fabíola de Sampaio Rodrigues Grazinoli
Garrido.

Coorientador: Fábio Souto de Almeida.

Dissertação(Mestrado). -- Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em
Práticas em Desenvolvimento Sustentável, 2025.

1. degradação ambiental. 2. impactos ambientais. 3.
meio ambiente. 4. poluição. 5. recuperação de áreas
degradadas. I. Garrido, Fabíola de Sampaio Rodrigues
Grazinoli, 1975-, orient. II. Almeida, Fábio Souto
de, 1982-, coorient. III Universidade Federal Rural
do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em
Práticas em Desenvolvimento Sustentável. IV. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRÁTICAS EM DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL**

MARCELA PINTO BARBOSA VASSAR

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre, no Programa de Pós-Graduação em Práticas em Desenvolvimento Sustentável da UFRRJ.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 11/04/2025.

**Fabiola de Sampaio Rodrigues Grazinoli Garrido . Prof.^a Dr.^a – UFRRJ
(Orientadora)**

**Raiany Dias de Andrade Silva. Prof.^a Dr.^a – (University of Alberta)
(Membro Externo)**

**Ana Paula Pereira da Silva. Prof.^a Dr.^a - UFRRJ
(Membro Interno)**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
SISTEMA INTEGRADO DE PATRIMÔNIO, ADMINISTRAÇÃO E
CONTRATOS

FOLHA DE ASSINATURAS

DOCUMENTO EXTERNO Nº 203/2025 - DeptCMA (12.28.01.00.00.00.18)

(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)

(Assinado digitalmente em 11/04/2025 12:17)

ANA PAULA PEREIRA DA SILVA
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DBQ (11.39.00.24)
Matricula: ###773#0

(Assinado digitalmente em 11/04/2025 15:40)
FABIOLA DE SAMPAIO RODRIGUES GRAZINOLI
GARRIDO

PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DeptCMA (12.28.01.00.00.00.18)
Matricula: ###331#9

(Assinado digitalmente em 11/04/2025 12:00)

RAIANY DIAS DE ANDRADE SILVA
ASSINANTE EXTERNO
CPF: ###.###.197-##

Visualize o documento original em <https://sipac.ufrrj.br/documentos/> informando seu número: 203, ano: 2025, tipo: DOCUMENTO EXTERNO, data de emissão: 10/04/2025 e o código de verificação: 7a60df59d4

“A sustentabilidade não é uma coisa pessoal. Ela diz respeito à ecologia do lugar em que a gente vive, do ecossistema que a gente vive.”

(Ailton Krenak)

AGRADECIMENTOS

Agradeço à espiritualidade e a todos os Orixás, em especial às donas do meu coração, Oxum e Iemanjá, por me ensinarem a navegar pelas águas da vida com leveza e harmonia. Agradeço também a Xangô, meu grande guia, por me manter firme no meu propósito e nortear meus pensamentos nas escolhas mais desafiadoras.

Dedico esse trabalho aos meus pais, Ana e Erly, por acreditarem em mim mesmo nos momentos em que eu duvidei de mim mesma. Por todo amor, apoio e sacrifício, especialmente por andarem descalços para que eu pudesse correr com os melhores calçados e realizar meus sonhos. Sem vocês, nada disso seria possível. Também dedico aos meus irmãos, Gabriel e Rafael, que são meu ponto de alegria, força e inspiração. Nos momentos em que pensei em desistir, foram vocês que me lembraram o quanto valia a pena persistir.

Agradeço ao meu grande amigo Andrew Barcelos, por todo o apoio durante o mestrado, tendo paciência e me ajudando com suas habilidades artísticas, sendo capaz de extrair minhas ideias e colocá-las no papel. Também agradeço a todos os meus familiares e amigos que, à sua maneira, me apoiaram durante essa caminhada.

Agradeço a todos os professores que contribuíram para minha formação e pelos meus colegas de turma que dividiram momentos especiais comigo.

Agradeço à minha orientadora Fabíola Garrido por todo o carinho, paciência e inspiração durante as aulas e para a confecção de mais um trabalho, sem você não conheceria esse universo incrível da química e o poder das plantas. Agradeço ao meu coorientador, Fabio Souto, por mais uma vez me apoiar, incentivar e auxiliar ao longo dessa jornada.

O presente trabalho foi realizado com apoio da coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior - Brasil (CAPES) - código de financiamento 001.

RESUMO

VASSAR, Marcela Pinto Barbosa. **Plantas eficientes para a fitorremediação de solos contaminados com cobre.** 2025. 145p. Dissertação (Mestrado em Práticas em Desenvolvimento Sustentável). Instituto de Florestas, Departamento de Produtos Florestais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2025.

O desenvolvimento econômico é o principal fator que gera a exploração e a degradação do meio ambiente e de seus recursos, resultando em inúmeros impactos negativos em diferentes escalas. O Cobre (Cu) é um elemento utilizado para a fertilização do solo, a formação de ligas metálicas, a produção de baterias e de linhas de transmissão. Porém, a sua destinação incorreta acarreta na contaminação dos solos e das águas, impactando a saúde humana e o meio ambiente. Nesse sentido, é importante pensar em alternativas para a redução da contaminação do solo, subsolo, águas superficiais e subsuperficiais, minimizando os impactos sobre animais e pessoas. Este trabalho teve como objetivo estudar soluções para a remediação de solos contaminados por cobre (Cu), com o emprego da técnica de fitorremediação utilizando espécies adaptadas. Para tal, foi realizada uma metapesquisa, a partir da busca em portais de periódicos e *websites* confiáveis, tais como *sites* institucionais e de órgãos públicos, buscando técnicas e espécies utilizadas na fitorremediação de áreas contaminadas por cobre, com o uso de palavras-chave. Foram coletadas informações a respeito das espécies utilizadas; dados sobre a eficiência entre outros parâmetros que sejam pertinentes para embasar as conclusões da presente pesquisa. A partir da coleta e tratamento destes dados, foi criado um banco de dados com as informações relevantes acerca de cada espécie, bem como os seus potenciais usos e as metodologias para a aplicação. A pesquisa fez o levantamento de 51 espécies de 21 famílias, sendo 14 nativas do Brasil, que podem ser empregados para a recuperação de áreas degradadas. As famílias de plantas Fabaceae foram eficientes no acúmulo de cobre nos tecidos. As famílias Poaceae, Asteraceae, Brassicaceae também foram destaques da fitorremediação em solos. Os principais fatores para que os processos de fitorremediação fossem bem-sucedidos foram a capacidade da planta conseguir se desenvolver sem grandes problemas em solos contaminados, bem como sua habilidade de concentrar o cobre nas partes aéreas da planta a partir da translocação do contaminante das raízes para que a biomassa seja produzida ao longo do seu desenvolvimento.

PALAVRAS-CHAVE: degradação ambiental, impactos ambientais, meio ambiente, poluição.

ABSTRACT

VASSAR, Marcela Pinto Barbosa. **Efficient plants for the phytoremediation of soils contaminated with copper.** 2025. 145p. Dissertation (Master of Science in Practices in Sustainable Development). Instituto de Florestas, Departamento de Produtos Florestais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2025.

Economic development is the main factor that leads to the exploitation and degradation of the environment and its resources, resulting in numerous negative impacts on different scales. Copper (Cu) is an element used for soil fertilisation, the formation of metal alloys, the production of batteries and transmission lines. However, its incorrect disposal leads to soil and water contamination, impacting human health and the environment. In this sense, it is important to consider alternatives to reduce contamination of soil, subsoil, surface water, and subsurface water, minimising the impacts on animals and people. This study aimed to investigate solutions for the remediation of copper (Cu)-contaminated soils using phytoremediation techniques with adapted species. To this end, a meta-search was conducted, based on a search of reliable journal portals and websites, such as institutional and public agency sites, looking for techniques and species used in the phytoremediation of areas contaminated by copper, using keywords. Information was collected on the species used, data on efficiency, and other parameters relevant to the conclusions of this research. From the collection and processing of this data, a database was created with relevant information about each species, as well as its potential uses and application methodologies. The research surveyed 51 species from 21 families, 14 of which are native to Brazil, that can be used for the recovery of degraded areas. The Fabaceae plant families were efficient in accumulating copper in tissues. The Poaceae, Asteraceae, and Brassicaceae families were also highlights of phytoremediation in soils. The main factors for the success of phytoremediation processes were the plant's ability to develop without major problems in contaminated soils, as well as its ability to concentrate copper in the aerial parts of the plant through the translocation of the contaminant from the roots so that biomass is produced throughout its development.

KEYWORDS: environmental degradation, environmental impacts, environment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Processos de fitorremediação.....	24
Figura 2. Número de espécies consideradas eficientes para a fitorremediação em áreas contaminadas por cobre por família botânica.....	28
Figura 3. Distribuição das espécies eficientes para a fitorremediação do cobre no mundo.	42

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Legislação relacionada à Recuperação de Áreas Degradadas no Brasil, esfera do governo, objetivo e ano.....	19
Quadro 2. Técnicas de fitorremediação e como ocorrem.....	23
Quadro 3. Critérios para a seleção dos trabalhos acadêmicos.....	27
Quadro 4. Características e representantes das famílias com maior ocorrência.....	30
Quadro 5. Espécies de plantas consideradas como eficientes para a fitorremediação do cobre, sua distribuição e seus potenciais.....	33
Quadro 6. Espécies de plantas nativas do Brasil e sua distribuição.....	43

LISTA DE ABREVIACÕES E SÍMBOLOS

% – por cento

A – Retinol

ATP – Adenosina Trifosfato

C – Ácido ascórbico

Ca – Cálcio

Cd – Cádmio

CF – Constituição Federal

Cu – Cobre

Cu/Kg – Cobre por quilograma

DW – Dry Weight (Peso Seco)

E – Tocoferol

EIA – Estudo de Impacto Ambiental

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Fe – Ferro

H⁺ – íon hidrogênio/próton

Hg – Mercúrio

K – Potássio

kg – quilograma

kg ha⁻¹ – quilograma por hectare

mg – miligrama

mg.Kg⁻¹ – miligrama por quilograma

Nº – número

Ni – Níquel

ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

P – Fósforo

Pb – Chumbo

pH – potencial hidrogeniônico

PNMA – Política Nacional do Meio Ambiente

PRAD – Plano de Recuperação de Áreas Degradadas

RIMA – Relatório de Impacto Ambiental

Zn – Zinco

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	17
2.1 Geral	17
2.2 Específicos	17
3 REVISÃO TEÓRICA	18
3.1 Recuperação de Áreas Degradadas no Brasil: Legislação vigente e seus objetivos	18
3.2 Processos de fitorremediação	23
4 MATERIAL E MÉTODOS	26
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5.1 Distribuição de espécies fitorremediadoras pelo mundo	42
6 CONCLUSÃO	45
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
APÊNDICE	55
Levantamento de trabalhos científicos para a seleção de espécies eficientes para a fitorremediação do cobre	

1. INTRODUÇÃO

O solo é um sistema complexo e heterogêneo de grande importância para as atividades humanas, exercendo diferentes serviços ecossistêmicos por ser essencial para a produção de alimento, combustível e matéria-prima para vários usos. Está intrinsecamente ligado aos ciclos da água e dos nutrientes utilizados pelas plantas, participa da regulação do clima, além de ser abrigo para diferentes espécies, tornando sua conservação imprescindível para a sobrevivência dos seres vivos (CETESB, 2024; EMBRAPA, 2017; RIBEIRO, 2013). Contudo, o desenvolvimento econômico e o aumento da população humana impulsionam a exploração de recursos naturais e a degradação do meio ambiente, incluindo a deterioração da qualidade dos solos, resultando em impactos negativos em diferentes escalas e magnitudes, podendo inclusive ser irreversíveis (ALMEIDA, 2020; ALMEIDA *et al.*, 2017).

O processo de urbanização para a criação, aumento e desenvolvimento das cidades gerou a demanda por recursos naturais, principalmente por metais e derivados de petróleo. Nesse sentido, o emprego de metais com finalidades tecnológicas tem sido uma das atividades que gera impactos na prospecção, na reciclagem, no transporte e na destinação dos resíduos (VYALOV *et al.*, 2022). A partir da transição das matrizes energéticas dos países com vistas ao uso de fontes de energia limpa, houve o aumento na demanda por metais que compõem as linhas de transmissão, baterias e outros artefatos tecnológicos, entre eles, o cobre (Cu) (ZHANG *et al.*, 2022).

O cobre foi um dos primeiros metais descobertos pelos seres humanos, sendo utilizado desde o período neolítico e atualmente é empregado na formação das ligas metálicas, tais como o bronze e o latão (UFSC, 2023). Para além dos usos humanos, o cobre é um micronutriente essencial às plantas por participar de diversos processos fisiológicos, sendo empregado como fertilizante em grandes cultivos (FEKIAKOVA *et al.*, 2015; YRUELA, 2005). Nos animais, o cobre também é importante para o funcionamento de diversas enzimas envolvidas na formação da hemoglobina, componente de metaloenzimas (como a citocromo oxidase, superóxido dismutase e hidrolase), além de aumentar a estabilidade de algumas proteínas (BUND *et al.*, 2010; DEL CLARO *et al.*, 2013). Porém, quando presente em altas concentrações no solo e na água este elemento é considerado um poluente, que inclusive ocasiona graves problemas ambientais em muitos países, impactando o desenvolvimento das plantas e de outros seres vivos (BALLABIO *et al.*, 2018; SANTIAGO-MARTÍN *et al.*, 2016; SHUTCHA *et al.*, 2015).

A mineração brasileira de cobre teve seu marco em junho de 2004, quando a Companhia Vale do Rio Doce, iniciou a produção e comercialização do cobre extraído a partir da mina Sossego, localizada na Província Mineral de Carajás, no estado do Pará, que representava em 2005 aproximadamente 85,3% das reservas nacionais e os maiores e mais importantes depósitos econômicos de cobre do país (MME, 2009). Em 2023, a produção de cobre da Vale no estado do Pará alcançou 247,2 mil toneladas e, segundo estimativas, as mineradoras irão investir em infraestrutura e novos modelos de exploração com o objetivo de melhorar as condições socioambientais para as áreas impactadas (O GLOBO, 2024).

O cobre é um elemento que vem sendo amplamente explorado e empregado em diferentes setores da economia, aumentando a probabilidade de contaminação devido à sua exploração e destinação inadequada. Diversas atividades agrícolas (aplicação de fungicidas cúpricos e adubação com dejetos de animais), industriais (descarte de resíduos) e de mineração podem contribuir para o acúmulo de Cu no solo (GLIBOTA *et al.*, 2019).

Atualmente, a busca por soluções eficientes para descontaminar áreas está crescendo no mundo, principalmente quando se trata de compostos que possuem ampla utilização. Nestes casos, tem-se optado por alternativas que tenham eficiência na descontaminação, simplicidade na execução, menor tempo demandado e baixo custo para a execução do processo (PIRES *et al.*, 2003). A fitorremediação, por exemplo, é uma técnica de biorremediação de áreas contaminadas que utiliza plantas, podendo estar associadas ou não a microrganismos, sendo uma tecnologia com grande aceitação por parte da população, além de ser limpa e de baixo custo (SANTANA & JACQUES, 2020).

Segundo Accioly & Siqueira (2000), a fitorremediação envolve o emprego de plantas, sua microbiota associada e de amenizantes (corretivos, fertilizantes, matéria orgânica etc.) do solo, com a aplicação de práticas agrônômicas para a remoção, imobilização ou tornar os contaminantes inofensivos ao ecossistema. Com relação às técnicas tradicionais para a remoção de contaminantes, a fitorremediação é considerada vantajosa por sua eficiência na descontaminação e pelo baixo custo de implementação (CUNNINGHAM *et al.*, 1996; PERKOVICK *et al.*, 1996). Essa técnica pode ser usada em solos contaminados por substâncias orgânicas ou inorgânicas, compostos que contêm metais pesados, elementos contaminantes, hidrocarbonetos de petróleo, agrotóxicos, explosivos, solventes clorados e subprodutos tóxicos da indústria (CUNNINGHAM *et al.*, 1996). Metais pesados são quantificados com maior facilidade do que contaminantes orgânicos, pois raramente geram metabólitos intermediários no solo durante a biodegradação (CUNNINGHAM *et al.*, 1996). A

fitorremediação tem eficiência comprovada em alguns casos, como na descontaminação de áreas por metais pesados (ACCIOLY & SIQUEIRA, 2000).

Diante deste cenário, alternativas para a redução dos impactos da contaminação por cobre devem ser buscadas como forma de reduzir a degradação do solo, do subsolo, das águas superficiais e subterrâneas, além de minimizar os danos aos animais e pessoas. A imobilização de espécies reativas, com vistas à redução do risco de contaminação é uma das alternativas viáveis para redução do risco.

Do ponto de vista da sustentabilidade, esse trabalho visa contribuir para o cumprimento das metas presentes na Agenda 2030, conhecidas como Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Nesse contexto, serão levadas em consideração as metas Vida Debaixo D'água (14) e Vida Sobre a Terra (15), que estão diretamente ligadas à preservação da qualidade dos corpos hídricos e dos solos. Para manter e melhorar a qualidade do solo e dos recursos hídricos é relevante evitar e minimizar a sua contaminação por cobre.

Com o propósito de fomentar a conservação da adequada qualidade ambiental e, consequentemente, da proteção da biodiversidade e da saúde pública, o presente trabalho apresenta informações úteis sobre o uso da fitorremediação em áreas contaminadas por cobre.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

A presente pesquisa visou reunir informações sobre a aplicação de espécies que foram utilizadas para a fitorremediação em áreas contaminadas por cobre, identificando os seus potenciais e reunindo informações úteis para a sua aplicação.

2.2 Específicos

- Identificar a eficiência das espécies utilizadas na fitorremediação do cobre;
- Reunir informações para a aplicação da fitorremediação em áreas contaminadas por cobre;
- Elaborar um banco de dados a partir das informações coletadas sobre o uso e aplicação das espécies para a fitorremediação em áreas contaminadas por cobre.

3. REVISÃO TEÓRICA

3.1 RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS NO BRASIL: LEGISLAÇÃO VIGENTE E SEUS OBJETIVOS

Para além da discussão sobre a fitorremediação e seus processos, se faz necessário analisar os aspectos que compõem os projetos de recuperação de áreas degradadas no Brasil, bem como suas diretrizes. A recuperação de áreas degradadas é fundamental para o equilíbrio dos ecossistemas, bem-estar da sociedade e desenvolvimento sustentável das cidades. Os chamados Planos de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) são importantes para a mitigação e compensação de impactos, pois apresentam informações detalhadas sobre o planejamento, metodologia, cronograma e diagnóstico da área a ser recuperada (INSTITUTO ÁGUA E TERRA, 2023; VASSAR *et al*, 2024). Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), a recuperação de áreas degradadas é um processo de auxílio ao restabelecimento de um ecossistema que foi degradado, danificado ou destruído, com base na seleção e na introdução de espécies capazes de crescer sob condições adversas (EMBRAPA, 2025).

Os projetos para recuperação de áreas degradadas objetivam restabelecer a integridade física, química e biológica de áreas degradadas, restituir a capacidade funcional dos serviços ecossistêmicos interrompidos e minimizar os efeitos nocivos (MMA, 2025). A eficácia dos projetos de recuperação de áreas degradadas está diretamente correlacionada ao domínio das legislações pertinentes e à capacidade de formular estratégias adequadas. Assim, a compreensão aprofundada do quadro legal juntamente com a adoção de métodos adequados, são condições indispensáveis para que os projetos sejam bem-sucedidos.

O Artigo 225 da Constituição Federal (CF) de 1988 é um marco fundamental na legislação brasileira pois estabelece que:

“Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações” (Brasil, 1988).

Além do Artigo 225 da CF, a legislação brasileira versa sobre a recuperação de áreas degradadas, prevendo atividades e procedimentos para a execução de projetos que estão voltados para esta finalidade, dentre elas, destacamos a Política Nacional do Meio Ambiente

de 1981, o Decreto 97.632 de 1989, a Lei de Crimes Ambientais de 1998 e a Lei do Código Florestal de 2012. No Quadro 1 estão listadas as principais leis, decretos e resoluções que regem os processos referentes à recuperação de áreas degradadas no Brasil.

Quadro 1. Legislação relacionada à Recuperação de Áreas Degradadas no Brasil, esfera do governo, objetivo e ano. Fonte: Autora (2025).

LEGISLAÇÃO	ESFERA DO GOVERNO	OBJETIVO	ANO
Constituição Federal	Federal	O 3º parágrafo do Artigo 225 dispõe que “as condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, às sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados”. Dessa forma, a Constituição Federal estabelece que a reparação de danos ambientais é obrigatória, não sendo dispensada mesmo que haja pagamento de multa.	1988
PNMA Lei N° 6.938	Federal	O Artigo 2º dispõe que “a Política Nacional do Meio Ambiente tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana”, tendo como um dos princípios a recuperação de áreas degradadas.	1981
Decreto N° 97.632	Federal	Regulamenta a recuperação de áreas degradadas e dispõe que: “Art. 1º Os empreendimentos que se destinam à exploração de recursos minerais deverão, quando da apresentação do Estudo de Impacto Ambiental - EIA e do Relatório do Impacto Ambiental - RIMA, submeter à aprovação do órgão ambiental competente, plano	1989

		<p>de recuperação de área degradada”;</p> <p>“Artigo 2º Para efeito deste Decreto são considerados como degradação os processos resultantes dos danos ao meio ambiente, pelos quais se perdem ou se reduzem algumas de suas propriedades, tais como, a qualidade ou capacidade produtiva dos recursos ambientais”;</p> <p>“Artigo 3º A recuperação deverá ter por objetivo o retorno do sítio degradado a uma forma de utilização, de acordo com um plano preestabelecido para o uso do solo, visando a obtenção de uma estabilidade do meio ambiente”.</p>	
Crimes Ambientais Lei Nº 9.605	Federal	<p>Dispõe que as sanções penais e administrativas de atividades que causam impactos negativos ao meio ambiente e apresenta em seu Artigo 23 que “a prestação de serviços à comunidade pela pessoa jurídica consistirá em: II - execução de obras de recuperação de áreas degradadas”.</p>	1998
Código Florestal Lei Nº 12.651	Federal	<p>Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa em:</p> <p>Artigo 41, II - compensação pelas medidas de conservação ambiental necessárias para o cumprimento dos objetivos desta Lei, utilizando-se dos seguintes instrumentos, dentre outros: e) linhas de financiamento para atender iniciativas de preservação voluntária de vegetação nativa, proteção de espécies da flora nativa ameaçadas de extinção, manejo florestal e agroflorestal sustentável realizados na propriedade ou posse rural, ou recuperação de áreas degradadas;</p> <p>Artigo 58 - Assegurado o controle e a fiscalização dos órgãos ambientais competentes dos</p>	2012

		<p>respectivos planos ou projetos, assim como as obrigações do detentor do imóvel, o poder público poderá instituir programa de apoio técnico e incentivos financeiros, podendo incluir medidas indutoras e linhas de financiamento para atender, prioritariamente, os imóveis a que se refere o inciso V do caput do art. 3º, nas iniciativas de: V - recuperação de áreas degradadas; VI - promoção de assistência técnica para regularização ambiental e recuperação de áreas degradadas;</p> <p>Artigo 64, § 2º O estudo técnico mencionado no § 1º deverá conter, no mínimo, os seguintes elementos: IV - recuperação de áreas degradadas e daquelas não passíveis de regularização;</p> <p>Artigo 65, § 1º O processo de regularização fundiária de interesse específico deverá incluir estudo técnico que demonstre a melhoria das condições ambientais em relação à situação anterior e ser instruído com os seguintes elementos: VII - a indicação das faixas ou áreas em que devem ser resguardadas as características típicas da Área de Preservação Permanente com a devida proposta de recuperação de áreas degradadas e daquelas não passíveis de regularização.</p>	
--	--	--	--

Referências do Quadro: BRASIL (1988), BRASIL (1981), BRASIL (1989), BRASIL (1998), BRASIL (2012).

Apesar das legislações e orientações acerca dos procedimentos e processos para a elaboração e implantação de projetos para recuperação de áreas degradadas, utilizando a fitorremediação e outros processos, é necessário o aperfeiçoamento e desenvolvimento de pesquisas e técnicas que incluem o uso de espécies de plantas para aplicação em diferentes locais, escalas e condições de forma eficiente, visando o bem-estar da população, desenvolvimento sustentável e conservação de ecossistemas. Além disso, vale ressaltar a

importância de licenciar os empreendimentos potencialmente poluidores para que, nas fases de elaboração dos Estudos de Impacto Ambiental (EIA) e seus respectivos Relatórios de Impacto Ambiental (RIMA), sejam feitas as previsões dos impactos negativos, riscos e medidas de contenção, assegurando seu caráter preventivo em relação a desastres e acidentes ambientais (VASSAR *et al*, 2024). Outro aspecto importante a se destacar é o fato de que, em caso de empreendimentos de exploração e/ou beneficiamento de minérios, o PRAD é obrigatório (BRASIL, 1989).

Os projetos de recuperação de áreas degradadas são considerados complexos por envolver diferentes etapas e técnicas, sendo necessário um esforço conjunto entre governo, empresas e sociedade civil, como definido pelo Artigo 225 da CF, para implementar ações eficazes de recuperação e prevenir a degradação de novas áreas. A fitorremediação, por sua vez, surge como uma biotecnologia promissora nesse contexto, oferecendo uma abordagem sustentável e eficaz para a recuperação de áreas degradadas, especialmente em casos de contaminação de solos e águas.

3.2 PROCESSOS DE FITORREMEDIAÇÃO

A fitorremediação é uma técnica promissora que utiliza plantas adaptadas para descontaminação dessas áreas, promovendo a remoção, degradação ou imobilização de contaminantes presentes nos solos e águas (VASSAR & GARRIDO, 2024). Para a realização desses processos, são utilizados diferentes mecanismos e partes específicas da planta utilizada, que possuem aplicações específicas, o quadro abaixo apresenta as principais técnicas de fitorremediação.

Quadro 2. Técnicas de fitorremediação e como ocorrem. Fonte: Autora (2025).

TÉCNICA	COMO OCORREM
Fitoextração ou fitoacumulação	Processo em que as plantas absorvem os contaminantes do solo ou da água pelas raízes e os acumulam em seus tecidos, como folhas e caules, é considerado um método eficaz para remover metais pesados e outros compostos inorgânicos. Plantas hiperacumuladores têm a capacidade de armazenar altas concentrações de metais específicos.
Fitodegradação	Nesse processo, as plantas utilizadas, podendo estar associadas a microrganismos, metabolizam e degradam compostos orgânicos como pesticidas e hidrocarbonetos, em substâncias menos tóxicas, essa metabolização pode ocorrer dentro da planta ou na rizosfera.
Fitovolatilização	As plantas absorvem os contaminantes e os liberam na atmosfera na forma de gases menos tóxicos, é uma técnica eficaz para remover compostos voláteis, como o selênio e o mercúrio.
Fitoestabilização	Processo ao qual as plantas imobilizam os contaminantes presentes no solo, reduzindo sua biodisponibilidade, ajudando a prevenir a lixiviação, é um método utilizado para áreas que apresentam alta concentração de metais pesados. Nesse processo, as espécies devem ser capazes de tolerar altos níveis de metais para imobilizá-los no solo por precipitação, complexação ou redução de valências.
Rizofiltração	As raízes das plantas atuam na remoção dos contaminantes presentes na água, podendo ser empregado em sistemas aquáticos naturais ou construídos, é considerado um método eficaz para a remoção de metais pesados, nutrientes e outros poluentes dissolvidos na água.
Fitoestimulação	As plantas utilizadas promovem a proliferação de microrganismos no solo que fazem a degradação dos contaminantes, este processo ocorre através da liberação de exsudatos radiculares que servem como fonte de carbono para os microrganismos iniciarem as atividades.
Cepas vegetativas	Auxiliam na minimização da infiltração de água da chuva, por meio do uso de gramíneas, para conter a disseminação dos resíduos

	poluentes e evitam que o lixo fique a céu aberto.
--	---

Referências do Quadro: ANSELMO & JONES (2005); BROOKS (1998); CARL & JOHN (1997); CUNNINGHAM *et al.* (1996); GLASS (1998); MCGRATH (1998); POMPÊO (1996).

Cada modalidade de fitorremediação apresenta vantagens e limitações específicas, e a escolha da técnica mais apropriada é determinada pela natureza do contaminante, pelas características do local e pelas condições ambientais predominantes (ANSELMO & JONES, 2005). Esses processos estão ilustrados na Figura 1.

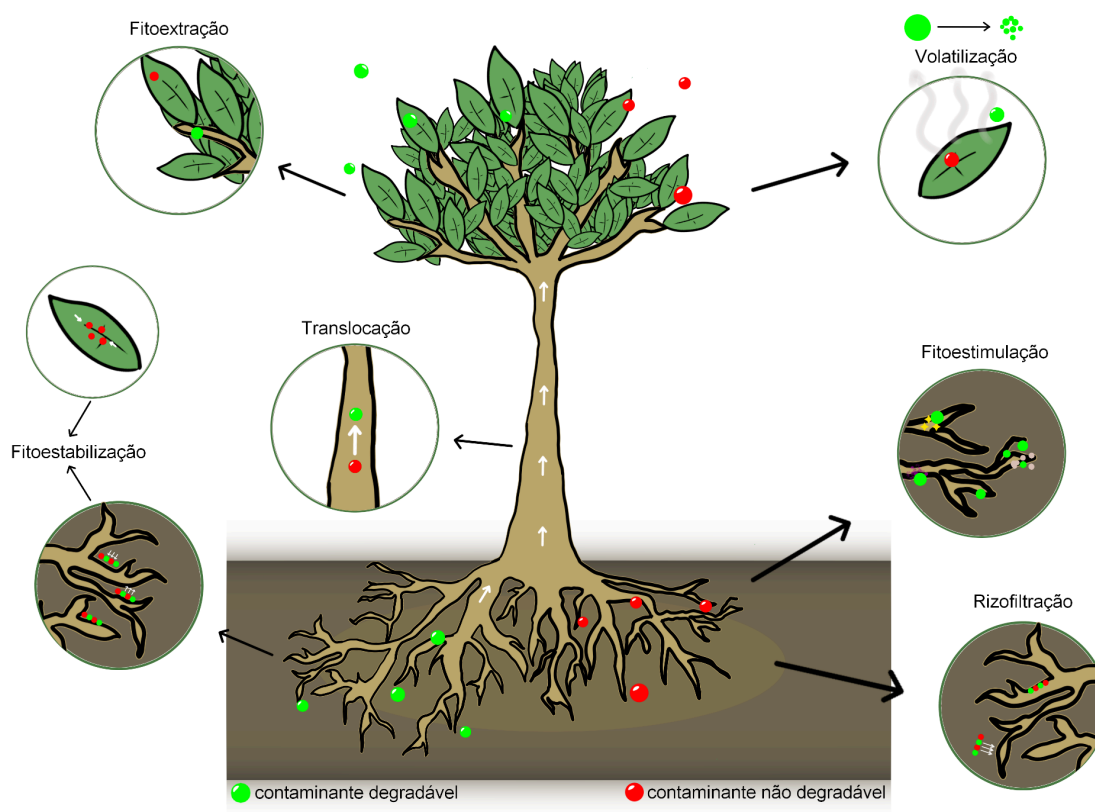


Figura 1. Processos de fitorremediação. Adaptado de VANZETTO (2025). Elaborado por: Andrew Barcelos & Marcela Vassar (2025).

Conforme os processos ilustrados na figura acima, os metais disponíveis na solução do solo são absorvidos pelas células radiculares a partir de um sistema sensor bioquímico. Através da atividade de ATPases, seja pela criação de uma diferença de potencial, ou pela mudança de pH na interface solo-planta, os metais são absorvidos (rizofiltração). Dentro das

plantas, dependendo da indução ou ativação de genes (fitoestimulação), esses elementos podem participar de reações bioquímicas, podem ser armazenados no compartimento radicular (sofrem fitoestabilização), ou podem ser translocados até a parte aérea (BRADY, 1989). Nesse compartimento, podem ser volatilizados ou fitoextraídos. A depender da fitoextração, alguns autores decidiram denominar o processo de fitomineração, quando há possibilidade de recuperação secundária dos elementos a partir da incineração do material vegetal para se recuperar o mineral.

Portanto, através da atividade de ATPases, especialmente das bombas de prótons localizadas na membrana plasmática das células radiculares (H^+ -ATPases), ocorre a liberação ativa de prótons (H^+) no meio extracelular. Esse processo gera um gradiente eletroquímico — com diferença de potencial e acidificação da rizosfera — que favorece a solubilização e o transporte de íons metálicos para o interior da planta (BRADY, 1989).

4. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho se caracteriza como uma pesquisa sistemática com revisão e análise de trabalhos científicos, conduzida em etapas e de forma estruturada, necessária para se extrair dados relativos à frequência de estudos acerca de plantas mais eficientes quanto ao processo de fitorremediação de solos contaminados com cobre. Trata-se de metapesquisa, com produção de dados secundários (WOTTRICH & ROSÁRIO, 2022). O ineditismo da pesquisa residiu na análise de parâmetros que poderão subsidiar a seleção de vegetais para futuras análises qualitativas, estudos de mecanismos bioquímicos e desenvolvimento de projetos para gerenciamento de áreas contaminadas. Segundo Jacks (2022), a metapesquisa é caracterizada por:

“Nos trajetos investigativos dos pesquisadores, por outra parte, as metapesquisas podem ser realizadas em vários níveis das pesquisas, com destaque para os de âmbito teórico-metodológico, mas não menos importantes são as relativas aos resultados empíricos acumulados em determinada área ou mesmo de dados secundários produzidos por fontes oficiais ou institutos de pesquisa ligados ao mercado. São dados importantes para construção de objetos de pesquisa informados e articulados com os diferentes campos que os envolve.” (JACKS, 2022, p.337)

A metapesquisa em tela foi conduzida em algumas etapas. Inicialmente, o problema do trabalho foi definido através da busca por espécies fitorremediadoras mais eficientes. Os critérios estabelecidos foram os indicadores de eficiência encontrados nos artigos, número de artigos, capítulos e revisões. Para a coleta de dados, foram utilizados bancos de dados de publicações científicas na internet em plataformas como o Portal de Periódicos CAPES, SCOPUS e Google Acadêmico, buscando técnicas e espécies utilizadas na fitorremediação de áreas contaminadas por cobre entre os anos de 2000 e 2025. Para a busca foram utilizadas as seguintes palavras-chave: *copper*, *phytoremediation*, *fitorremediação de cobre*, *copper phytoremediation*, *contaminação por cobre*. Além da busca nos portais de periódicos, foram utilizadas informações de *websites* de instituições e autarquias federais e estaduais bem como de universidades e de diretórios de projetos acadêmicos.

A partir da escolha das publicações científicas, as informações foram filtradas e coletadas, através da busca por termos tais como: espécies utilizadas; dados sobre a eficiência entre outros parâmetros que sejam pertinentes para embasar as conclusões da presente pesquisa. Para a seleção dos trabalhos foram estabelecidos critérios para sua elegibilidade, que estão listados no quadro abaixo.

Quadro 3. Critérios para a seleção dos trabalhos acadêmicos. Fonte: Autora (2025).

ELEGIBILIDADE	CRITÉRIOS
Trabalhos elegíveis	Apresentar espécie com potencial para a fitorremediação de cobre.
Trabalhos inelegíveis	<p>Apresentar espécie com baixo potencial para fitorremediação;</p> <p>Apresentar outro método para a remediação em associação com plantas;</p> <p>Apresentar outros objetivos que não o de testar o potencial da espécie para a fitorremediação;</p> <p>Apresentar testes para outras substâncias e metais, excluindo o cobre;</p> <p>Apresentar revisões bibliográficas;</p> <p>Apresentar conclusões que não contribuem para o uso da fitorremediação;</p> <p>Duplicação de trabalhos.</p>

A partir do levantamento preliminar dos trabalhos acadêmicos, foi realizada a leitura exploratória dos artigos. A análise incluiu casos de fitorremediação de solos contaminados com cobre. Consideraram-se plantas, não microrganismos engenheirados, nem fungos micorrízicos. Os trabalhos que apresentaram baixo potencial para fitorremediação foram desconsiderados em razão de serem buscados exemplos de plantas eficientes. Foram listados locais de ocorrência endêmica ou de introdução de plantas exóticas com sucesso e essa frequência foi aplicada no mapeamento mundial dos vegetais destacados. O sítio Pl@ntnet foi utilizado como fonte para localização das plantas, em complemento às informações do artigo.

Com os dados e informações devidamente coletados e tratados, foi criado um banco de dados público com as informações relevantes acerca de cada espécie, bem como seus potenciais usos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O processo de fitorremediação pode ocorrer por meio de diferentes mecanismos, onde partes específicas da planta irão absorver os contaminantes para sua decomposição, mobilização e/ou volatilização (ANSELMO & JONES, 2005). Por meio de análises de dados e pesquisas qualitativas, foram identificadas espécies com potencial para a fitorremediação em áreas contaminadas por cobre.

A aplicação dos termos “*copper, phytoremediation*”; “*fitorremediação de cobre*”; “*copper phytoremediation*” e “*contaminação por cobre*” possibilitou encontrar 90 trabalhos acadêmicos, com 28 elegíveis para o estudo. A partir da análise dos artigos científicos selecionados, foram identificadas 51 espécies, pertencentes a 21 famílias, que possuem características que indicam o seu potencial para a realização da fitorremediação do cobre. Além disso, foi observada a recorrência de algumas famílias botânicas, tendo quatro delas em destaque, sendo: Fabaceae, com 11 espécies listadas; Poaceae, com 10 espécies; Asteraceae, com 8 espécies e; Brassicaceae, com 3 espécies (Figura 2).

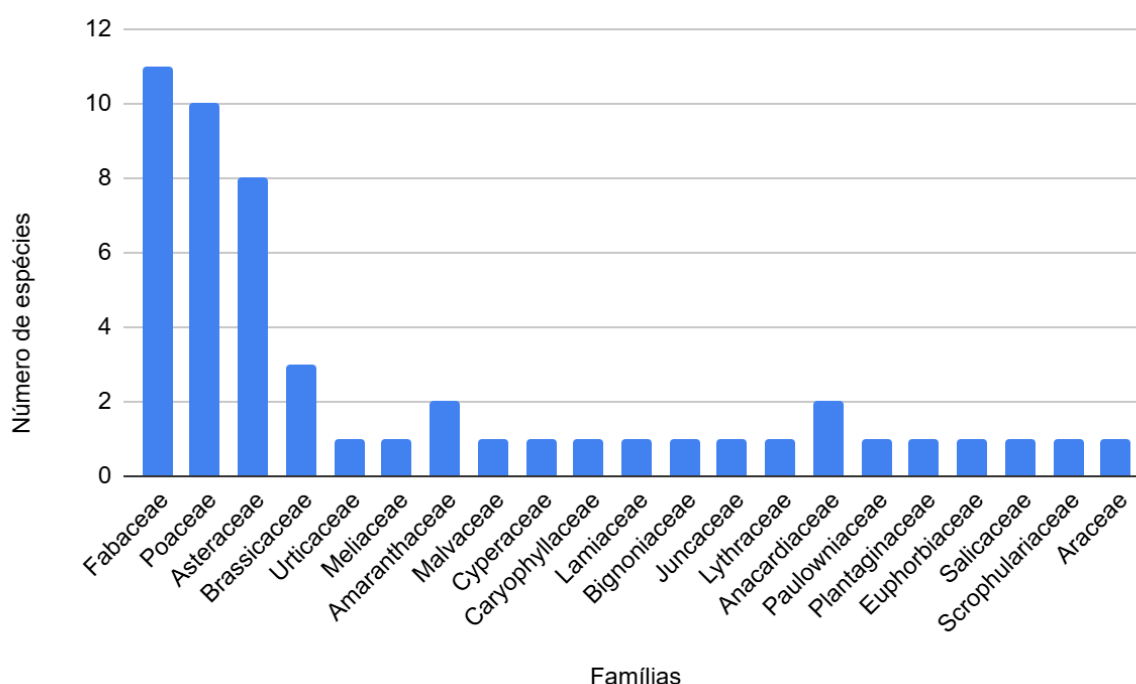


Figura 2. Número de espécies consideradas eficientes para a fitorremediação em áreas contaminadas por cobre por família botânica. Fonte: Autora (2025).

A família Fabaceae, que possui a maior ocorrência de espécies, demonstra um grande potencial para fitorremediação de solos contaminados por cobre, apresentando características

que a tornam promissora tanto para revegetação quanto para fitoextração. Algumas espécies dessa família exibem capacidade de acumular até $2,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de cobre, com destaque para o armazenamento predominante nas raízes, onde concentrações de até $115,5 \text{ mg kg}^{-1}$ foram observadas (WIDMER & NORRGROVE, 2022). Essas plantas apresentam fatores de bioconcentração elevados, sendo algumas consideradas hiperacumuladoras de cobre, e demonstram alta tolerância à contaminação no solo. Embora a translocação do metal para a parte aérea seja geralmente baixa, há casos em que ocorre maior transporte e acúmulo na biomassa aérea, reforçando seu uso em diferentes estratégias de remediação (SILVA *et al.*, 2011, 2016). Além disso, as espécies da família apresentam aptidão para cultivo em campo, o que amplia seu potencial prático para recuperação de áreas degradadas (MARTINS *et al.*, 2022). Assim, a combinação dessas características torna a família Fabaceae uma ferramenta valiosa para mitigar os impactos ambientais causados pela contaminação por cobre.

A família Poaceae, segunda com maior ocorrência, também apresenta um notável potencial para a fitorremediação, com destaque para sua capacidade de fitoextração, fitomineração e fitoestabilização. Algumas espécies dessa família são consideradas hiperacumuladoras, como a *Avena sativa* L. (aveia), acumulando concentrações superiores a 1.000 mg kg^{-1} de cobre em seus tecidos, especialmente com destaque no sistema radicular, onde valores entre $198,6$ e $289,1 \text{ mg kg}^{-1}$ foram observados (WIDMER & NORRGROVE, 2022). Essas plantas exibem alta resistência ao contato com o metal, bem como maior viabilidade de implantação em áreas contaminadas, tornando-as adequadas para remediação de solos, como os de vinícolas, que frequentemente apresentam elevados níveis de cobre. Além disso, a produção significativa de biomassa, tanto na parte aérea quanto nas raízes, contribui para sua eficiência na absorção e translocação de metais pesados, incluindo cobre e zinco (TAVARES *et al.*, 2013). Embora as raízes acumulem níveis mais altos de cobre em comparação com os brotos, algumas espécies demonstram eficiência na translocação desses metais para a parte aérea (TAVARES *et al.*, 2013, ZAND & MÜHLING, 2022). Com habilidades confirmadas em sistemas hidropônicos e solo, e potencial para extrair outros metais pesados (como cromo, chumbo e mercúrio), a família Poaceae se consolida como uma ferramenta promissora para mitigar os impactos da contaminação por metais em ambientes degradados (SINGH & PANI, 2023).

Do mesmo modo, a família Asteraceae demonstra um grande potencial, apresentando espécies com características de hiperacumulação e tolerância a metais pesados. Algumas espécies acumulam concentrações significativas de cobre, variando entre $34,0 \text{ mg kg}^{-1}$ e 440 mg kg^{-1} de matéria seca, com destaque para o armazenamento predominante no sistema

radicular (103,3–319,1 mg kg⁻¹) (AFONSO *et al.*, 2019, MALAYERI *et al.*, 2008). Essas plantas exibem adaptação a condições adversas, como baixa nutrição e altas concentrações de cobre, embora incrementos excessivos do metal possam afetar negativamente seu desenvolvimento, incluindo o florescimento (MENEGAES *et al.*, 2019, 2020). Além disso, algumas espécies são reconhecidas como altamente acumuladoras de cobre, com capacidade de fitoextração de até 3,5 kg ha⁻¹, aliando alta produção de biomassa à absorção eficiente do metal (AFONSO *et al.*, 2019, ANDREAZZA *et al.*, 2015, WIDMER & NORGROVE, 2022). Essas características tornam a Asteraceae promissora não apenas para reduzir a concentração de cobre no solo, mas também para aplicações adicionais, como a produção de biocombustíveis, reforçando seu papel estratégico na mitigação de áreas contaminadas.

E por fim, a quarta família com maior ocorrência é a Brassicaceae, tendo algumas espécies sendo reconhecidas como hiperacumuladoras deste metal pesado (APORI *et al.*, 2018). Em condições experimentais, foi observada a presença de até 879 mg de cobre por kg de massa seca em tratamentos com 150 mg de cobre, evidenciando sua capacidade excepcional de absorção e acumulação (APORI *et al.*, 2018). Quando cultivadas em consórcio com outras espécies, como a *Salix nigra*, as plantas dessa família demonstraram maior produção de biomassa geral e uma eficiente estabilização e extração de cobre, com a maior parte do metal sendo acumulada nas raízes (MASSENET *et al.*, 2021). Essas características reforçam, por exemplo, o papel da Brassicaceae como uma ferramenta promissora para mitigar os impactos da contaminação por cobre em ambientes degradados, especialmente devido à sua habilidade de atuar tanto na fitoextração quanto na fitoestabilização de metais pesados no solo.

As famílias observadas apresentam características singulares (Quadro 4) que são importantes para entender a aplicação e atuação dessas plantas, bem como sua escolha para uso durante os testes de tolerância aos contaminantes e demais substâncias.

Quadro 4. Características e representantes das famílias com maior ocorrência. Fonte: Autora (2025).

FAMÍLIA	REPRESENTADA POR	CARACTERÍSTICA
Fabaceae	Leguminosas	Uma das maiores famílias de plantas, com cerca de 750 gêneros e 19.000 espécies, distribuídas globalmente, predominantemente herbáceas, mas também incluem arbustos, árvores e lianas.

Poaceae	Gramíneas	Uma das famílias mais amplamente distribuídas, com cerca de 12.000 espécies, herbáceas predominantemente, mas também incluem algumas espécies lenhosas.
Asteraceae	Compostas	Uma das maiores famílias de plantas, com cerca de 1.620 gêneros e 23.000 espécies, distribuídas globalmente, predominantemente herbáceas, mas também incluem arbustos e árvores.
Brassicaceae	Crucíferas	Família cosmopolita com cerca de 370 gêneros e 4.000 espécies, predominantemente herbáceas, com poucas espécies lenhosas.

Referência do Quadro: BARROSO *et al.*, 2007.

Ao analisar os trabalhos selecionados para ambientes contaminados por cobre, foi possível identificar 51 espécies com diferentes características (Quadro 5). Foi observado o emprego de algumas famílias, sua distribuição, bem como seus potenciais fitorremediadores. Dentre as características observadas, algumas se destacam pela sua repetição, como a redução das concentrações de cobre presente no solo; atividade de fitoextração do cobre e tolerância ao cobre durante o seu cultivo.

Estudos tais como de Singh & Pani (2023) mencionaram uma visão diferenciada sobre as plantas de uso medicinais ou fontes de fitosteróis, cuja resistência aos metais em níveis tóxicos no solo apontaram para hiperacumuladoras em potencial. De modo geral, os vegetais estudados detêm características relacionadas à capacidade de absorção, translocação e transporte de metais que podem constituir forças auxiliares na remediação de solos, na contenção de metais e nos modelos de fitomineração. Esses últimos, visam retornar os minerais à cadeia produtiva com menores impactos nos sistemas naturais.

Os estudos com forrageiras ou plantas consideradas daninhas são destacados pelos autores em razão de serem plantas resistentes ao estresse salino, plantas que experimentam tolerância e são hiperacumuladoras de metais (SANCHEZ-CASTRO, 2023). Tais características motivaram o desenho de estudos de fitorremediação em razão da manutenção sem grandes demandas de tratos culturais. Outro fator que levou aos estudos dessas fitorremediadoras foi a obtenção de amostras de parte aérea e sistema radicular acessíveis quando crescem no solo. Os aspectos ecológicos das fitorremediadoras importam para a seleção de espécies cujas partes sejam menos passíveis de sofrerem herbivoria e, assim, possa ocorrer a reintrodução do metal na cadeia trófica (COBETT, 2003). Algumas fitorremediadoras, como a *Cyperus rotundus* L. (tiririca), acumulam metais no sistema

radicular, o que limita o uso alimentício dessas partes por animais e humanos (MENDONÇA *et al.*, 2021; WIDMER & NORGROVE, 2022).

Existem mecanismos bioquímicos relacionados à cinética de absorção desses sais de metais pesados. Dessa forma, pela indução e ativação de transportadores nas células radiculares já demonstraram serem eficientes em níveis elevados de metais no solo (SILVA *et al.*, 2022).

O uso de plantas herbáceas e com ciclo de vida relativamente curto esteve relacionado ao cultivo ou prévio conhecimento desses vegetais em cada região, como foi o uso da *Corchorus capsularis* L. (juta) na Índia (SALEEM *et al.*, 2020), o *Sorghum hirsutum* L. (sorgo) na Croácia e Ucrânia (PRELAC *et al.*, 2016), ou uso de *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf (capim-santo) na Índia (SINGH & PANI, 2023), por exemplo.

No quadro 5 foi possível organizar as principais características das plantas fitorremediadoras, bem como identificar a família dessas espécies. Algumas características foram citadas de forma recorrente e certas famílias se repetem ao longo do estudo.

Quadro 5. Espécies de plantas consideradas como eficientes para a fitorremediação do cobre, sua distribuição e seus potenciais. Fonte: Autora (2025).

Nº	ESPÉCIE	NOME POPULAR	FAMÍLIA	DISTRIBUIÇÃO OBSERVADA ATUALMENTE	POTENCIAIS	REFERÊNCIAS
1	<i>Acacia mangium</i> Willd.	acácia-mangium, acácia-australiana	Fabaceae	região noroeste da Austrália (Queensland), Papua Nova Guiné e leste da Indonésia (Ilhas Molucas, Sula e Aru)	apresenta potencial para a revegetação de áreas contaminadas	Anselmo & Jones (2005)
2	<i>Arachis pintoi</i> Krapov. & W.C.Greg.	amendoim-forrageiro	Fabaceae	América do Sul e Central, Ásia, Oceania	possui grande potencial para fitoextração, até 2,5kg ha ⁻¹	Widmer & Norgrove (2022)
3	<i>Arundo donax</i> (Giant Reed)	canavieira	Poaceae	regiões temperadas, Europa, norte da África, Mediterrâneo	acumulador de cobre e cromo	Prelac <i>et al.</i> (2016)
4	<i>Arundo donax</i> L.	cana-do-reino	Poaceae	América do Norte, Europa, região sul da Ásia, regiões subtropicais da América do Sul	é acumuladora de cobre e cromo, mostrando habilidades de fitoextração quando cultivada em um sistema hidropônico	Prelac <i>et al.</i> (2016)
5	<i>Avena sativa</i> L.	aveia	Poaceae	América do Sul, Estados Unidos, Europa, Ásia, Oceania	foi considerada uma espécie hiperacumuladora, acumulando concentrações maiores que 1.000 mg kg ⁻¹ de cobre em seus tecidos, com grande potencial para fitoextração	Widmer & Norgrove (2022)
6	<i>Avena strigosa</i> Schreb.	aveia-preta	Poaceae	São Paulo, Rio Grande do Sul, França	demonstrou potencial de fitoextração frente às condições de solo e contaminações de cobres propostas pela pesquisa	Panziera <i>et al.</i> (2018)
7	<i>Baccharis trimera</i> (Less.) DC.	carqueja	Asteraceae	sul e sudeste do Brasil, Pará, e noroeste da Argentina, Uruguai, Espanha,	mostrou-se adaptada a condições de baixa nutrição e apresentou tolerância a	Afonso <i>et al.</i> (2019)

				França	metais pesados, com concentração de cobre igual a 440 mg kg-1	
8	<i>Bidens pilosa</i> L.	picão-preto	Asteraceae	América do Sul, Central e do Norte, África, Europa, Ásia, Oceania	possui características de alto hiperacumulador de cobre, possui grande potencial para fitoextração, até 3,5kg ha-1	Andreazza <i>et al.</i> (2015), Widmer & Norgrove (2022), Afonso <i>et al.</i> (2019)
9	<i>Brachiaria decumbens</i> Stapf	capim-braquiária	Poaceae	origem na África e dispersão em regiões tropicais	fitoextração de cobre em solos de vinícolas; capacidade de fitomireação e fitoestabilização do cobre a partir da produção de biomassa da parte aérea e de raízes; bioacumulação em raízes	Apori <i>et al.</i> (2018), Andreazza <i>et al.</i> (2013), Afonso <i>et al.</i> (2019)
10	<i>Brassica juncea</i> (L.) Czern.	mostarda-castanha, mostarda-marrom	Brassicaceae	Europa, Estados Unidos, sul da África e América do Sul, Índia	foram encontrados 879mg de Cu/Kg de massa seca em tratamento com 150mg de cobre, hiperacumuladora de cobre	Apori <i>et al.</i> (2018)
11	<i>Brassica napus</i> L.	colza, couve-variegata	Brassicaceae	América do Sul, Central e do Norte, África, Europa, Ásia, Oceania	resultados apontaram que, plantado em conjunto com <i>Salix nigra</i> , a maior parte do cobre foi encontrada nas raízes, produzindo maior biomassa geral e a máxima estabilização e extração de cobre	Massenet <i>et al.</i> (2021)
12	<i>Canavalia ensiformis</i> (L.) DC.	fava-branca, feijão-de-porco	Fabaceae	Brasil, Índia	apresentou maior concentração, acúmulo e transporte de Cu para a parte aérea	Zancheta <i>et al.</i> (2011)
13	<i>Cecropia</i> sp.	embaúba	Urticaceae	norte do Brasil, Guiana	apresentou fator de bioconcentração na raiz, sendo considerada uma hiperacumuladora de cobre	Asensio <i>et al.</i> (2018)
14	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	cedro-rosa	Meliaceae	nordeste da Argentina, Bolívia, Brasil, Colômbia, Costa Rica, Equador, Guiana Francesa, Panamá, Paraguai, Peru, Trinidad-Tobago, Uruguai e	apresentou ganho de matéria seca até a dose de 100 mg kg-1 e fator de bioconcentração na raiz, com potencial uso para a fitorremediação	Caires <i>et al.</i> (2011), Asensio <i>et al.</i> (2018)

				Venezuela		
15	<i>Chenopodium album</i> L.	ançarinha-branca	Amaranthaceae	América do Sul e do Norte, África, Europa, Ásia, Oceania	apresentou um fator de translocação excepcional, sendo considerada um boa candidata para a fitorremediação de cobre	Widmer & Norgrove (2022)
16	<i>Chenopodium botrys</i> L.	erva-de-bicho, ançarinha-botão	Amaranthaceae	América do Norte, Europa	foi considerada como altamente acumuladora de Cu, com concentração de 56.0 mg kg ⁻¹ DW	Malayeri <i>et al.</i> (2008)
17	<i>Chrysanthemum leucanthemum</i> L.	margarida-comum, margaridão	Asteraceae	América do Sul e do Norte, Europa, Ásia, Oceania	apresentou capacidade de acumulação de cobre, principalmente no sistema radicular, 103,3-319,1 mg kg ⁻¹	Widmer & Norgrove (2022)
18	<i>Chrysanthemum spp.</i>	crisântemo	Asteraceae	regiões temperadas da Ásia, América do Sul, América Central e Europa	apresentou tolerância ao cultivo em solo com excesso de Cu porém, verificou-se que o incremento de Cu afetou negativamente o desenvolvimento típico, inclusive no florescimento	Menegaes <i>et al.</i> (2019, 2020)
19	<i>Chrysopogon zizanioides</i> (L.) Roberty	vetiver, capim-sândalo	Poaceae	Europa, Índia, Saint-Denis	apresentou maior resistência ao contato com o poluente e maior viabilidade na sua implantação, possui potencial para a fitorremediação de solo contaminado por cobre	Mendonça <i>et al.</i> (2021)
20	<i>Cirsium comgestum</i>	não identificado	Asteraceae	não identificado	foi considerada como altamente acumuladora de Cu, com concentração de 57.0 mg kg ⁻¹ DW	Malayeri <i>et al.</i> (2008)
21	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	copaíba	Fabaceae	Brasil, Índia	apresentou fator de bioconcentração na raiz, sendo considerada uma hiperacumuladora de cobre	Asensio <i>et al.</i> (2018)
22	<i>Corchorus capsularis</i> L.	juta	Malvaceae	regiões tropicais e subtropicais, Índia,	as espécies <i>Corchorus</i> apresentam	Saleem <i>et al.</i> (2020)

				Bangladesh, China, Tailândia, Nepal, Nigeria, Vietnam	potencial de fitorremediação para metais pesados, tendo destaque para as características fisiológicas e morfológicas	
23	<i>Cousina sp.</i>	não identificado	Asteraceae	não identificado	foi considerada como altamente acumuladora de Cu, com concentração de 34.0 mg kg ⁻¹ DW	Malayeri <i>et al.</i> (2008)
24	<i>Cymbopogon citratus</i> (DC.) Stapf	capim-santo	Poaceae	América do Sul, Central e do Norte, Europa, África, região sul da Ásia, Austrália, Nova Zelândia	demonstrou ser um possível fitoextrator de metais pesados como mercúrio, chumbo, cobre, cromo, níquel, cádmio e arsênico devido ao aumento da sua biomassa e à capacidade de absorção de metais	Singh & Pani (2023)
25	<i>Cyperus rotundus</i> L.	tiririca	Cyperaceae	América do Sul, Central e do Norte, África, Europa, Ásia, Oceania	mostrou-se mais eficiente na remoção do Cu do solo apesar de ser mais suscetível ao contaminante, possui potencial para a fitorremediação de solo contaminado por cobre	Widmer & Norgrove (2022), Mendonça <i>et al.</i> (2021)
26	<i>Dianthus chinensis</i> L.	cravinha-de-jardim, cravina, cravinha-chinesa	Caryophyllaceae	origem na China, invasora na Europa, América do Sul, Central e do Norte, Europa, África, Ásia, Oceania	apresentou tolerância ao cultivo em solo com excesso de Cu, com boas aptidões fitorremediativas e sem indícios de fitotoxidez, manteve suas características ornamentais e foi indicada como planta de cobertura	Menegaes <i>et al.</i> (2019, 2020)
27	<i>Elsholzia splendens</i>	planda-do-cobre	Lamiaceae	China e Coreia	crescimento normal com 80mg.Kg ⁻¹ de cobre no solo; hiperacumuladora e tolerante ao cobre	Jiang <i>et al.</i> (2004), Xiao-e (2005)
28	<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	timbaúva, tamboriú-da-mata	Fabaceae	nativa do Brasil, Uruguai, Argentina, Estados Unidos, África, Europa, Israel	apresentou tendência de armazenamento do cobre nas raízes e baixa translocação	Silva <i>et al.</i> (2011, 2016)

	(Vell.) Morong				para a parte aérea, demonstrou maior capacidade de tolerância à contaminação de cobre no solo	
29	<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.O.Grose	ipê-amarelo	Bignoniaceae	Brasil, Guiana	apresentou fator de bioconcentração na raiz, com potencial uso para a fitorremediação	Asensio <i>et al.</i> (2018)
30	<i>Helianthus annuus</i> L.	girassol	Asteraceae	América do Sul, Central e do Norte, Europa, Ásia	possui características importantes como a alta produção de fitomassa, fitoacumulação de cobre e uso postencial como biocombustível; se destacando em reduzir a concentração de cobre no solo	Tavares <i>et al.</i> (2013), Andreazza <i>et al.</i> (2014)
31	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	jatobá	Fabaceae	América do Sul e Central, África, França	apresentou fator de bioconcentração na raiz, com potencial uso para a fitorremediação	Asensio <i>et al.</i> (2018)
32	<i>Juncus effusus</i> L.	junco	Juncaceae	região sul da América do Sul, Estados Unidos, Europa, Oceania	acumula metais pesados nos brotos, especialmente Cd, Cu e Ni, foi considerada como hiperacumuladora e concentra grandes quantidades de metais em seu sistema radicular	Afonso <i>et al.</i> (2019)
33	<i>Lafoensia pacari</i> A.St.-Hil.	dedaleiro	Lythraceae	Paraná, São Paulo, Brasília	as mudas foram mais tolerantes à contaminação do solo e apresentam melhor qualidade em doses mais elevadas de cobre	Fortes-Silva <i>et al.</i> (2012)
34	<i>Lolium multiflorum</i> Lam	azevém	Poaceae	América do Sul, Estados Unidos, Europa	apresentou capacidade de acumulação de cobre, principalmente no sistema radicular, 198,6-289,1 mg kg ⁻¹	Widmer & Norgrove (2022)
35	<i>Mimosa caesalpiniiifolia</i>	sabiá, sansão-do-campo	Fabaceae	Brasil, Colômbia	apresentou fator de bioconcentração na raiz, sendo considerada uma	Asensio <i>et al.</i> (2018)

					hiperacumuladora de cobre	
36	<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	aroeira-do-sertão	Anacardiaceae	São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso, Pernambuco	apresentou fator de bioconcentração na raiz, sendo considerada uma hiperacumuladora de cobre	Asensio <i>et al.</i> (2018)
37	<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan	angico, gurucaia	Fabaceae	Minas Gerais, São Paulo, Rio Grande do Sul	demonstrou maior capacidade de tolerância à contaminação de cobre no solo	Silva <i>et al.</i> (2011)
38	<i>Paulownia tomentosa</i> (Thunb.) Steud.	paulownia-real	Paulowniaceae	Américas, Europa, Ásia, Oceania	apresentou capacidade de acumulação de cobre, principalmente no sistema radicular, 126,2-175,6 mg kg ⁻¹	Widmer & Norgrove (2022)
39	<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	canafistula	Fabaceae	Brasil, Uruguai, Argentina, Índia, Israel	apresentou tendência de armazenamento do cobre nas raízes e baixa translocação para a parte aérea	Silva <i>et al.</i> (2011)
40	<i>Plantago lanceolata</i> L.	língua-de-ovelha, tanchagem, banana-da-terra	Plantaginaceae	região sul da América do Sul, México, Estados Unidos, Canadá, Europa, Ásia, Austrália e Nova Zelândia	apresentou as maiores concentrações de cobre nos brotos (142mg kg ⁻¹), nas raízes (964 mg kg ⁻¹) e nas plantas inteiras (1.106 mg kg ⁻¹), possui características de alto hiperacumulador de cobre	Andreazza <i>et al.</i> (2015), Widmer & Norgrove (2022)
41	<i>Ricinus communis</i> L.	mamona	Euphorbiaceae	América do Sul, Central e do Norte, Europa, Ásia, África, Oceania	foi considerada uma espécie hiperacumuladora, acumulando concentrações maiores que 1.000 mg kg ⁻¹ de cobre em seus tecidos, com grande potencial para fitoextração; também foi observado que produz maior biomassa e é tolerante a altas concentrações de metais pesados	Widmer & Norgrove (2022)
42	<i>Salix nigra</i> Marshall	salgueiro-negro, chorão-negro	Salicaceae	Estados Unidos, Europa	resultados apontaram que, plantado em conjunto com Brassica napus L., a maior	Massenet <i>et al.</i> (2021)

					parte do cobre foi encontrada nas raízes, produzindo maior biomassa geral e a máxima estabilização e extração de cobre	
43	<i>Scariola orrientalis</i> (Boiss.) Soják	não identificado	Asteraceae	Ásia	foi considerada como altamente acumuladora de Cu, com concentração de 87.0 mg kg ⁻¹ DW	Malayeri <i>et al.</i> (2008)
44	<i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi	aroeira-vermelha	Anacardiaceae	Brasil, Paraguai, Uruguai, Argentina, Peru, República Dominicana, México, Estados Unidos, Europa, África, Ásia, Oceania	é tolerante a elevadas doses de cobre	Silva <i>et al.</i> (2011)
45	<i>Schizolobium amazonicum</i> Huber ex Ducke	paricá, guapuruvu, fideira	Fabaceae	Brasil, Colômbia, Costa Rica	apresentou aptidão para serem cultivadas no campo	Martins <i>et al.</i> (2022)
46	<i>Sorghum hirsutum</i> L.	sorgo	Poaceae	África, meio oeste da Índia e Borna, Austrália, América e sudeste da Europa	apresentou eficácia em fitoextrair os metais cobre e zinco	Tavares <i>et al.</i> (2013)
47	<i>Verbascum speciosum</i> Schrad.	vassoura-de-ouro, vara-de-rei	Scrophulariaceae	Estados Unidos, Europa	foi considerada como altamente acumuladora de Cu, com concentração de 40.0 mg kg ⁻¹ DW	Malayeri <i>et al.</i> (2008)
48	<i>Vicia sativa</i> L.	ervilhaca	Fabaceae	América do Sul e do Norte, Europa, Ásia, Oceania	apresentou capacidade de acumulação de cobre, principalmente no sistema radicular, 115,5 mg kg ⁻¹	Widmer & Norgrove (2022)
49	<i>Zantedeschia aethiopica</i> (L.) Spreng.	calla-lily, copo-de-leite	Araceae	origem no Egito, exótica na Colômbia, América do Sul, Central e do Norte, Europa, África, Ásia, Oceania	apresentou tolerância ao cultivo em solo com excesso de Cu porém, verificou-se que o incremento de Cu afetou negativamente o desenvolvimento típico, inclusive no florescimento	Menegaes <i>et al.</i> (2019, 2020)
50	<i>Zea mays</i> L.	milho	Poaceae	Américas, Europa, Ásia, Oceania	resultados apresentaram que as raízes	Tavares <i>et al.</i> (2013),

					acumularam níveis significativamente mais altos de Cu do que os brotos, também apresentou maior produção de biomassa seca e maior eficiência em translocar os metais cobre e zinco para a parte aérea	Zand & Mühling (2022)
51	<i>Brassica juncea</i> L.	mostarda-marrom	Brassicaceae	Europa, Estados Unidos, sul da África	hiperacumuladora de cobre	Apori <i>et al.</i> (2018)

Referência da coluna Distribuição observada atualmente: Pl@antNet, 2025.

A espécie *Helianthus annuus* L. (girassol), possui características importantes como a alta produção de fitomassa, fitoacumulação de cobre e uso potencial como biocombustível, se destacando em reduzir a concentração de cobre no solo (ANDREAZZA *et al.*, 2014; TAVARES *et al.*, 2013). Com relação às espécies que apresentam a característica de acumulação do cobre em sua estrutura, as plantas *Arundo donax* (Giant Reed) (canavieira) e *Elsholzia splendens* (planta-do-cobre), foram listadas com grande potencial (JIANG *et al.*, 2004; PRELAC *et al.*, 2016; XIAO-E, 2005).

Segundo Saleem *et al.* (2020), a espécie *Corchorus capsularis*, popularmente conhecida como juta-branca ou juta-indiana, é um espécie que apresenta características interessantes, é reconhecida pelos fitoterápicos, importante fonte de K, Ca, P e Fe, além de fonte de vitaminas A, C, E e proteína nas folhas, possui sistema pivotante profundo e é tolerante ao estresse salino, sendo empregada na fitorremediação de metais como cobre (Cu), cádmio (Cd), zinco (Zn), mercúrio (Hg) e chumbo (Pb). Outra espécie que apresenta um diferencial para a fitorremediação *Brachiaria decumbens* (capim-brachiaria), que foi empregada para a fitoextração de cobre em solos de vinícolas, apresentando capacidade de fitominação e fitoestabilização do cobre a partir da produção de biomassa da parte aérea e de raízes (APORI *et al.*, 2018).

A espécie *Zea mays* (milho) é utilizada para a alimentação, sendo encontrada principalmente no continente Americano, na Europa e na Ásia, apresentando maior produção de biomassa seca e maior eficiência em translocar os metais cobre e zinco para a parte aérea, demonstrando outro potencial para sua utilização (TAVARES *et al.*, 2013). Plantas comumente encontradas em diferentes regiões do Brasil, como a *Baccharis trimera* (carqueja) e a *Schizolobium amazonicum* (paricá), apresentaram elevada tolerância ao cobre e aptidão para serem cultivadas no campo, respectivamente (MARTINS *et al.*, 2022).

Entre as famílias de plantas observadas, as Fabaceae, parecem ser mais eficazes no acúmulo de cobre nos tecidos. As espécies pertencentes às famílias Poaceae, Asteraceae, Brassicaceae são candidatas para a realização da fitorremediação em solos contaminados por cobre, e é importante que sejam desenvolvidos mais estudos para que mais espécies sejam avaliadas em diferentes climas e condições. Os principais fatores para que os processos de fitorremediação sejam bem-sucedidos são a capacidade da planta conseguir se desenvolver sem grandes problemas em solos contaminados, bem como sua habilidade de concentrar o cobre nas partes aéreas da planta a partir da translocação do contaminante das raízes para que a biomassa seja produzida ao longo do seu desenvolvimento.

5.1 Distribuição de espécies fitorremediadoras pelo mundo

Com relação à distribuição das espécies fitorremediadoras de cobre pelo mundo, foi possível observar que as espécies destacadas pela metapesquisa estão distribuídas pelo mundo, tendo destaque para América do Sul, Europa, Ásia, América do Norte, África e Oceania, nesta ordem de frequência, tendo 10 países em destaque (Figura 3). Esse resultado apontou para locais de produção vegetal ou intensa mineração e atividades com elevado potencial contaminante em área continental. Nesses países, há maior interesse na execução de pesquisas e projetos buscando medidas mitigadoras dos impactos causados pela produção agrícola, mineração e descarte inadequado de resíduos.

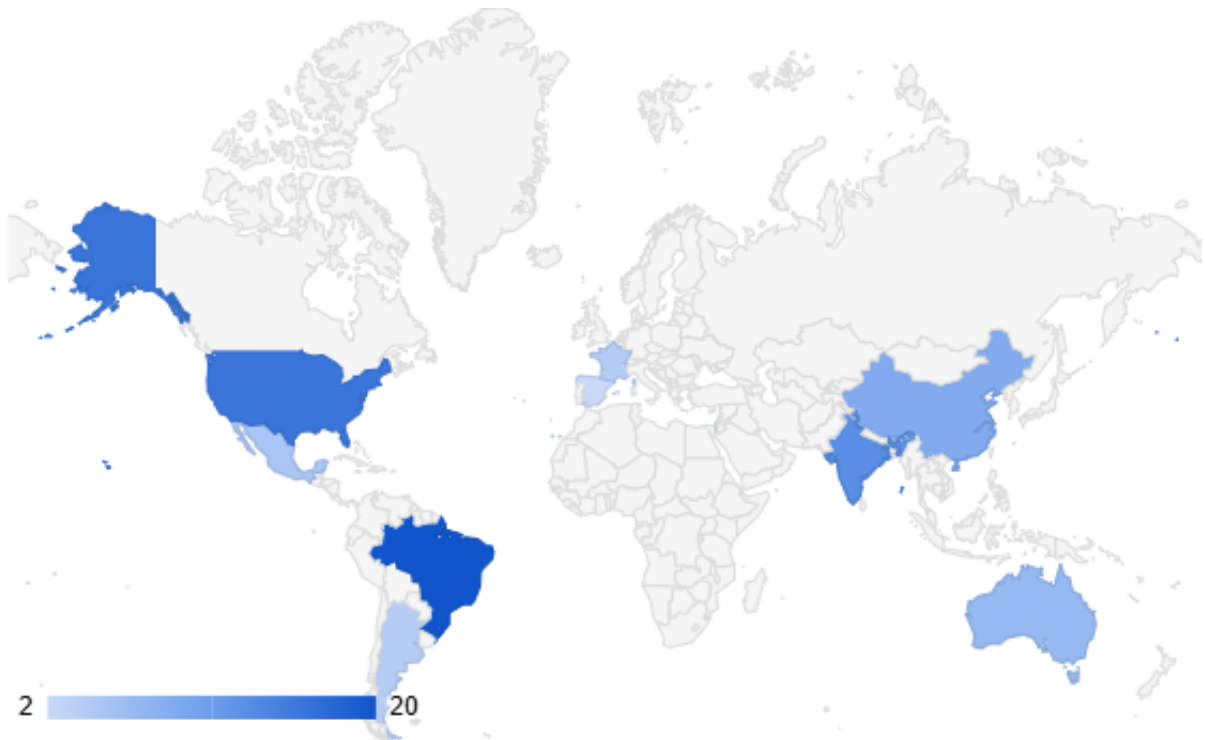


Figura 3. Distribuição das espécies eficientes para a fitorremediação do cobre no mundo.
Fonte: Autora (2025).

Entre os 10 países com maior ocorrência, fazemos destaque para o Brasil, que se apresenta como o país com maior diversidade de espécies observadas, especialmente nativas, seguido pelos Estados Unidos, que é caracterizado por ser um país com alta ocorrência de espécies invasoras e cultivadas, refletido em sua diversidade climática. A Índia ocupa o terceiro lugar, sendo caracterizada por apresentar espécies tropicais e subtropicais, incluindo cultivos agrícolas importantes. Em quarto lugar está a China, país com grande concentração de espécies nativas e cultivadas, especialmente nas regiões temperadas. Austrália fica em

quinto lugar no número de ocorrências, conhecida por sua flora única, mas também sendo composto por muitas espécies exóticas e invasoras.

Com relação ao Brasil, foram identificadas 14 espécies nativas que podem ser usadas para a fitorremediação com ampla distribuição no território, o que facilita sua aplicação e controle, visto que são espécies que já foram estudadas (Quadro 6). Dentre as espécies listadas, 9 são da família Fabaceae, representada pelas leguminosas.

Quadro 6. Espécies de plantas nativas do Brasil e sua distribuição. Fonte: Autora (2025).

ESPÉCIE	NOME POPULAR	DISTRIBUIÇÃO
<i>Schizolobium amazonicum</i> Huber <i>ex Ducke</i>	paricá	principalmente na Amazônia
<i>Baccharis trimera</i> (Less.) DC.	carqueja	sul e sudeste do Brasil, Pará, noroeste da Argentina, Uruguai
<i>Lafoensia pacari</i> A.St.-Hil.	dedaleiro	Paraná, São Paulo, Brasília
<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan	angico	Minas Gerais, São Paulo, Rio Grande do Sul
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	canafistula	Brasil, Uruguai, Argentina
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	timbaúva	nativa do Brasil, Uruguai, Argentina
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	cedro-rosa	Brasil, nordeste da Argentina, Bolívia, Colômbia, Costa Rica, Equador, Guiana Francesa, Panamá, Paraguai, Peru, Trinidad-Tobago, Uruguai, Venezuela
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	copaíba	Brasil, Índia
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	jatobá	América do Sul e Central, África, França
<i>Mimosa caesalpiniiifolia</i>	sabiá	Brasil, Colômbia
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	aroeira-do-sertão	São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso, Pernambuco
<i>Arachis pintoi</i> Krapov. & W.C.Greg.	amendoim-forrageiro	América do Sul e Central, Ásia, Oceania
<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.O.Grose	ipê-amarelo	Brasil, Guiana
<i>Cecropia</i> sp.	embaúba	norte do Brasil, Guiana

Os resultados demonstram que as espécies estudadas apresentam características relevantes para a fitorremediação de solos contaminados por cobre. Dentre as principais observações, destaca-se o ganho de matéria seca até a dose de 100 mg kg⁻¹ de cobre pela espécie *Cedrela fissilis* Vell. (cedro-rosa), indicando tolerância à contaminação e crescimento satisfatório em concentrações moderadas do metal (ASENSIO *et al.*, 2018; CAIRES *et al.*, 2011).

Além disso, as plantas exibiram fator de bioconcentração na raiz com baixa translocação para a parte aérea, o que reforça a capacidade das espécies em conter o metal na estrutura radicular, minimizando seus impactos no restante da planta. Essa característica é observada nas espécies de árvores *Copaifera langsdorffii* Desf. (copaíba), *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (timbaúba), *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.O.Grose (ipê-amarelo), *Hymenaea courbaril* L. (jatobá), *Mimosa caesalpiniiifolia* (sabiá), *Myracrodruon urundeuva* Allemão (aroeira-do-sertão) e *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. (canafístula), está associada à maior tolerância à contaminação do solo, principalmente em doses mais elevadas de cobre (ASENSIO *et al.*, 2018).

As mudas de paricá demonstraram aptidão para serem cultivadas no campo, sugerindo que essas espécies podem ser utilizadas em projetos de revegetação e recuperação de áreas degradadas por metais pesados (MARTINS *et al.*, 2022). Em conjunto, os dados evidenciam o potencial de uso dessas plantas para a fitorremediação no Brasil, destacando sua importância prática e ambiental.

6. CONCLUSÃO

A remediação de áreas contaminadas é uma proposta viável para o cumprimento de exigência legal frente à implantação de compensação ambiental. Ela se destaca nas demandas de recuperação de ecossistemas. A fitorremediação emerge como uma técnica de descontaminação ambiental *in situ* promissora, se apresentando como uma alternativa para a aplicação como uma medida de mitigação de impactos ambientais para ambientes contaminados por metais pesados. Apesar de demandar mais tempo e requerer monitoramento constante, além de eventual manejo agrícola — dada a natureza viva da tecnologia envolvida —, a fitorremediação destaca-se por seus diversos benefícios, mostrando-se uma abordagem tecnicamente viável.

Para sua correta aplicação, é fundamental considerar as características de cada espécie e suas necessidades para que consiga se instalar e desenvolver em ambientes contaminados, contribuindo assim para a recuperação ambiental e a prestação de serviços ecossistêmicos. No Brasil, essa técnica possui grande potencial de aplicação, devido às condições climáticas favoráveis e à vasta diversidade botânica existente. A riqueza de espécies de plantas apresentadas é um ponto positivo para a produção de mudas e aplicação de diferentes técnicas em climas distintos, possibilitando a execução da técnica em diferentes locais e escalas.

Esta pesquisa objetivou ampliar o uso da fitorremediação com base no método proposto, contribuindo para o melhoramento da agricultura, conservação de recursos naturais, qualidade de vida, indústria e inovação de acordo com os princípios norteadores dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, que destacam o solo como um recurso natural fundamental e não renovável que deve ser preservado para se alcançar a sustentabilidade a longo prazo. Dessa forma, dois objetivos foram essenciais para o desenvolvimento do trabalho, Vida Debaixo D'água (14) e Vida Sobre a Terra (15), que representam as áreas mais impactadas pelas atividades antrópicas que envolvem a produção, transformação, reciclagem ou descarte do cobre.

A pesquisa identificou espécies vegetais que apresentam características indicativas de potencial para fitorremediação de cobre. Além do levantamento de seu potencial fitorremediador, foram reunidas informações sobre as principais famílias vegetais e sua distribuição geográfica, com destaque para as espécies nativas do Brasil. Com base nas avaliações sobre os tipos de fitorremediação, sua dinâmica e a eficiência das espécies testadas em áreas contaminadas por cobre, foi construído um banco de dados que pode servir como

referência consultiva para projetos e pesquisadores interessados no uso dessa tecnologia sustentável.

Embora tenha sido possível avançar na elaboração de um banco de dados com espécies potencialmente aptas à fitorremediação de solos contaminados por cobre, o estudo também revelou importantes lacunas no conhecimento que podem orientar futuras pesquisas. Por exemplo, o levantamento sobre as técnicas disponíveis e seus objetivos específicos no contexto brasileiro, que é de suma importância para a escolha das estratégias mais adequadas conforme o tipo de ambiente. Outra questão importante refere-se às informações sobre o custo e tempo de resposta aos procedimentos, que é crucial para o planejamento e gestão de projetos com o uso de plantas, especialmente considerando possíveis taxas de perda de mudas ao longo do processo e as técnicas agrícolas necessárias para seu manejo. Investigar esses aspectos poderá contribuir significativamente para a difusão da técnica e descoberta de novas espécies aptas para esta atividade.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACCIOLY, A.M.A., SIQUEIRA, J.O. Contaminação química e biorremediação do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V.; V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. Tópicos em ciência do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v. 1. p. 299-352.
- AFONSO, T.F., DEMARCO, C.F., PIENIZ, S., QUADRO, M.S., CAMARGO, F.A.O., ANDREAZZA, R. Bioprospection of indigenous flora grown in copper mining tailing area for phytoremediation of metals . *Journal of Environmental Management*, v. 256, p. 109953, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109953>.
- ALMEIDA, F.S., GARRIDO, F.S.R.G., ALMEIDA, A.A. (2017) Avaliação de impactos ambientais: uma introdução ao tema com ênfase na atuação do Gestor Ambiental. *Diversidade e Gestão*, v. 1, p. 70-87, 2017.
- ALMEIDA, F.S. (Ed.) (2020) Impactos Ambientais de grandes empreendimentos no Brasil. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Autografia.
- ANDREAZZA, R., BORTOLON, L., PIENIZ, S., CAMARGO, F.A.O., BORTOLON, E.S.O. Copper phytoextraction and phytostabilization by *Brachiaria decumbens* Stapf. in vineyard soils and a copper mining waste. *Open Journal of Soil Science*, v. 3, n. 6, p. 247-256, 2013. DOI: <https://doi.org/10.4236/ojss.2013.36032>.
- ANDREAZZA, R., BORTOLON, L., PIENIZ, S., BARCELOS, A.A., QUADRO, M.S., CAMARGO, F.A.O. Phytoremediation of vineyard copper-contaminated soil and copper mining waste by a high potential bioenergy crop (*Helianthus annuus* L.). *Journal of Plant Nutrition*, v. 38, n. 10, p. 1547-1560, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1080/01904167.2014.962702>.
- ANDREAZZA, R., BORTOLON, L., PIENIZ, S., BENTO, F.M., CAMARGO, F.A.O. Evaluation of two Brazilian indigenous plants for phytostabilization and phytoremediation of copper-contaminated soils. *Brazilian Journal of Biology*, v. 75, n. 4, p. 900-907, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.01914>.
- ANSELMO, A.L.F., JONES, C.M. Fitorremediação de Solos Contaminados - O Estado da Arte. Porto Alegre: XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, ENEGEP, p. 5273-5280, 2005.
- ASENSIO, V., FLORIDO, F.G., RUÍZ, F., PERLATTI, F., OTERO, X.L., FERREIRA, T.O. Screening of native tropical trees for phytoremediation in copper-polluted soils . *International Journal of Phytoremediation*, v. 20, n. 14, p. 1451-1459, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1080/15226514.2018.1501341>.

APORI, O.S., HANYABUI, E., ASIAMAH, Y. J. 2018. Remediation Technology for Copper Contaminated Soil: A Review. Asian Soil Research Journal 1 (3):1-7. DOI: <https://doi.org/10.9734/asrj/2018/v1i326338>.

BALLABIO, C., PANAGOS, P., LUGATO, E., HUANG, J-H., ORGIAZZI, A., JONES, A., FERNÁNDEZ-UGALDE, O., BORRELLI, P., MONTANARELLA, L. Copper distribution in European topsoils: An assessment based on soil survey. Science of The Total Environment, v.636, p.282-298, 2018.

BARROSO, G.M., PEIXOTO, A.L., ICHASO, C.L.F., GUIMARÃES, E.F., COSTA, C.G. Sistemática de Angiospermas do Brasil - Volume 1. Editora UFV, p. 309, edição 2. 2007. ISBN: 9788572691278.

BRADY, N.C. Natureza e propriedades dos solos. Editora Freitas Bastos, 7a. Ed., 19., 1989. ISBN: 9780023165207.2w.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal, 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em 20 de janeiro de 2025.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 1º set. 1981. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm. Acesso em: 20 de janeiro de 2025.

BRASIL. Decreto nº 97.632, de 10 de abril de 1989. Promulga a Convenção sobre Diversidade Biológica. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 11 abr. 1989. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1989/D97632.htm. Acesso em: 20 de janeiro de 2025.

BRASIL. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 13 fev. 1998. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9605.htm. Acesso em: 20 de janeiro de 2025.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 28 maio 2012. Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 20 de janeiro de 2025.

BROOKS, R.R. (1998) Phytoremediation by volatilisation. In Brooks, R.R [Ed], Plants that Hyperaccumulate Heavy Metals, CAB International, Wallingford, p.289.

BUND, T., BOGGS, J.M., HARAUIZ, G., HELLMANN, N., HINDERBERGER, D. Copper uptake induces self-assembly of 18.5kDa Myelin Basic Protein (MBP). Biophysical Journal, v. 99, p. 3020-3028, 2010.

CAIRES, S.M., FONTES, M.P.F., FERNANDES, R.B.A., NEVES, J.C.L., FONTES, R.L.F. Desenvolvimento de mudas de cedro-rosa em solo contaminado com cobre: tolerância e potencial para fins de fitoestabilização do solo. Revista Árvore, Viçosa-MG, v.35, n.6, p.1181-1188, 2011.

CARL, M.A., JOHN K. (1997) - [17Epa] Recent Developments for In Situ Treatment of Metal Contaminated Soils, EPA, March, 1997, EPA 542R97004, 104 pp.

CETESB (2024). Definição - Qualidade do Solo. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/solo/#:~:text=O%20solo%20%C3%A9%20um%20meio,org%C3%A2nica%2C%20%C3%A1gua%20da%20zona%20n%C3%A3o> Acesso em 18 de outubro de 2024.

COBBETT, C. Heavy metals and plants – model systems and hyperaccumulators. New Phytologist, 159: 289-293, 2003. DOI: <https://doi-org.ez30.periodicos.capes.gov.br/10.1046/j.1469-8137.2003.00832.x>.

CUNNINGHAM, S.D., ANDERSON, T.A., SCHWAB, A.P. Phytoremediation of soils contaminated with organic pollutants. Adv. Agron., v. 56, p. 55-114, 1996.

DEL CLARO, G.R., ZANETTI, M.A., NETTO, A.S., VILELA, F.G., MELO, M.P., CORREA, L.B., FREITAS-JR., J.E. Efeito da suplementação de cobre e selênio na dieta de novilhos Brangus sobre o desempenho e fermentação ruminal; Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v.65, p.255-261, 2013.

EMBRAPA (2017). O solo é vivo e responsável pelos serviços ecossistêmicos necessários à vida. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/23945400/o-solo-e-vivo-e-responsavel-pe-los-servicos-ecossistemicos-necessarios-a-vida#:~:text=%E2%80%9CTodos%20os%20benef%C3%ADcios%20aportados%20pelo,outas%20esp%C3%A9cies%20animais%20e%20vegetais> Acesso em 20 de janeiro de 2025.

EMBRAPA (2025). Recuperação de áreas degradadas - Embrapa Agrobiologia. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agrobiologia/recuperacao-de-areas-degradadas>. Acesso em 20 de janeiro de 2025.

FEKIAKOVA, Z., CORNU, S., PICHAT. Tracing contamination sources in soils with Cu and Zn isotopic ratios. *Science of The Total Environment*, v.517, p.96-105, 2015.

FORTES-SILVA, R., SAIDELLES, F.L.F., KEMERICH, P.D.C., STEFFEN, R.B., SWAROWSKY, A., SILVA, A.S. Crescimento e qualidade de mudas de Timbó e Dedaleiro cultivadas em solo contaminado por cobre. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 16, n. 8, p. 903-909, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662012000800010>.

GLASS, D. J. (1998) The 1998 United States Market for Phytoremediation, D. Glass Associates, Needham, p.139.

GLIBOTA, N., GRANDE-BURGOS, M.J., GÁLVEZ, A., ORTEGA, E. Copper tolerance and antibiotic resistance in soil bacteria from olive tree agricultural fields routinely treated with copper compounds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2019. (10):4677-4685. DOI: 10.1002/jsfa.9708. Epub 2019 Apr 25. PMID: 30906996.

INSTITUTO ÁGUA E TERRA (2023). Projeto de Recuperação de Áreas Degradadas ou Alteradas - PRAD. Disponível em: <https://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Projeto-de-Recuperacao-de-Areas-Degradadas-ou-Alteradas-PRAD#:~:text=O%20Projeto%20de%20Recupera%C3%A7%C3%A3o%20de,prever%20cronograma%20de%20implanta%C3%A7%C3%A3o%20e>. Acesso em 20 de janeiro de 2025.

JACKS, N. A metapesquisa no âmbito dos estudos de recepção brasileiros: experiência em desenvolvimento. In: WOTTRICH, L., ROSÁRIO, N. M. *Experiências Metodológicas na Comunicação*. Livro em PDF - Editora Pimenta Cultural. 2022. DOI 10.31560/pimentacultural/2022.95514.

JIANG, L. Y., YANG, X.E., HE, Z.L. Growth response and phytoextraction of copper at different levels in soils by *Elsholtzia splendens*. *Chemosphere*, Volume 55, Issue 9, 2004, pages 1179-1187, ISSN 0045-6535. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2004.01.026>.

MALAYERI, B. E., CHEHREGANI, A., YOUSEFI, N., LORESTANI, B. Identification of the hyper accumulator plants in copper and iron mine in Iran. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, v.11, n.3, p.490-492, 2008. DOI: <https://doi.org/10.3923/pjbs.2008.490.492>.

MARTINS, E.C.B., SILVA, K.S., ARRUDA, A.G.R., COSTA, D.S., OLIVEIRA, A.K.D., OLIVEIRA, F.K.D. Produção de mudas de *Schizolobium amazonicum* em rejeito de

mineração de cobre e fertilizante orgânico. Educ. Ci. e Saúde, v. 9, n. 1, p. 1-19, (jan/jun)., 2022.

MASSENET, A., BONET, A., LAUR, J., LABRECQUE, M. Co-planting Brassica napus and Salix nigra as a phytomanagement alternative for copper contaminated soil. Chemosphere, v. 279, p.130517, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130517>.

MCGRATH, S.P. (1998) Phytoextraction for soil remediation. In Brooks, R. R [Ed], Plants that Hyperaccumulate Heavy Metals, CAB International, Wallingford, p.261.

MENDONÇA, A.T., SANTOS, C.C.A., MARQUES, R.F.P.V., OLIVEIRA, A.S., SANTOS, C.S. Potencial de remoção de cobre do solo por técnica de fitorremediação . Revista Brasileira de Ciências Ambientais, v.12, n.4, p.1-15, 2021. DOI: <https://doi.org/10.6008/cbpc2179-6858.2021.004.0040>.

MENEGAES, J. F., SWAROWSKY, A., BELLÉ, R.A., BACKES, F.A.A.L. Avaliação do potencial fitorremediador de cravina-chinesa cultivada em solo com excesso de cobre. Revista Brasileira de Ciências Ambientais, v.12, n.4, p.1353-1370, 2019. DOI: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2019v12n4p1353-1370>.

MENEGAES, J.F., SWAROWSKY, A., BELLÉ, R.A., BACKES, F.A.A.L. Desenvolvimento e potencial fitorremediador de espécies florícolas em resposta ao excesso de cobre no solo. Universidade Cesumar, v.13, n.3, p.1163-1183, 2020. DOI: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2020v13n3p1163-1183>.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (2025). Recuperação de Áreas Degradadas. Disponível:

<https://antigo.mma.gov.br/areas-protegidas/programas-e-projetos/item/8705-recupera%C3%A7%C3%A3o-de-%C3%A1reas-degradadas.html>. Acesso em 20 de janeiro de 2025.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (2009). PRODUTO 14 - MINÉRIO DE COBRE Relatório Técnico 23: Perfil da Mineração de Cobre. Disponível em: http://www.jmendo.com.br/wp-content/uploads/2011/08/P14_RT23_Perfil_da_Mineração_de_Cobre.pdf. Acesso em 20 de janeiro de 2025.

O GLOBO (2024). Mineradoras do Pará investem em infraestrutura e novos modelos de exploração para minimizar impacto ambiental da atividade. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/brasil/meio-ambiente/noticia/2024/02/29/mineradoras-do-para-investem-em-infraestrutura-e-novos-modelos-de-exploracao-para-minimizar-impacto-ambiental-da-atividade.ghtml> Acesso em 18 de outubro de 2024.

PANZIERA, A.G., SWAROWSKY, A., ESTEFANEL, V., GOMES, B.C.V. Potencial de fitoextração de cobre por aveia preta em área de vinhedos no Sul do Brasil. *Revista Engenharia na Agricultura*, v. 26, n. 6, p. 564-575, 2018. DOI: <https://doi.org/10.13083/reveng.v26i6.780>.

PL@NTNET (2025). Identifique, explore e compartilhe suas observações de plantas silvestres. Disponível em: <https://identify.plantnet.org/pt-br>.

PERKOVICH, B.S., ANDERSON, T.A., KRUGER, E.L., COATS, J.R. Enhanced mineralization of [¹⁴C] atrazine in *K. scoparia* rhizosferic soil from a pesticidecontaminated site. *Pestic. Sci.*, v. 46, p. 391-396, 1996.

PIRES, F.R., SOUZA, C.M., SILVA, A.A., PROCÓPIO, S.O., FERREIRA, L.R. (2003) Fitorremediação de solos Contaminados com Herbicidas. *Planta Daninha*, Viçosa-MG, v.21, n.2, p.335-341, 2003.

POMPÊO, M.L.M. (1996) Hidroponia e as macrófitas aquáticas. *Anais Sem. Reg. Ecol.*, São Carlos, SP, 8: 73-80.

PRELAC, M., BILANDŽIJA, N., ZGORELEC, Ž. The phytoremediation potential of heavy metals from soil using Poaceae energy crops: A review. *Journal of Central European Agriculture*, v. 17, n. 3, p. 901-916, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5513/JCEA01/17.3.1789>.

RIBEIRO, M.A.C. Contaminação do solo por metais pesados. 2013. Disponível em: <https://recil.ulusofofona.pt/server/api/core/bitstreams/13d24d7a-5d0f-4814-9813-051bda5dc9a3/content>. Acesso em 20 de janeiro de 2025.

SÁNCHEZ-CASTRO, I., MOLINA, L., PRIETO-FERNÁNDEZ, M.Á., SEGURA A. Past, present and future trends in the remediation of heavy-metal contaminated soil - Remediation techniques applied in real soil-contamination events. *Heliyon*. maio27; 9(6):e16692. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e16692. PMID: 37484356; PMCID: PMC10360604, 2023.

SANTANA, N.A., MORALES, C.A.S., JACQUES, R.J.S. (2020) Estratégias biológicas na fitorremediação do cobre. *Simplicio*.

SANTIAGO-MARTÍN, A., VAQUERO, C., VALVERDE-ASENJO, I., QUINTANA, J.R., GONZÁLEZ, C., LAFUENTE, A.L., DE LA CUEVA, A.V. Impact of vineyard abandonment and natural recolonization on metal content and availability in Mediterranean soils. *Science of The Total Environment*, v.551, p.57-65, 2016.

SHUTCHA, M.N., FAUCON, M.P., KISSI, K., COLINET, G., MAHY, G., LUHEMBWE, M.N., VISSER, M., MEERTS, P. Three years of phytostabilization experiment of bare acidic

soil extremely contaminated by copper smelting using plant biodiversity of metal-rich soils in tropical Africa (Katanga, DR Congo). *Ecological Engineering*, v.82, p.81-90, 2015.

SILVA, R.F. da, ROS, C.O. da, DELLAI, A., GROLLI, A.L., SHAID, D.L., VIEL, P. Interferência de doses de cobre no crescimento e na qualidade de mudas de *Bauhinia forficata* Link, *Pterogyne nitens* Tul E *Enterolobium contortisiliquum* Vell. *Ciência Florestal*, [S. l.], v. 26, n. 2, p. 647–655, 2016. DOI: 10.5902/1980509822764.

SILVA, R.F., SAIDELLES, F.L.F., SILVA, A.S., BOLZAN, J.S. Influência da contaminação do solo por cobre no crescimento e qualidade de mudas de açoita-cavalo (*Luehea divaricata* Mart. & Zucc.) e aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius* Raddi). *Ciência Florestal*, v. 21, n. 1, p. 147-156, 2011. DOI: <https://doi.org/10.5902/198050982753>.

SILVA, R.F. da, LUPATINI, M., ANTONIOLLI, Z.I., LEAL, L.T., MORO, C.A. Comportamento de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub., *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan e *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong cultivadas em solo contaminado com cobre. 2011. Universidade Federal de Santa Maria; Volume: 21; Issue: 1 Linguagem: Português. ISSN: 1980-5098. DOI: 10.5902/198050982752.

SILVA, G.M., OLIVEIRA, I. do N., FERNANDES, M.C. de C., GARRIDO, F. de S.R.G. Physicochemical patterns of copper toxicity in *Allium cepa* roots. *Research, Society and Development*, [S. l.], v. 11, n. 14, p. e327111436285, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i14.36285.

SINGH, P., PANI, A. (2023). A Review on Removal of Heavy Metals from Contaminated Soils by Phytoremediation. In: Muthukkumaran, K., Rathod, D., Sujatha, E.R., Muthukumar, M. (eds) *Transportation and Environmental Geotechnics. IGC 2021. Lecture Notes in Civil Engineering*, vol 298. Springer, Singapore. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-19-6774-0_19.

SALEEM, M.H., REHMAN, M., KAMRAN, M., AFZAL, J., NOUSHAGI, H.A., LIU, L. Investigating the potential of different jute varieties for phytoremediation of copper-contaminated soil. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 27, n. 24, p. 30521-30532, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09232-y>.

TAVARES, S.R.L., OLIVEIRA, S.A., SALGADO, C.la Maciel. Avaliação de espécies vegetais na fitorremediação de solos contaminados por metais pesados. *Holos*, [S. l.], v. 5, p. 80–97, 2013. DOI: 10.15628/holos.2013.1852.

UFSC (2023) Materioteca Sustentável - Cobre. Disponível em: <https://materioteca.paginas.ufsc.br/cobre/> Acessado em 02 de abril de 2023.

VASSAR, M.P.B., OLIVEIRA, W.R.M. de, GARRIDO, F. de S.R.G., ALMEIDA, F.S. de. Deficiências constatadas em estudos e relatórios de impacto ambiental no estado do Rio de Janeiro. *Caderno Pedagógico*, [S. l.], v. 21, n. 5, p. e4106, 2024. DOI: 10.54033/cadpedv21n5-028.

VASSAR, M.P.B., GARRIDO, F.S.R.G. Espécies eficientes para a fitorremediação em áreas contaminadas por metais pesados. In: SEMINÁRIO DE BIOQUÍMICA, 1., 2024. Anais do ENEPE, p.103. Presidente Prudente: Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE. Disponível em: <https://www.unoeste.br/encontros/2024/xxixenepe/anais>.

VANZETTO, G.V. Plantas que descontaminam o solo, 2025. Disponível em: <https://www.gmaxgenetica.com.br/gmax/informativos/plantas-que-descontaminam-o-solo/> Acesso em 05 de março de 2025.

VYALOV, V.I., GAMOV, M.I., NASTAVKIN, A.V. Transition of Valuable Metals from Primorye Brown Coals into the Products of Their Energy Technological Use. *Solid Fuel Chemistry* 56.5: 323-29, 2022.

WIDMER, J., NORRGROVE, L. Identifying candidates for the phytoremediation of copper in viticultural soils: A systematic review. *Environmental Research*, v. 216, p. 114518, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.114518>.

WOTTRICH, L., ROSÁRIO, N. M. Experiências Metodológicas na Comunicação. Livro em PDF - Editora Pimenta Cultural. 2022. DOI: 10.31560/pimentacultural/2022.95514.

XIAO-E, Y. Research progress on phytoremediation of copper contaminated soil by *Elsholtzia* plants. *Journal of Soil and Water Conservation*, v. 5, n. 1, p. 1-8, 2005. ISSN 1941-3300.

YRUELA I. Copper in plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, v.17, n.2, p.154-156, 2005.

ZAND, A.D., MÜHLING, K.H. Phytoremediation capability and copper uptake of maize (*Zea mays* L.) in copper contaminated soils. *Pollutants*, v. 2, n. 1, p. 97-110, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/pollutants2010007>.

ZANCHETA, A.C.F., ABREU, C.A. de, ZAMBROSI, F.C.B., ERISMANN, N. de M., LAGÔA, A.M.M.A. Fitoextração de cobre por espécies de plantas cultivadas em solução nutritiva. *Bragantia*, Campinas, v. 70, n. 4, 2011. DOI: 10.1590/s0006-87052011000400002. ISSN 1678-4499.

ZHANG, J., TIAN, X., CHEN, W., GENG, Y., WILSON, J. Measuring environmental impacts from primary and secondary copper production under the upgraded technologies in key Chinese enterprises. *Environmental Impact Assessment Review* 96: 1-9, 2022.

APÊNDICE - Levantamento de trabalhos científicos para a seleção de espécies eficientes para a fitorremediação do cobre

Nº	INFORMAÇÕES SOBRE A PUBLICAÇÃO	AUTORES	RESUMO	ELEGIBILIDADE
1	<p>Remediation Technology for Copper Contaminated Soil: A Review</p> <p>2018; Linguagem: Inglês</p> <p>10.9734/asrj/2018/v1i326338</p> <p>ISSN 2582-3973</p>	<p>O. S. Apori, Emmanuel Hanyabui, Y. J. Asiamah</p>	<p>Copper is a naturally occurring trace element present in all environmental media, including soil, sediment, air and water. It is an essential micronutrient critical for cell function, playing a vital role in processes. Copper contamination to agricultural soils is of great concern due to its wide and continuous use in agriculture and horticulture as fertilizers and fungicide. Copper contaminated soil is mainly attributed to agriculture activities such as continuous application of copper-based fungicides and pesticides application. A minireview was carried out using peer-reviewed articles published from 2000 to 2017, which methods of remediating copper soil. The AGORA and Google Scholar databases were used to conduct the search for articles using the terms copper and phytoremediation, Copper and Biological remediation, Copper and soil washing OR physical methods. Following these searches, 19 journal articles out of a total of 191 articles satisfied criteria for inclusion and were used in the final systematic review. The study showed that remediation technology for copper contaminated soil is divided into physical, chemical and biological categories. Physical methods are laborious and costly but can be applied to highly contaminated site; chemical methods have high efficiency and effective to remove the</p>	<p>ELEGÍVEL</p>

			copper, but mostly popularized in a large scale; bioremediation methods including phytoremediation and microbial remediation are appropriate for large areas of soil contaminated by low concentrations of copper. The bioremediation methods are economical, eco-friendly but time consuming.	
2	<p>The phytoremediation potential of heavy metals from soil using Poaceae energy crops: A review 2016; University of Zagreb, Faculty of Agriculture; Volume: 17; Issue: 3 Linguagem: Inglês</p> <p>10.5513/jcea01/17.3.1789</p> <p>ISSN 1332-9049</p>	<p>Melissa Prelac, Nikola Bilandžija, Željka Zgorelec</p>	<p>Phytoremediation is a method that use plants which can remove or stabilize pollutants in the environment. The aim of the polluted area remediation is to return ecosystems into original condition. Phytoremediation is a green technology used for a wide range of pollutants as well as on various lands, low costs and reduced environment impacts. Energy crops are relatively new in this field of researches and insufficiently explored. However, the results so far show their potential in heavy metal removal. The aim of this research was to examine the available literature and determine the phytoremediation potential of cadmium, chromium, copper, lead, mercury, nickel and zinc from the soil using <i>Arundo donax</i>, <i>Miscanthus x giganteus</i>, <i>Panicum virgatum</i>, <i>Pennisetum purpureum</i>, <i>Sida hermaphrodita</i> and <i>Sorghum x drummondii</i>. According to the researches conditions, studied energy crops are recommended in heavy metals phytoextraction, rhizofiltration, stabilization and accumulation. Still, those plants accumulate higher concentrations of heavy metals in the rhizosphere which makes them heavy metals excluders since heavy metals are not translocated into the plants' shoot system and favorable in the implementation of rhizofiltration as well.</p>	ELEGÍVEL

3	<p>Jute: A Potential Candidate for Phytoremediation of Metals—A Review</p> <p>2020; Multidisciplinary Digital Publishing Institute; Volume: 9; Issue: 2 Linguagem: Inglês</p> <p>10.3390/plants9020258</p> <p>ISSN 2223-7747</p>	<p>Muhammad Hamzah Saleem, Shafaqat Ali, Muzammal Rehman, Mirza Hasanuzzaman, Muhammad Rizwan, Sana Irshad, Fahad Shafiq, Muhammad Iqbal, Basmah M. Alharbi, Taghreed S. Alnusaire, Sameer H. Qari</p>	<p>Jute (<i>Corchorus capsularis</i>) is a widely cultivated fibrous species with important physiological characteristics including biomass, a deep rooting system, and tolerance to metal stress. Furthermore, <i>Corchorus</i> species are indigenous leafy vegetables and show phytoremediation potential for different heavy metals. This species has been used for the phytoremediation of different toxic pollutants such as copper (Cu), cadmium (Cd), zinc (Zn), mercury (Hg) and lead (Pb). The current literature highlights the physiological and morphological characteristics of jute that are useful to achieve successful phytoremediation of different pollutants. The accumulation of these toxic heavy metals in agricultural regions initiates concerns regarding food safety and reductions in plant productivity and crop yield. We discuss some innovative approaches to increase jute phytoremediation using different chelating agents. There is a need to remediate soils contaminated with toxic substances, and phytoremediation is a cheap, effective, and in situ alternative, and jute can be used for this purpose.</p>	INELEGÍVEL
---	--	--	--	------------

4	<p>A Comprehensive Review of <i>C. capsularis</i> and <i>C. olitorius</i>: A Source of Nutrition, Essential Phytoconstituents and Pharmacological Activities. <i>Antioxidants</i> 2022, 11, 1358. https://doi.org/10.3390/antiox11071358</p>	<p>Biswas, A.; Dey, S.; Huang, S.; Deng, Y.; Birhanie, Z.M.; Zhang, J.; Akhter, D.; Liu, L.; Li, D.</p>	<p>Plant bioactive compounds have gained global significance in terms of both medicinal and economic ramifications due to being easily accessible and are believed to be effective with fewer side effects. Growing relevant clinical and scientific evidence has become an important criterion for accepting traditional health claims of medicinal plants and also supports the traditional uses of <i>Corchorus</i> as folk medicine. <i>C. capsularis</i> and <i>C. olitorius</i> have broad applications ranging from textile to biocomposite, and young leaves and shoots are used as healthy vegetables and have long been used as traditional remedies for fever, ascites, algesia, liver disorders, piles, and tumors in many cultures. This review systematically summarized and emphasized the nutritional attributes, mostly available bioactive compounds, and biological and potential pharmaceutical properties of <i>C. capsularis</i> and <i>C. olitorius</i>, disclosed to users and non-users. Results suggest that various phytochemicals such as cardiac glycosides, phenols, flavonoids, sterols, lipids, and fatty acids were found or analytically identified in different plant parts (leaf, stem, seed, and root), and many of them are responsible for pharmacological properties and their antitumor, anticancer, antioxidant, antinociceptive, anti-inflammatory, analgesic, antipyretic, antiviral, antibacterial, anticonvulsant, antidiabetic and antiobesity, and cardiovascular properties help to prevent and cure many chronic diseases. In addition to their use in traditional food and medicine,</p>	<p>INELEGÍVEL</p>
---	---	---	---	-------------------

			<p>their leaves have also been developed for skin care products, and some other possible uses are described. From this review, it is clear that the isolated compounds of both species have great potential to prevent and treat various diseases and be used as functional foods. In conclusion, this comprehensive review establishes a significant reference base for future research into various medical and functional food applications. Keywords: Corchorous capsularis; Corchorous olitorius; bioactive compound; traditional uses; biological activities</p>	
5	<p>Submarine Tailings in Chile—A Review</p> <p>2021; Multidisciplinary Digital Publishing Institute; Volume: 11; Issue: 5 Linguagem: Inglês</p> <p>10.3390/met11050780</p> <p>ISSN</p> <p>2075-4701</p>	<p>Freddy Rodríguez,</p> <p>Claudio Moraga,</p> <p>Jonathan Castillo,</p> <p>Edelmira D. Gálvez,</p> <p>Pedro Robles, Norman Toro</p>	<p>This review aims to understand the environmental impact that tailings produce on the land and marine ecosystem. Issues related to flora, fauna, and the environment are revised. In the first instance, the origin of the treatment and disposal of marine mining waste in Chile and other countries is studied. The importance of tailings' valuable elements is analyzed through mineralogy, chemical composition, and oceanographic interactions. Several tailings' treatments seek to recover valuable minerals and mitigate environmental impacts through leaching, bioleaching, and flotation methods. The analysis was complemented with the particular legislative framework for every country, highlighting those with formal regulations for the disposal of tailings in a marine environment. The available registry on flora and fauna affected by the discharge of toxic metals is explored. As a study case, the “Playa Verde” project is detailed, which recovers copper</p>	INELEGÍVEL

			from marine tailings, and uses phytoremediation to neutralize toxic metals. Countries must regularize the disposal of marine tailings due to the significant impact on the marine ecosystem. The implementation of new technologies is necessary to recover valuable elements and reduce mining waste.	
6	Prospecting for hyperaccumulators of trace elements: a review 2014; Taylor & Francis; Volume: 35; Issue: 4 Linguagem: Inglês 10.3109/07388551.2014.922525 ISSN 1549-7801	Karina Krzciuk, Agnieszka Gałuszka	Specific plant species that can take up and accumulate abnormally high concentrations of elements in their aboveground tissues are referred to as "hyperaccumulators". The use of this term is justified in the case of enormous element-binding capacity of plants growing in their natural habitats and showing no toxicity symptoms. An increasing interest in the study of hyperaccumulators results from their potential applications in environmental biotechnology (phytoremediation, phytomining) and their emerging role in nanotechnology. The highest number of plant species with confirmed hyperaccumulative properties has been reported for hyperaccumulators of nickel, cadmium, zinc, manganese, arsenic and selenium. More limited data exist for plants accumulating other elements, including common pollutants (chromium, lead and boron) or elements of commercial value, such as copper, gold and rare earth elements. Different approaches have been used for the study of hyperaccumulators – geobotanical, chemical, biochemical and genetic. The chemical approach is the most important in screening for new hyperaccumulators. This article	INELEGÍVEL

			presents and critically reviews current trends in new hyperaccumulator research, emphasizing analytical methodology that is applied in identification of new hyperaccumulators of trace elements and its future perspectives.	
7	<p>A review of soil pollution by potentially toxic elements and remediation strategies in copper mining areas in Iran</p> <p>2024; Springer Science+Business Media; Linguagem: Inglês</p> <p>10.1007/s13762-024-05800-8</p> <p>ISSN 1735-2630</p>	<p>Abdulmannan Rouhani, Michal Hejzman, Josef Trögl</p>	<p>With a substantial rise in both domestic and worldwide copper mining rates over the past decade, Iran has become a major producer of copper in the Middle East. The increasing need for copper-based products in a variety of industries, including as information technology, electronics, transportation, and construction, is driving this rise. However, the expansion of copper mining activities has led to environmental degradation, particularly in mining sites where potentially hazardous elements (PTEs) have contaminated the soil. Despite these significant environmental impacts, they have often been overlooked, posing long-term environmental challenges as copper extraction continues. This research extensively reviews the literature (from 2000 to 2023) on soil contamination in Iran's copper mining districts, focusing on PTEs. It evaluates the extent of potentially hazardous elements' pollution in soils, comparing findings with global data, and explores remediation strategies employed in these regions. Results suggest that studies predominantly center around the Sarcheshmeh copper mine, highlighting copper, lead, and molybdenum as dominant PTE pollutants. Phytoremediation emerges as the primary remediation method used in these</p>	INELEGÍVEL

			<p>areas, indicating Iran's sustainable approach to addressing potentially hazardous elements' contamination. This review recommends comprehensive monitoring of PTEs across all Iranian copper mines and further exploration of native plant species that successfully grow and stabilize potentially hazardous elements grow in copper mining areas remediation.</p>	
8	<p>Advances in fungal-assisted phytoremediation of heavy metals: A review</p> <p>2021; Elsevier BV; Volume: 31; Issue: 3 Linguagem: Inglês</p> <p>10.1016/s1002-0160(20)60091-1</p> <p>ISSN 2210-5107</p>	<p>Khalid Muhammad, Saeed UR-RAHMAN, Danial Hassani, Kashif Hayat, Pei Zhou, Nan Hui</p>	<p>Trace metals such as manganese (Mn), copper (Cu), zinc (Zn), and iron (Fe) are essential for many biological processes in plant life cycles. However, in excess, they can be toxic and disrupt plant growth processes, which is economically undesirable for crop production. For this reason, processes such as homeostasis and transport control of these trace metals are of constant interest to scientists studying heavily contaminated habitats. Phytoremediation is a promising cleanup technology for soils polluted with heavy metals. However, this technique has some disadvantages, such as the slow growth rate of metal-accumulating plant species, low bioavailability of heavy metals, and long duration of remediation. Microbial-assisted phytoremediation is a promising strategy for hyperaccumulating, detoxifying, or remediating soil contaminants. Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) are found in association with almost all plants, contributing to their healthy performance and providing resistance against environmental stresses. They colonize plant roots and extend their hyphae to the</p>	INELEGÍVEL

			rhizosphere region, assisting in mineral nutrient uptake and regulation of heavy metal acquisition. Endophytic fungi exist in every healthy plant tissue and provide enormous services to their host plants, including growth enhancement by nutrient acquisition, detoxification of heavy metals, secondary metabolite regulation, and enhancement of abiotic/biotic stress tolerance. The aim of the present work is to review the recent literature regarding the role of AMF and endophytic fungi in plant heavy metal tolerance in terms of its regulation in highly contaminated conditions.	
9	<p>Comparing A Review of Heavy Metal Uptake and Their Toxicity on Plant and Human Health</p> <p>2019; Volume: 9; Issue: 3</p> <p>Linguagem: Inglês</p> <p>ISSN</p> <p>2231-4490</p>	<p>Mario Soliman, Shobha Potlakayala, Daniele Millar, H. A. Weeden, Daniel Bogush, Michihito Deguchi, Sairam Rudrabhatla</p>	<p>Heavy metal contamination in soil has become increasingly problematic in many regions around the world where anthropogenic pressures are high and is the leading cause for lost agricultural yield. A plant's requirement of basic micronutrients for growth and development is relatively small, however natural soils contain non-essential – often toxic – elements. Despite a plant's root cell selective membrane, much of the undesired elements found in natural soils can be detected in plant tissues. Some of the most common toxic elements to plants include Cadmium (Cd), Arsenic (As), Lead (Pb) and Mercury (Hg). Although plants do require essential micronutrients for development such as Copper (Cu), Nickel (Ni), and Zinc (Zn), excessive amounts can still be toxic for plants. Heavy metal contamination in natural soils has adverse effects on plants and even more serious effects on humans. As such, phytoremediation of contaminated soils</p>	INELEGÍVEL

			has become increasingly important and calls for a better understanding of plant heavy metal uptake and detoxification mechanisms. In this review, we provide a concise overview plant metal uptake transporters and detoxification mechanisms. In this review, we provide a concise overview of plant metal uptake transporters and detoxification mechanisms.	
10	<p>Mycoremediation of Potentially Toxic Trace Elements—a Biological Tool for Soil Cleanup: A Review</p> <p>2017; Elsevier BV; Volume: 27; Issue: 2 Linguagem: Inglês</p> <p>10.1016/s1002-0160(17)60311-4</p> <p>ISSN 2210-5107</p>	<p>Amjad Ali, Di Guo, Amanullah Mahar, Ping Wang, Feng Shen, Ronghua Li, Zengqiang Zhang</p>	<p>Anthropogenic and geogenic activities release potentially toxic trace elements (PTEs) that impact human health and the environment. Increasing environmental pollution stresses the need for environmentally friendly remediation technologies. Physico-chemical treatments are effective, but are costly and generate secondary pollution on- or off-site. Phytoremediation is a biological treatment that provides positive results for PTE eradication with few limitations. Mycoremediation, a type of bioremediation to use macrofungi (mushrooms) for PTE extraction from polluted sites, is the best option for soil cleanup. This review highlights the scope, mechanisms, and potentials of mycoremediation. Mushrooms produce a variety of extracellular enzymes that degrade polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), polychlorinated biphenyls (PCBs), pesticides, dyes, and petroleum hydrocarbons into simpler compounds. Cadmium (Cd), lead (Pb), mercury (Hg), chromium (Cr), copper (Cu), zinc (Zn), and iron (Fe) have been effectively extracted by <i>Phellinus badius</i>, <i>Amanita spissa</i>, <i>Lactarius piperatus</i>, <i>Suillus grevillei</i>, <i>Agaricus bisporous</i>, <i>Tricholoma terreum</i>, and</p>	INELEGÍVEL

			<p>Fomes fomentarius, respectively. Mycoremediation is affected by environmental and genetic factors, such as pH, substrate, mycelium age, enzyme type, and ecology. The bioaccumulation factor (BAF) can make clear the effectiveness of a mushroom for the extraction of PTEs from the substrate. Higher BAF values of Cd (4.34), Pb (2.75), Cu (9), and Hg (95) have been reported for Amanita muscaria, Hypholoma fasciculare, Russula foetens, and Boletus pinophilus, respectively, demonstrating their effectiveness and suitability for mycoremediation of PTEs.</p>	
11	<p>Environmental impact and bioremediation of seleniferous soils and sediments</p> <p>2018; Taylor & Francis; Volume: 38; Issue: 6 Linguagem: Inglês</p> <p>10.1080/07388551.2017.1420623</p> <p>ISSN 1549-7801</p>	<p>Shrutika Laxmikant Wadgaonkar, Y.V. Nancharaiah, Giovanni Esposito, Piet N.L. Lens</p>	<p>Selenium concentrations in the soil environment are directly linked to its transfer in the food chain, eventually causing either deficiency or toxicity associated with several physiological dysfunctions in animals and humans. Selenium bioavailability depends on its speciation in the soil environment, which is mainly influenced by the prevailing pH, redox potential, and organic matter content of the soil. The selenium cycle in the environment is primarily mediated through chemical and biological selenium transformations. Interactions of selenium with microorganisms and plants in the soil environment have been studied in order to understand the underlying interplay of selenium conversions and to develop environmental technologies for efficient bioremediation of seleniferous soils. In situ approaches such as phytoremediation, soil amendment with organic matter and biovolatilization are promising for remediation of seleniferous soils. Ex</p>	INELEGÍVEL

			<p>situ remediation of contaminated soils by soil washing with benign leaching agents is widely considered for removing heavy metal pollutants. However, it has not been applied until now for remediation of seleniferous soils. Washing of seleniferous soils with benign leaching agents and further treatment of Se-bearing leachates in bioreactors through microbial reduction will be advantageous as it is aimed at removal as well as recovery of selenium for potential re-use for agricultural and industrial applications. This review summarizes the impact of selenium deficiency and toxicity on ecosystems in selenium deficient and seleniferous regions across the globe, and recent research in the field of bioremediation of seleniferous soils.</p>	
12	<p>Effect of Bio-Sorptive Removal of Heavy Metals from Hydroponic Solution: A Review</p> <p>2024; Springer Nature;</p> <p>Linguagem: Inglês</p> <p>10.1007/978-3-031-53258-0_12</p> <p>ISSN</p> <p>2364-6934</p>	<p>Noorullah Khan, Baby Tabassum, Mohammad Hashim, Ahmad Fariz Hasan</p>	<p>Heavy metal removal from polluted hydroponic solutions is a key challenge in contemporary agriculture. Due to its affordability and ecological consciousness, bio-sorption, a biotechnological technique, has gained interest as an effective heavy metal expulsion technique. The study presents the findings of several investigations about various bio-sorbents for heavy metal removal in hydroponic systems, including bacteria, fungus, algae, and plant-based materials. It emphasizes bio-sorption mechanisms such as adsorption, chelation, ion exchange, and phytoremediation, which aid in binding heavy metals to the bio-sorbent surface. The review also goes through the variables influencing bio-sorption effectiveness, including pH, temperature, contact duration, and metal level. It has shown remarkable</p>	INELEGÍVEL

			removal efficiency for different heavy metals from hydroponic solutions, including lead, cadmium, copper, arsenic, chromium, and nickel. Furthermore, bio-sorption is an appealing choice for heavy metal removal in hydroponic systems because of its low cost, convenience of use, and environmental sustainability. Furthermore, the possibility of bio-sorbent regeneration, reusability, and the long-term impacts of bio-sorption on plant development and soil health should be investigated. Finally, bio-sorptive heavy metal removal from hydroponic solutions appears to be a potential technique for controlling heavy metal pollution in agricultural systems. The assessment's outcomes indicate that biosorption can be a successful and sustainable technology for heavy metal removal in hydroponic systems, but additional study is required to improve the procedure and investigate its long-term effects.	
13	A Review on Removal of Heavy Metals from Contaminated Soils by Phytoremediation 2022; Springer Nature; Linguagem: Inglês 10.1007/978-981-19-6774-0_19	Pratyasha Singh, Aparupa Pani	Industrialization has undoubtedly made our lives easier, but it has come at a price, the most serious of which is environmental degradation. Heavy metal accumulation is one of the most prime factors to the soil pollution globally. Heavy metal contamination that has led to the pollution of soil is becoming a global issue. A long-term solution to alleviate heavy metal contamination is extremely important. Among all the methods phytoremediation is a low cost, eco-friendly, and aesthetically pleasing. Phytoremediation is one of the most environmentally friendly methods for reclaiming, revegetating,	ELEGÍVEL

	ISSN 2366-2557		remediating, and restoring heavy metal-contaminated landscapes. A number of researchers are now proposing the cultivation of aromatic plants such as lemongrass (<i>Cymbopogon citratus</i>) in such areas as it fulfills the purpose of phytoremediation while also providing financial benefits due to its variety of uses in medicinal and other purposes such as mosquito repellent. The phytoremedial capacity of lemongrass was investigated in a pot experiment using different industrial by-products such as fly ash. Factors such as metal tolerance index (MTI), growth toxicity index (GTI), bioaccumulation factor (BAF), translocation factor (TF) were studied. Lemongrass appears to be a possible phytoextractor for heavy metals like mercury, lead, copper, chromium, nickel, cadmium, and arsenic, according to our research. Because of its increased biomass and metal absorbing capability, lemongrass seemed to be the best plant species among all the types studied.	
14	Pharmacognostical Properties and Medicinal Uses of <i>Broussonetia papyrifera</i> (Moraceae): A Review 2022; Linguagem: Inglês 10.47583/ijpsrr.2022.v74i01.017	Kamyadeep Verma, Deep Prakash, Vivek Srivastava, Jyotsana Dwivedi, Subhash Verma	<i>Broussonetia papyrifera</i> also known as paper mulberry is native to Asia including China, Japan, India, and Burma belonging to the family Moraceae. It grows up to a height of 20 m and a diameter of 70 cm in sub-tropical regions at an elevation of 1600 m. The plant is dioecious, and leaves are papery which vary in shape and are alternate, acuminate, dentate with oblique bases having a dimension of 9.7 x 6.6 cm. The fruit is reddish, fleshy, 1-2 cm long, and drupe. It is mainly used for making the fine quality bark cloth, decoction, and edible fruit. It is medicinally used as an	INELEGÍVEL

	ISSN 0976-044X		<p>astringent, diuretic, diaphoretic, laxative, and stomachic and possesses antimicrobial, antifungal, antioxidant, anti-inflammatory, and antinociceptive activity. It is also used for animal feed, fodder, forage, shade, shelter, fuelwood, and ornamental use. It contains various phytoconstituents including minerals like calcium, iron, magnesium, potassium, phosphorus, zinc, manganese, copper, lead, mercury, and vitamins like vitamin E, B1, B2, B5, B6, C, beta carotene, fatty acids, and amino acids like aspartate, threonine, glutamate, glycine, leucine, isoleucine, valine, tyrosine, and apigenin, luteolin, flavone, ficustriol, icaraside, and flavones. The plant grows well at a temperature between 15 to 28°C, annual rainfall of 800 to 2500 mm, and pH of 5 to 7.5. Species are highly invasive, cause of aeroallergen but useful in phytoremediation.</p>	
15	<p>A review on heavy metal pollution, toxicity in agricultural soil and remedial measures</p> <p>2021; IJARIE; Volume: 7; Issue: 1</p> <p>Linguagem: Inglês</p> <p>ISSN 2395-4396</p>	Atanu Mahanty	<p>Soil heavy metals (some metals and metalloids possessing biological toxicity, such as lead, chromium, arsenic, zinc, cadmium, copper, mercury and nickel) pollution has become a worldwide environmental issue that has attracted significant public attention, mainly from the rising concern for the security of agricultural products. Soils are receiving terrific amount of pollutants from the various sources and these heavy metal contamination in agricultural soil may impart functional disorders of soils, retarded plant growth and even harm the health of soil organisms and humans through contamination of food chain. These heavy metals or metalloids do not</p>	INELEGÍVEL

			<p>undergo chemical and biological degradation and remaining in the soil for longer duration and enter the agro- ecosystem through natural process and anthropogenic activities. Among the remediation using physical, chemical and biological methods, Phytoremediation has proven to be a promising demonstrated available technology to conventional approaches to solve the problem due to its cost effectiveness, aesthetically pleasing and environmental friendly nature. However further comprehensive multidisciplinary researches integrating with biotechnological approaches are needed to improve plant tolerance and minimizing the accumulation of toxic metals in soils. Remediation of heavy metal contaminated soils is necessary to reduce the associated risks, make the land resources available for agricultural production, scale down land tenure problems and enhance food security. This review emphasizes on the sources of heavy metals in soil and remediation technologies involved in their removal from the soil.</p>	
16	<p>AVALIAÇÃO DE ESPÉCIES VEGETAIS NA FITORREMEDIAÇÃO DE SOLOS CONTAMINADOS POR METAIS PESADOS</p> <p>HOLOS, vol. 5, 2013, pp. 80-97</p>	<p>S. R. L. TAVARES; S. A. OLIVEIRA & C. M. SALGADO</p>	<p>O presente trabalho teve por objetivo avaliar o comportamento de diferentes espécies vegetais cultivadas em solo contaminado por metais pesados. Para a realização do experimento em casa de vegetação coletou-se um solo que corresponde a um aterramento de Argissolo Vermelho-Amarelo proveniente de uma área industrial (resíduo de lodo galvânico) no estado do Rio de Janeiro. Esse solo teve suas propriedades químicas e físicas determinadas. Por um período de 50 dias foram cultivadas as espécies de algodão, milho,</p>	ELEGÍVEL

	http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=481548607008 ISSN 1518-1634		<p>sorgo, girassol e mucuna nesse solo contaminado. Transcorrido o período de plantio, avaliou-se a produção de massa seca da parte aérea, colmo e sistema radicular de cada espécie estudada, assim como, os teores de metais pesados absorvido nesses diferentes compartimentos. Os teores pseudo-totais (extração por água-régia) e biodisponíveis (extração por solução de DTPA e Mehlich-1) dos metais pesados presentes no solo foram determinados antes e após o plantio das espécies. O delineamento estatístico utilizado no estudo foi inteiramente casualizado, com quatro repetições para cada espécie investigada. Os resultados indicaram que as espécies apresentaram comportamento bem diferenciado quanto à produção de biomassa, absorção e translocação dos metais para parte aérea. O girassol destacou-se em relação às demais espécies em reduzir concentração do metal cobre no solo, embora mais estudos devam ser realizados, visando aumentar a produção de biomassa e a translocação dos metais pesados para parte aérea desta espécie.</p>	
--	--	--	--	--

17	<p>QUEIROZ, Aristides Costa De. Fitorremediação de solo contaminado por chumbo utilizando espécies metalófitas. Anais do V CONAPESC... Campina Grande: Realize Editora, 2020.</p> <p>https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/72726</p> <p>ISSN 2525-6696</p>	Aristides Costa e Queiroz	<p>A disposição inadequada de rejeitos e pilhas de estéril no solo torna a atividade mineradora e de processamento do chumbo, com alto potencial de contaminação e degradação ambiental. Quando o teor de chumbo no solo atinge valores de concentração elevados, acima do qual são prejudiciais para manter a qualidade natural do solo e capaz de provocar efeitos tóxicos para as plantas, seres vivos e ao ecossistema, torna-se essencial intervir e utilizar técnicas de remediação para descontaminar os solos de sítios contaminados. A fitorremediação é um processo biológico que utiliza plantas metalófitas, que são tolerantes a níveis elevados de metais, associados à microbiota, ao uso de amenizantes do solo e práticas agronômicas, para remediar um sítio. Este trabalho é uma revisão de literatura que avaliou o potencial de fitorremediação 04 espécies vegetais metalófitas: capim vetiver (<i>Vetiveria zizanioides</i>), feijão de porco (<i>Canavalia ensiformis</i> L.), girassol (<i>Helianthus annuus</i> L.) e mamona (<i>Ricinus communis</i>) de serem utilizadas em programas de fitorremediação do solo contaminado por chumbo (Pb), correlacionando fatores ambientais e agronômicos que condicionam a viabilidade do processo. O cultivo das espécies metalófitas catalogadas foi realizado em solos provenientes de sítios contaminados por chumbo. Entre as espécies catalogadas, o feijão de porco obteve o melhor resultado para fitorremediação solo contaminado com altas concentrações chumbo e por</p>	INELEGÍVEL
----	--	---------------------------	---	------------

			multimetais. Em ordem decrescente as espécies catalogadas que obtiveram os melhores resultados para fitorremediação foram o feijão de porco, o capim vetiver, o girassol e a mamona.	
18	<p>LINDINO, C. A.; TOMCZAK, A. P.; GONÇALVES JUNIOR, A. C. Fitorremediação de solos utilizando <i>Crotalaria spectabilis</i> para remoção de cádmio e chumbo. <i>Scientia Agraria Paranaensis</i>, [S. l.], v. 11, n. 4, p. 25–32, 2013. DOI: 10.18188/sap.v11i4.5720.</p> <p>https://e-revista.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/5720. Acesso em: 3 out. 2024.</p> <p>DOI https://doi.org/10.18188/sap.v11i4.5720</p>	<p>Cleber Antonio Lindino</p> <p>Ana Paula Tomczak</p> <p>Affonso Celso</p> <p>Gonçalves Junior</p>	<p>A fitorremediação é uma importante técnica usada na descontaminação de solos e águas, sendo utilizada na remoção, contenção e redução de metais pesados e compostos orgânicos. Este trabalho teve o objetivo de avaliar a eficiência de <i>Crotalaria spectabilis</i> na fitorremediação de solos contaminados com os metais pesados tóxicos Cd (cádmio) e Pb (chumbo). O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, sendo cinco doses com quatro repetições. Os tratamentos utilizados foram controle, nível de prevenção Cd 1,3 mg kg⁻¹, nível de intervenção Cd 3,0 mg kg⁻¹, nível de prevenção Pb 72 mg kg⁻¹ e nível de intervenção Pb 180 mg kg⁻¹. As plantas foram mantidas em solo por 90 dias e a quantificação das concentrações dos metais Pb e Cd na biomassa seca foi realizada por espectrometria de absorção atômica na modalidade “chama”. As plantas tiveram alta taxa de sobrevivência em solo contaminado com Cd e Pb com reduções no crescimento e na produção de biomassa seca. As plantas submetidas aos tratamentos com chumbo apresentaram teor desse metal na parte aérea da planta. Para o metal Cd, não foram detectadas concentrações na biomassa seca.</p>	INELEGÍVEL

19	<p>Fitoextração de cobre por espécies de plantas cultivadas em solução nutritiva</p> <p>2011; INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS; Volume: 70; Issue: 4</p> <p>Linguagem: Português</p> <p>10.1590/s0006-87052011000400002</p> <p>ISSN 1678-4499</p>	<p>Ariana Carramaschi Francato Zancheta, Cleide Aparecida de Abreu, Fernando César Bachiega Zambrosi, Norma de Magalhães Erismann, Ana Maria Magalhães Andrade Lagôa</p>	<p>Dentre as tecnologias para remediação de solos contaminados, destaca-se a fitoextração. Uma etapa importante nesta estratégia é a seleção de plantas adequadas para áreas que necessitam de recuperação. O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial fitoextrator de cobre (Cu) por plantas de sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>), milheto (<i>Pennisetum glaucum</i>), crotalária (<i>Crotalaria juncea</i>) e feijão-de-porco (<i>Canavalia ensiformis</i>). O delineamento experimental foi em blocos ao acaso e os tratamentos foram constituídos de quatro concentrações de Cu (0,8; 3,9; 19,7 e 98,4 $\mu\text{mol L}^{-1}$) na solução nutritiva. Após 30 dias do início dos tratamentos, foram realizadas medidas de trocas gasosas em folhas completamente expandidas. Em seguida, as plantas foram coletadas, separadas em parte aérea e sistema radicular para avaliação de crescimento e acúmulo de Cu. O tratamento com 98,4 $\mu\text{mol L}^{-1}$ de Cu na solução nutritiva inibiu marcadamente o acúmulo de massa seca da parte aérea das raízes das plantas. A condutância estomática, transpiração e assimilação de CO_2 não foram alteradas até o tratamento com 19,7 $\mu\text{mol L}^{-1}$ de Cu. O teor e acúmulo de Cu nas plantas foram proporcionais à adição do metal na solução nutritiva, porém, foram muito mais elevados no sistema radicular do que na parte aérea. O acúmulo preferencial de Cu nas raízes, embora diminua o transporte para a parte aérea e contribua para a tolerância das plantas ao metal, é limitante para o emprego da fitoextração. O feijão-de-porco teve maior concentração,</p>	ELEGÍVEL
----	---	--	--	----------

			acúmulo e transporte de Cu para a parte aérea, sendo uma espécie com potencial para ser utilizada em programas de fitorremediação de Cu.	
20	<p><i>Erythrina crista-galli</i> L. e turfa na fitorremediação de cobre no solo</p> <p>2021; UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA; Volume: 31; Issue: 1 Linguagem: Português</p> <p>10.5902/1980509818914</p> <p>ISSN 1980-5098</p>	<p>Rudinei De Marco, Rodrigo Ferreira da Silva, Evandro Luiz Missio, Clóvis Orlando Da Ros, Andre Luís Grolli, Patrícia Viel</p>	<p>A fitorremediação é uma técnica que utiliza plantas, associada ou não com amenizantes de solo para descontaminar áreas contaminadas. O objetivo do trabalho foi avaliar o uso de turfa e <i>Erythrina crista-galli</i> na fitorremediação de solo contaminado com cobre. O trabalho foi desenvolvido em casa de vegetação por 120 dias, utilizando o delineamento experimental inteiramente casualizado, com seis repetições, em arranjo fatorial (2 x 6): com ausência e presença de turfa (200 mL L⁻¹ de solo) e seis doses de cobre no solo (0, 60, 120, 180, 240, 300 mg kg⁻¹). Os parâmetros avaliados foram: altura das mudas, diâmetro do colo, massa seca radicular e aérea, teores e quantidade acumulada de cobre no sistema radicular e parte aérea, índices de qualidade de Dickson, de tolerância e de translocação. Os resultados evidenciaram que a adição de turfa estimulou o crescimento das mudas de <i>Erythrina crista-galli</i>, porém não agiu como amenizante da contaminação do solo com o cobre. A <i>Erythrina crista-galli</i> apresentou baixo potencial fitoextrator de cobre.</p>	INELEGÍVEL

21	<p>Potencial de remoção de cobre do solo por técnica de fitorremediação</p> <p>2021; Escola Superior de Sustentabilidade; Volume: 12; Issue: 4 Linguagem: Português</p> <p>10.6008/cbpc2179-6858.2021.004.0040</p> <p>ISSN 2179-6858</p>	<p>Alexandre Tourino Mendonça, Caio César Andrade dos Santos, Rosângela Francisca de Paula Vítor Marques, Alisson Souza de Oliveira, Claudimir Silva Santos</p>	<p>A contaminação por cobre está relacionada com rejeitos de mineração e a agricultura sendo que um dos contaminantes é o fungicida sulfato de cobre. A fitorremediação tornou-se uma possibilidade muito viável, com baixo custo de implantação e resultados satisfatórios. E neste processo são utilizadas espécies vegetais na recuperação de ambientes contaminados. Este trabalho objetivou: a verificação da eficiência das espécies vegetais <i>Chrysopogon zizanioides</i> e <i>Cyperus rotundus</i> na absorção de cobre; a redução da quantidade de cobre no solo tratado; o tempo necessário para o efeito das plantas na redução da concentração de cobre, e analisou parâmetros físicos e químicos do solo tratado. O experimento foi realizado em três blocos inteiramente casualizados, com diferentes concentrações, com base nos valores orientadores de qualidade, prevenção e intervenção estabelecidos pela CETESB. Foram coletadas amostras, de solo, raízes e partes aéreas das plantas, e estatisticamente, foram catalogados os resultados de eficácia do tratamento.</p>	ELEGÍVEL
----	--	---	---	----------

22	<p>INTERFERÊNCIA DE DOSES DE COBRE NO CRESCIMENTO E NA QUALIDADE DE MUDAS DE <i>Bauhinia forficata</i> Link, <i>Pterogyne nitens</i> Tul E <i>Enterolobium contortisiliquum</i> Vell.</p> <p>2016; UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA; Volume: 26; Issue: 2 Linguagem: Português</p> <p>10.5902/1980509822764</p> <p>ISSN 1980-5098</p>	<p>Rodrigo Ferreira da Silva, Clóvis Orlando Da Ros, Alex Dellai, Andre Luís Grolli, Douglas Leandro Shaid, Patrícia Viel</p>	<p>O cobre é um elemento essencial às plantas, mas quando presente em altas concentrações no solo pode se tornar tóxico ao metabolismo vegetal. Uma das estratégias para reabilitação de áreas contaminadas por metais é a fitorremediação, que consiste na introdução de espécies vegetais no solo contaminado. O trabalho objetivou avaliar a interferência de doses crescentes de cobre aplicadas ao solo no crescimento e na qualidade de mudas de <i>Bauhinia forficata</i> Link, <i>Pterogyne nitens</i> Tul e <i>Enterolobium contortisiliquum</i> Vell. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no delineamento inteiramente casualizado, com oito repetições, em arranjo fatorial (3 x 6), sendo três espécies florestais e seis doses de cobre no solo (0, 60, 120, 180, 240 e 300 mg kg⁻¹). Foram avaliados os parâmetros: altura, diâmetro de colo, massa seca aérea, massa seca radicular, área superficial específica e índice de qualidade de Dickson. Os resultados evidenciaram que as mudas de timbaúva são mais tolerantes do que as de pata-de-vaca e carne-de-vaca e apresentam melhor qualidade de mudas em doses mais elevadas de cobre. As doses de cobre reduzem com maior intensidade a altura de plantas, massa seca da parte aérea e raízes, área superficial específica e o índice de qualidade de Dickson das mudas de <i>Bauhinia forficata</i> Link e <i>Pterogyne nitens</i> Tul em relação à <i>Enterolobium contortisiliquum</i> Vell. As mudas de timbaúva toleram maiores doses de cobre no solo em relação à pata-de-vaca e à carne-de-vaca.</p>	ELEGÍVEL
----	--	---	---	----------

23	<p>AVALIAÇÃO DE ESPÉCIES VEGETAIS NA FITORREMEDIAÇÃO DE SOLOS CONTAMINADOS POR METAIS PESADOS</p> <p>2013; INSTITUTO FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE; Volume: 5; Linguagem: Português</p> <p>10.15628/holos.2013.1852</p> <p>ISSN 1807-1600</p>	<p>Sílvio Tavares, Shirlei Aparecida de Oliveira, Carla Maciel Salgado</p>	<p>O presente trabalho teve por objetivo avaliar o comportamento de diferentes espécies vegetais cultivadas em solo contaminado por metais pesados. Para a realização do experimento em casa de vegetação coletou-se um solo que corresponde a um aterramento de Argissolo Vermelho-Amarelo proveniente de uma área industrial (resíduo de lodo galvânico) no estado do Rio de Janeiro. Esse solo teve suas propriedades químicas e físicas determinadas. Por um período de 50 dias foram cultivadas as espécies de algodão, milho, sorgo, girassol e mucuna nesse solo contaminado. Transcorrido o período de plantio, avaliou-se a produção de massa seca da parte aérea, colmo e sistema radicular de cada espécie estudada, assim como, os teores de metais pesados absorvido nesses diferentes compartimentos. Os teores pseudo-totais (extração por água-régia) e biodisponíveis (extração por solução de DTPA e Mehlich-1) dos metais pesados presentes no solo foram determinados antes e após o plantio das espécies. O delineamento estatístico utilizado no estudo foi inteiramente casualizado, com quatro repetições para cada espécie investigada. Os resultados indicaram que as espécies apresentaram comportamento bem diferenciado quanto à produção de biomassa, absorção e translocação dos metais para parte aérea. O girassol destacou-se em relação às demais espécies em reduzir a concentração do metal cobre no solo, embora mais estudos devam ser realizados, visando</p>	INELEGÍVEL
----	--	--	---	------------

			aumentar a produção de biomassa e a translocação dos metais pesados para parte aérea desta espécie.	
24	Desenvolvimento e potencial fitorremediador de espécies florícolas em resposta ao excesso de cobre no solo 2020; UNIVERSIDADE CESUMAR; Volume: 13; Issue: 3 Linguagem: Português 10.17765/2176-9168.2020v13n3p1163-1183 ISSN 2176-9168	Janine Farias Menegaes, Alexandre Swarowsky, Rogério Antônio Bellé, Fernanda Alice Antonello Londero Backes	A contaminação de Cu (cobre) no solo é um problema recorrente, sobretudo em áreas vitivinícolas e, na tentativa de amenizar os efeitos nocivos desse elemento no solo, a utilização da técnica de fitorremediação tem apresentado resultados positivos. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento vegetativo e o potencial fitorremediador utilizando diferentes espécies de flores (calla-lily, cravina-de-jardim e crisântemo) em resposta ao excesso de Cu no solo, buscando uma agricultura de baixo impacto ambiental. O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, em esquema 3x4 (flores: calla-lily, cravina-de-jardim e crisântemo e doses de Cu no solo: zero (sem adição), 250, 500 e 750 mg kg ⁻¹), com cinco repetições, em casa de vegetação. O solo utilizado foi coletado em área vitivinícola do município de Pinto Bandeira (RS), com 75 anos de cultivo, apresentando alto teor de Cu no solo. Observou-se que as três espécies florícolas apresentam tolerância ao cultivo em solo com excesso de Cu, contudo, verificou-se que o incremento de Cu no solo afetou negativamente o desenvolvimento típico das espécies de calla-lily e crisântemo, inclusive no florescimento. E, que nas mesmas condições, a cravina-de-jardim demonstrou-se com boas aptidões	ELEGÍVEL

			fitorremediativas, com exuberante florescimento e sem indícios de fitotoxidez, sendo esta promissora à fitorremediação do solo.	
25	<p>AVALIAÇÃO DO FUNCIONAMENTO DE UM SISTEMA DE BIORRETENÇÃO ATRAVÉS DA FITORREMEDIAÇÃO PARA JARDINS DE CHUVA EM ÁREAS URBANAS</p> <p>2021; Centro Científico Knowing; Volume: 18; Issue: 37 Linguagem: Português</p> <p>ISSN 2317-2606</p>	<p>Sandra Wagner Cardoso, Décio Cardoso, Hitomi Mukai</p>	<p>A biorretencao e uma especie de bolsao para coletar, armazenar, filtrar e infiltrar o escoamento de aguas pluviais urbanas. Esse sistema se tornou popular em muitas partes do mundo, mas ate este estudo nao foram implantadas no Brasil como uma pratica comum. Entretanto, existem alguns prototipos instalados em determinadas universidades do Brasil, que podem fornecer dados de desempenho tanto qualitativo, tanto quantitativo do referido sistema. A presente pesquisa abordou uma tecnica de biorretencao atraves da fitorremediacao para jardins de chuva em areas urbanas, onde visa minimizar os efeitos negativos causados pelos alagamentos e inundacoes, aliado ao uso de plantas para ajudar a diminuir a poluicao de metais pesados encontrados na agua, com enfase na eficiencia de remocao dos poluentes Cadmio (Cd), Chumbo (Pb), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Fluoreto (F), Mercurio (Hg) e Zinco (Zn). Ainda foi proposto uma revisao da literatura sobre jardins de chuva, biorretencao em areas urbanas e fitorremediacao. O objetivo principal deste trabalho foi realizar uma analise fisico-quimico em laboratorio tendo como parâmetro a resolucao do CONAMA 357/05 da qualidade da agua, apos essa, passar pelo prototipo/sistema de biorretencao com a fitorremediacao com a especie vegetal Alocasia Macrorhiza popularmente conhecida como</p>	INELEGÍVEL

		<p>Orelha-de-elefante, a qual tem característica de absorção desses metais. Para isso foram realizadas três análises em períodos diferentes do ano, primeira em dezembro 2020, a segunda março 2021 e a terceira em maio 2021, a coleta foi feita em três pontos diferentes da água superficial do lago municipal Paulo Gorski em Cascavel-Pr. Os procedimentos de métodos utilizados pelo laboratório e o analítico com base no Standard methods for the examination of water and wastewater, American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) e Water Environment Federation (WEF). Os resultados das análises laboratoriais mostraram resultados percentuais significativos com relação à redução de poluentes Ferro (Fe) em até 97,73% e Zinco (Zn) em 97,38%. Dessa forma, a fitorremediação aliada com a biorretenção apresentou bom desempenho na retenção de poluentes. Com isso, notou-se os benefícios ambientais que contribuem de modo significativo, não somente para a mitigação dos diversos efeitos decorrentes do processo de urbanização, mas como estratégia para assegurar qualidade ambiental em espaços urbanos.</p>	
--	--	--	--

26	<p>Um novo sistema para micropropagação de <i>Baccharis trimera</i> tolerante ao cobre: conversão do ápice radicular em ápice vegetativo</p> <p>2007; Sociedade Brasileira de Floricultura e Plantas Ornamentais; Volume: 13; Linguagem: Português</p> <p>10.14295/oh.v13i0.1627</p> <p>ISSN 2447-536X</p>	<p>Regina Ramos Termignoni, R. L.M. Weber, Maria Luiza Porto</p>	<p><i>Baccharis trimera</i> e uma espécie da família Asteraceae com alta tolerância ao cobre tendo desenvolvido um ecotipo altamente adaptado as condições ambientais da Mina Volta Grande, em Lavras do Sul (RS) (Dal Piva, 2001). A multiplicação de indivíduos com estas características torna-se interessante, uma vez que um aumento do número de plantas deste ecotipo, altamente resistente a metais presentes nos dejetos da Mina, pode resultar no desenvolvimento de tecnologias visando a fitorremediação de áreas degradadas pela presença de metais pesados. A germinação in vitro de sementes coletadas de indivíduos desenvolvidos na área da Mina Volta Grande, em meio MS-62 suplementado com AIA (0,02 mg. l⁻¹) e BAP (0,5 mg.l⁻¹) mostrou, 20 dias após o início da germinação, embriões com uma parada no desenvolvimento da extremidade radicular, um intumescimento do extremo apical e a posterior formação de um calo com a regeneração de gemas vegetativas, bem abaixo da coifa. A medida que ocorre o desenvolvimento das gemas a partir deste calo, ocorre uma perda do gravitropismo pela plântula em desenvolvimento, estabelecendo-se ainda, na extremidade oposta ao ápice radicular, agora alterado, uma multiplicação intensa das gemas axilares, que fazem parte da parte aérea da plântula ao longo de seu eixo. No final de 30 dias após a germinação, formam-se plântulas com duas extremidades vegetativas, sendo a extremidade radicular transformada em vegetativa, decorrente da neo-organogênese estabelecida</p>	INELEGÍVEL
----	--	--	--	------------

			no apice radicular, e a outra, a extremidade aerea, vegetativa, original na planta, apresentando gemas axilares com uma intensa multiplicacao. As gemas neoformadas apresentam uma alta taxa de multiplicacao e quando subcultivadas em meio MS-62 sem reguladores de crescimento, enraizam facilmente. Este sistema apresentado aqui e uma boa alternativa para a micropropagacao de genotipos de Baccharis trimera que se destacam pela elevada tolerância ao cobre, uma vez que cada semente germinada pode ser multiplicada in vitro por, no minimo, 100 a 150 vezes, por cultura primaria, resultando em 100 a 150 individuos com possivel expressao fenotipica muito semelhante, ao que se refere a tolerância ao cobre.	
27	Desenvolvimento de mudas de cedro-rosa em solo contaminado com cobre: tolerância e potencial para fins de fitoestabilização do solo 2011; Sociedade de Investigações Florestais; Volume: 35; Issue: 6 Linguagem: Português 10.1590/s0100-67622011000700004	Sandro Marcelo de Caires, Maurício Paulo Ferreira Fontes, Raphael Bragança Alves Fernandes, Júlio César Lima Neves, Renildes Lúcio Ferreira Fontes	A contaminação do solo é frequentemente associada às atividades agrícolas, industriais e de mineração, bem como à reutilização de resíduos urbanos e, ou, de origem animal. Tais atividades podem promover o acúmulo de metais pesados no solo, elementos potencialmente nocivos à qualidade ambiental e ao bem-estar dos seres vivos. A fitorremediação é uma tecnologia de recuperação de áreas degradadas que visa à descontaminação do solo. Pela sua maior produção de biomassa, as espécies florestais são capazes de imobilizar e exportar para fora de qualquer sistema, através de sua biomassa, maiores quantidades de elementos químicos presentes no solo. Nesse contexto, este trabalho objetivou avaliar o desenvolvimento do cedro-rosa em solo contaminado com metais pesados. Muda dessa árvore	ELEGÍVEL

	ISSN 1806-9088		foram cultivadas em casa de vegetação, em solo contaminado com Cu (0, 60, 80, 100, 500 mg kg ⁻¹), e, ao final de 105 dias, características das plantas e do solo foram analisadas. O cedro-rosa apresentou ganho de matéria seca até a dose de 100 mg kg ⁻¹ de Cu, seguido de decréscimo no desenvolvimento vegetal nas doses maiores. Foi verificada maior partição de matéria seca para a raiz em detrimento da parte aérea. Os teores de Cu na planta responderam positivamente às doses aplicadas no solo. O fator de bioconcentração da raiz obtido sugere que o cedro-rosa possui acúmulo de Cu na raiz, o que permite indicar tal espécie como promissora para fins de fitoestabilização de solos contaminados.	
28	Confection of ceramic bricks with biomass contaminated by copper incorporation 2015; Editora Unicentro; Volume: 11; Issue: 1 Linguagem: Português 10.5935/ambiencia.2015.01.02 ISSN	Sônia Barbosa de Lima, Débora Cristina de Souza, Felipe Pereira de Albuquerque	A fitorremediação por macrófitas aquáticas é uma técnica que vem sendo largamente estudada e tem mostrado resultados bastante satisfatórios. Esse processo gera, entretanto, grande quantidade de biomassa. Essa biomassa, quando contaminada por metais pesados, não pode ser descartada no meio ambiente. Assim, este trabalho analisou a viabilidade de reaproveitamento de biomassa de Pontederia parviflora na confecção de blocos cerâmicos. Para tanto, uma solução com concentração de 1.000 mg/L de cobre foi tratada por P. parviflora, por um período de 5 dias. As concentrações de cobre foram determinadas antes e após o período de tratamento. Corpos de prova de massa argilosa foram confeccionados com 5% e 10% de biomassa vegetal contaminada. A qualidade dos blocos foram analisadas conforme os	INELEGÍVEL

	2175-9405		principais testes descritos na literatura. O índice de remoção de cobre da solução, ao final do experimento, foi superior a 96% e o aumento da concentração desse metal na biomassa vegetal superou os 1.200%. Os resultados experimentais dos parâmetros analisados foram totalmente satisfeitos para todos os corpos de prova (CP) confeccionados com adição de 5% e, para a maioria dos CP que continham 10% foram satisfatórios, conforme determinações do IPT (1985), NBR 7170 (ABNT, 1983) e NBR 7171 (ABNT, 1992). Assim, afirma-se que o fitotratamento de efluentes contaminados com cobre por <i>P. parviflora</i> e o reaproveitamento de sua biomassa na confecção de blocos cerâmicos são viáveis.	
29	Phytoremediation of copper in <i>Pínus taeda</i> seedlings inoculated with ectomycorrhizal fungi 2017; UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO; Volume: 10; Issue: 3 Linguagem: Português 10.5935/1984-2295.20170045	Roger Francisco Ferreira de Campos, Leyza Paloschi de Oliveira, Bianca Schveitzer	A fitorremediação é um processo essencial para a adaptação das plantas em área com excesso de metais pesados e xenobióticos, entre os mecanismos da fitorremediação a fitoestimulação consiste na associação de microrganismos com plantas, compondo um dos principais mecanismos de recuperação de áreas degradadas. Portanto, objetivou-se com esse trabalho avaliar a interação da fitoestimulação das mudas de <i>Pínus taeda</i> associadas com os fungos ectomicorrízicos através da absorção de micro e macronutrientes. As mudas de <i>P. taeda</i> foram inoculadas com os fungos ectomicorrízicos UFSC-36 (<i>Cenococcum geophilum</i> Fr.), UFSC-Rh72 (<i>Rhizopogon</i> sp.) e UFSC-Su103 (<i>Suillus cothurnatus</i> Sing.), submetida a diferentes concentrações de cobre, sob condições de viveiro. As mudas de <i>P. taeda</i> que	INELEGÍVEL

	ISSN 1984-2295		não sofreram inoculação dos fungos ectomicorrizicos, apresentaram uma fitocapacidade somente na dose de 3 mg, em doses superiores as mudas apresentaram menos absorção do cobre. A fitoestimulação entre os fungos ectomicorrizicos UFSC-36, UFSC-Rh72 e UFSC-Su103 e as mudas de P. taeda apresentaram a capacidade de remediar o cobre presente em substrato. As mudas inoculadas com o fungo ectomicorrízico UFSC-36 foram eficientes na absorção do fósforo, contribuindo para novas pesquisas, onde se sabe que a região do meio oeste catarinense é pobre na disponibilização de fósforo no solo. Sabendo do potencial dessa associação, deve-se aprofundar estudos referente à fitoestimulação dos fungos ectomicorrizicos e a espécie Pinus sp.	
30	Copper uptake, physiological response, and phytoremediation potential of Brassica juncea under biochar application 2021; Taylor & Francis; Volume: 24; Issue: 5 Linguagem: Inglês 10.1080/15226514.2021.1954875	Maria Isidória Silva Gonzaga, José Carlos de Jesus Santos, Luiz Fernando Ganassali, Pryanka Thuyra Nascimento Fontes, J.G.N. Araújo, Thomas Antonio Silva Gonzaga	Biochar can enhance the phytoremediation of copper-contaminated soils by improving soil quality and increasing plant growth. However, the impact of biochar varies with the biomass feedstock and soil condition. Our study investigated the effect of biochar from orange bagasse-OBB and coconut husk-CHB and two copper concentrations (0.17 mg kg ⁻¹ -CLS soil; 100 mg kg ⁻¹ - CTS soil) on plant growth, copper uptake, and physiological response of Brassica juncea. The low- and high-Cu soils were also tested without biochar. We evaluated plant biomass, plant Cu, N and P, chlorophyll content, and chlorophyll's transient fluorescence. Plant growth was meager without biochar, indicating that the high Cu concentration was not the only	INELEGÍVEL

	<p>ISSN 1549-7879</p>		<p>limiting factor. Biochar (OBB and CHB) increased shoot mass by 300-574% and root mass by 50-2900%, and improved chlorophyll content and photosynthetic activity by 6-16%. Both biochars were efficient in the low-Cu soil as they increased plant biomass, shoot copper concentration, and translocation factor. In the high-Cu soil, both biochars increased plant biomass and copper uptake and reduced shoot copper concentration and translocation factor. The CHB and OBB removed 342% and 783% more Cu from the contaminated soil than the Control; therefore, the OBB was proven to be the best choice for phytoremediation. Novelty statement Our study showed that the orange bagasse biochar can be successfully applied for the phytoremediation of copper-contaminated soils using <i>Brassica juncea</i>. The orange bagasse biochar was effective regardless of the copper level in the soil, removing twice as much copper as the coconut biochar; therefore, it can speed up the process and reduce the time needed to clean up the site. Highlights Biochar significantly improved the plant's physiological response Biochar increased plant growth and copper uptake in the contaminated soil Translocation factor was increased in the clean soil and reduced in the contaminated soil Biochar from orange bagasse is more effective than coconut husk for phytoremediation.</p>	
--	---------------------------	--	---	--

31	<p>Identifying candidates for the phytoremediation of copper in viticultural soils: A systematic review</p> <p>2022; Elsevier BV; Volume: 216; Linguagem: Inglês</p> <p>10.1016/j.envres.2022.114518</p> <p>ISSN 1096-0953</p>	<p>Jocelyn Widmer, Lindsey Norgrove</p>	<p>For many years, copper-based fungicides have been used in viticulture and have contributed to increasing concentrations in soils. Today, it is not uncommon to find vineyard soils with total copper topsoil concentrations above 100 mg kg⁻¹, which may have consequences for both the environment and human health. Phytoremediation, the use of plants to remove heavy metals from soils, is a promising and environmentally-friendly method to extract copper from soils. The objectives of this study were to review and synthesise the current knowledge on copper phytoremediation in vineyard soils and identify future applications. A systematic literature search in Web of Science was conducted on 19 July 2022 and resulted in twenty-seven papers meeting the inclusion criteria. Approximately one third of the papers were from Brazil and most of the experiments had been carried out in pots. In some studies, the addition of bacteria or chelators was also evaluated. Some species, such as <i>Plantago lanceolata</i> L. or <i>Ricinus communis</i> L., can accumulate copper in their tissues at concentrations above 1000 mg kg⁻¹. Addition of bacteria and chelators to the soil can also increase the copper uptake capacity by plants. However, most of the species evaluated accumulate copper in the roots, rather than in the shoots, thus limiting the implementation of this method in practice. Further studies are thus needed to find other hyperaccumulator plants. Future research should focus primarily on the</p>	ELEGÍVEL
----	--	---	--	----------

			<p>ability of plants to accumulate copper in their aerial parts, their ability to transfer copper from roots to shoots, and their biomass production under high soil copper concentrations. Longer-term experiments and more in situ testing are also needed to evaluate the potential for development and use of copper phytoremediation in vineyards. To conclude, species of the Poaceae and Lamiaceae families are the most promising so far for phytoremediation. Identifying plants able to translocate copper from the roots to the aerial parts will be an important factor in the success of this method.</p>	
32	<p>Growth of canola (<i>Brassica napus</i>) in the presence of plant growth-promoting bacteria and either copper or polycyclic aromatic hydrocarbons</p> <p>2005; Canadian Science Publishing; Volume: 51; Issue: 12</p> <p>Linguagem: Inglês</p> <p>10.1139/w05-094</p> <p>ISSN</p>	<p>M. L. Reed, Bernard R. Glick</p>	<p>Growth of canola (<i>Brassica napus</i>) seeds treated with plant growth-promoting bacteria in copper-contaminated and polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH)-contaminated soils was monitored. <i>Pseudomonas asplenii</i> AC, isolated from PAH-contaminated soil, was transformed to express a bacterial gene encoding 1-aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) deaminase, and both native and transformed bacteria were tested for growth promotion. Inoculation of seeds, grown in the presence of copper or creosote, with either native or transformed <i>P. asplenii</i> AC significantly increased root and shoot biomass. Native and transformed <i>P. asplenii</i> AC and transformed <i>P. asplenii</i> AC encapsulated in alginate were equally effective at promoting plant growth in copper-contaminated soils. In creosote-contaminated soils the native bacterium was the least effective, and the transformed encapsulated bacterium was the most effective in</p>	INELEGÍVEL

	1480-3275		growth promotion.Key words: plant growth-promoting bacteria, phytoremediation, copper, polycyclic aromatic hydrocarbons, Brassica napus, ethylene, alginate encapsulation.	
33	Assessment of the Cadmium and Copper Phytoremediation Potential of the Lobularia maritima Thioredoxin 2 Gene Using Genetically Engineered Tobacco 2023; Multidisciplinary Digital Publishing Institute; Volume: 13; Issue: 2 Linguagem: Inglês 10.3390/agronomy13020399 ISSN 2073-4395	Rania Ben Saad, Walid Ben Romdhane, Narjes Baazaoui, Mohamed Taieb Bouteraa, Anis Ben Hsouna, Avinash Mishra, Sanja Čavar Zeljković	Rapid global modernization, urbanization, and industrialization have accelerated the release of heavy metals, causing soil pollution. These highly noxious environmental pollutants induce oxidative stress in plants via stimulation of the production of reactive oxygen species (ROS). Thioredoxin (Trxs) is a highly conserved disulfide reductase that plays a crucial role in intracellular redox homeostasis in both eukaryotes and prokaryotes. Herein, the presence of heavy metals highly upregulated LmTrxh2 transcription in Lobularia maritima seedlings and its overexpression-conferred tolerance to Cd, Cu, Mn, and Zn in Saccharomyces cerevisiae. In addition, LmTrxh2-overexpressing tobacco plants had higher seedling survival rates than non-transgenic plants (NT), with enhanced root length and biomass production and reduced ROS accumulation, following Cd and Cu stress. These plants also accumulated more Cd, Cu, and Mn than the NT plants. Moreover, LmTrxh2 overexpression stimulated the transcription of genes encoding metallothioneins (Met-1, Met-2, Met-3, and Met-4), a copper transport protein, a Snakin/GASA protein (Snakin-2), and ROS-scavenging enzymes (SOD, APX1, and CAT), which might contribute to heavy metal tolerance	INELEGÍVEL

			in tobacco plants. These results suggest that LmTrxh2 overexpression helps to improve heavy metal tolerance by stimulating antioxidant capacities and the expression of several stress-responsive genes in plants.	
34	Organic fertilization and mycorrhization increase copper phyto remediation by <i>Canavalia ensiformis</i> in a sandy soil 2023; Springer Science+Business Media; Volume: 30; Issue: 26 Linguagem: Inglês 10.1007/s11356-023-27126-7 ISSN 1614-7499	Tauris Santos Rangel, Natielo Almeida Santana, Rodrigo Josemar Seminoti Jacques, Rodrigo Ferraz Ramos, Douglas Leandro Scheid, Ezequiel Koppe, Luciane Almeri Tabaldi, Andressa de Oliveira Silveira	Organic fertilization and mycorrhization can increase the phytoremediation of copper-contaminated soils. The time of vermicomposting alters the properties of vermicompost, which can affect copper's availability and uptake. Therefore, this study sought to evaluate the effect of different organic fertilizers and mycorrhization on copper-contaminated soil phytoremediation. The soil was contaminated with 100 mg Cu kg ⁻¹ dry soil and received mineral fertilizer (MIN), bovine manure (CM), and vermicompost produced in 45 days (V45) or 120 days (V120), all in doses equivalent to 40 mg kg ⁻¹ dry soil of phosphorus. Half of the jack bean (<i>Canavalia ensiformis</i>) plants were inoculated with the arbuscular mycorrhizal fungus <i>Rhizophagus clarus</i> . At plant flowering, the dry mass and concentrations of Cu, Zn, Mn, Ca, Mg, P, and K in the soil, solution, and plant tissue were determined, in addition to mycorrhizal colonization, nodulation, photosynthetic pigments, and oxidative stress enzyme activity. Organic fertilization increased plant growth and copper accumulation in aerial tissues. These effects were more evident with the V120, making it suitable for use in copper phytoextraction. Mycorrhization increased root and nodule dry mass, making it recommended for phytostabilization. C.	INELEGÍVEL

			ensiformis nodulation in Cu-contaminated soils depends on vermicompost fertilization and mycorrhization. Hence, the copper phytoremediation by <i>C. ensiformis</i> is increased by using organic fertilization and mycorrhization.	
35	Phytoremediation of amended copper mine tailings with <i>Brassica juncea</i> 2013; Taylor & Francis; Volume: 27; Issue: 3 Linguagem: Inglês 10.1080/17480930.2013.779061 ISSN 1748-0949	Luís A. B. Novo, Emma F. Covelo, Luís González	Mine tailings remain a major concern to the mining industry and the environment. This study evaluates the potential of <i>Brassica juncea</i> for phytoremediation of copper mine tailings treated with technosol (TE) and compost (CO) and the effect of these amendments in the process. Ecophysiological and biochemical results reveal the capacity of <i>B. juncea</i> to grow and develop under the influence of both amendments, and aspects like its soil-covering ability, vigorous seedling growth, tolerance to metal toxicity and potential immobilisation of excluded trace metals in the rhizosphere, denote the species aptitude for phytostabilisation. Moreover, <i>B. juncea</i> also exhibits fitness for the uptake of Cu and Zn, due to its high biomass production and striking translocation and bioconcentration ratios for these metals, thus qualifying this species as a good candidate for phytoextraction in similar mine tailings. The treatments depict different effects on the phytoremediation process, with TE favouring phytostabilisation and CO enhancing phytoextraction. Keywords: technosolcompostrestorationphytoremediationtrace metals <i>Brassica juncea</i>	INELEGÍVEL

36	<p>Copper Tolerance Mechanisms of <i>Mesorhizobium amorphae</i> and Its Role in Aiding Phytostabilization by <i>Robinia pseudoacacia</i> in Copper Contaminated Soil</p> <p>2015; American Chemical Society; Volume: 49; Issue: 4</p> <p>Linguagem: Inglês</p> <p>10.1021/es504956a</p> <p>ISSN</p> <p>1520-5851</p>	<p>Xiuli Hao, Pin Xie, Yong-Guan Zhu, Safieh Taghavi, Gehong Wei, Christopher Rensing</p>	<p>The legume–rhizobium symbiosis has been proposed as an important system for phytoremediation of heavy metal contaminated soils due to its beneficial activity of symbiotic nitrogen fixation. However, little is known about metal resistant mechanism of rhizobia and the role of metal resistance determinants in phytoremediation. In this study, copper resistance mechanisms were investigated for a multiple metal resistant plant growth promoting rhizobium, <i>Mesorhizobium amorphae</i> 186. Three categories of determinants involved in copper resistance were identified through transposon mutagenesis, including genes encoding a P-type ATPase (CopA), hypothetical proteins, and other proteins (a GTP-binding protein and a ribosomal protein). Among these determinants, <i>copA</i> played the dominant role in copper homeostasis of <i>M. amorphae</i> 186. Mutagenesis of a hypothetical gene <i>lipA</i> in mutant <i>MlipA</i> exhibited pleiotropic phenotypes including sensitivity to copper, blocked symbiotic capacity and inhibited growth. In addition, the expression of <i>cusB</i> encoding part of an RND-type efflux system was induced by copper. To explore the possible role of copper resistance mechanism in phytoremediation of copper contaminated soil, the symbiotic nodulation and nitrogen fixation abilities were compared using a wild-type strain, a <i>copA</i>-defective mutant, and a <i>lipA</i>-defective mutant. Results showed that a <i>copA</i> deletion did not affect the symbiotic capacity of rhizobia under uncontaminated condition, but the protective role of <i>copA</i> in</p>	INELEGÍVEL
----	--	---	--	------------

			<p>symbiotic processes at high copper concentration is likely concentration-dependent. In contrast, inoculation of a lipA-defective strain led to significant decreases in the functional nodule numbers, total N content, plant biomass and leghemoglobin expression level of Robinia pseudoacacia even under conditions of uncontaminated soil. Moreover, plants inoculated with lipA-defective strain accumulated much less copper than both the wild-type strain and the copA-defective strain, suggesting an important role of a healthy symbiotic relationship between legume and rhizobia in phytostabilization.</p>	
37	<p>Water phytoremediation of cadmium and copper using <i>Azolla filiculoides</i> L. in a hydroponic system</p> <p>2012; Wiley; Volume: 27; Issue: 3</p> <p>Linguagem: Inglês</p> <p>10.1111/wej.12015</p> <p>ISSN 1747-6593</p>	<p>Aly Valderrama, Jaime Tapia, Patricio Peñailillo, Danny E. Carvajal</p>	<p>The aim of this work was to evaluate the utility of <i>Azolla filiculoides</i> growing in a hydroponic system for the phytoremediation of continental water polluted with cadmium and copper during 7 days of exposure. Cadmium and copper chloride were added to the medium at concentrations of 0.5–10 mg/ L and 0.1–25 mg/ L , respectively. Cadmium and copper levels were measured in each plant using flame atomic absorption spectrophotometry. The analytical methodology used to measure cadmium and copper levels was validated with standard reference material (SRM) – 1570 (spinach) National Institute of Standards and Technology. The results indicated that cadmium and copper phytoremediation was statistically significant with a maximum increase in plant tissue of 1623.20 and 6013.1 µg/g, respectively. This photosynthetic efficiency was chronically damaged</p>	INELEGÍVEL

			when <i>Azolla filiculoides</i> were exposed to 10 mg/ L of Cd and 25 mg/ L of Cu . The <i>Azolla</i> plants were not affected in the other phytoremediation treatments with copper.	
38	Phytoremediation of Vineyard Copper-Contaminated Soil and Copper Mining Waste by a High Potential Bioenergy Crop (<i>Helianthus annuus</i> L.) 2014; Taylor & Francis; Volume: 38; Issue: 10 Linguagem: Inglês 10.1080/01904167.2014.962702 ISSN 1532-4087	Robson Andreazza, Leandro Bortolon, Simone Pieniz, Amauri Antunes Barcelos, Maurício Silveira Quadro, Flávio Anastácio de Oliveira Camargo	Phytoremediation is a helpful technique to remediate copper-contaminated areas. The aim of this study was to evaluate sunflower phytoremediation capacity in two vineyard copper-contaminated soils (Inceptisol and Mollisol) and a copper mining waste. Nutrient uptake, copper phytoaccumulation, translocation factor (TF), and bioaccumulation factor (BCF) of sunflower were evaluated after 57 days of growth. Plants grown in both the Mollisol and Inceptisol soils showed high plant height. Fresh biomass was high in the Mollisol in the shoots and roots and also demonstrated the highest values on the tolerance index (TI). The BCF after growth in all three of the copper contaminated soils as Inceptisol, Mollisol, and copper mining waste showed reduction of this index value to 0.19, 0.24, and 0.03, respectively against native soil (Mollisol under natural conditions (4.71). Sunflowers have some important characteristics such as high phytomass production, copper phytoaccumulation, and potential use to biofuel. Thus, sunflower is a potential candidate to phytoremediation of vineyard copper-contaminated soils.	ELEGÍVEL

39	Bioprospection of indigenous flora grown in copper mining tailing area for phytoremediation of metals 2019; Elsevier BV; Volume: 256; Linguagem: Inglês 10.1016/j.jenvman.2019.109953 ISSN 1095-8630	Thays França Afonso, Carolina Faccio Demarco, Simone Pieniz, Maurício Silveira Quadro, Flávio Anastácio de Oliveira Camargo, Robson Andrezza	The study evaluated plants with phytoremediation potential that occur spontaneously in an area of copper mining tailings in Southern of Brazil. Eleven plant species were investigated for heavy metal concentrations in its biomass. All species showed copper concentrations greater than 100 mg kg ⁻¹ , and seven species highlighted for copper concentrations between 321 and 586 mg kg ⁻¹ and these species showed Cr concentrations between 25 and 440 mg kg ⁻¹ . The species <i>S. viarum</i> Dunal and <i>B. trimera</i> Less were highlighted showing the highest concentrations of Cr (586 mg kg ⁻¹) and Cu (440 mg kg ⁻¹), respectively. Seven species showed Pb phytoextraction potential and four species showed Cu phytostabilization potential. It was concluded that the investigated species are adapted to low nutritional conditions and showed tolerance to heavy metals, mainly Cu, Pb and Cr in its biomass.	ELEGÍVEL
40	Identification of the Hyper Accumulator Plants in Copper and Iron Mine in Iran 2008; Asian Network for Scientific Information; Volume: 11; Issue: 3 Linguagem: Inglês	Behrouz Eshghi Malayeri, Abdolkarim Chehregani, N. Yousefi, Bahareh Lorestani	The aim of present study was to identify accumulator plants that are effective for phytoremediation. We chose a mine of Iron and Copper named Hame Kasi that located western north of Hamedan city as a polluted area. In this region concentration of heavy metals is several times more than non-polluted area. Seventeen plant species and 6 soil samples were collected from this region for determination of heavy metals content. Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) was used for analysis of heavy metals in soil and plant samples, then tested plant species were	ELEGÍVEL

	10.3923/pjbs.2008.490.492 ISSN 1812-5735		grouped on the basis of their accumulation capability of heavy metals. The results of this research showed that there are some hyper accumulator plants in this area that can concentrate heavy metals in their different parts thus they can be used for remediation of polluted area.	
41	Phytoremediation of Copper Pollution by Eight Aquatic Plants 2018; HARD Publishing Company; Volume: 27; Issue: 1 Linguagem: Inglês 10.15244/pjoes/73990 ISSN 2083-5906	Guangli Zhu, Qitang Huang, Chuanyuan Deng, Yushan Zheng	This study investigated the uptake capacity and bioaccumulation of heavy metal (Cu) in water using eight different aquatic plant species: <i>Juncus effusus</i> , <i>Acorus calamus</i> , <i>Eichhornia crassipes</i> , <i>Sagittaria sagittifolia</i> , <i>Arundina graminifolia</i> , <i>Echinodorus major</i> , <i>Nymphaea tetragona</i> and <i>Pistia stratiotes</i> . The results showed that <i>Eichhornia crassipes</i> and <i>Pistia stratiotes</i> have the best ability for bioaccumulation, while <i>Arundina graminifolia</i> , <i>Nymphaea tetragona</i> , and <i>Acorus calamus</i> also showed good bioaccumulation. However, <i>Juncus effusus</i> , <i>Sagittaria sagittifolia</i> , and <i>Echinodorus major</i> displayed very weak bioaccumulation. The enrichment capacity for Cu ²⁺ in roots and shoots differed among species. Most of the Cu ²⁺ was located in the shoot tissues of <i>Juncus effusus</i> , while for <i>Sagittaria sagittifolia</i> and <i>Acorus calamus</i> it accumulates in their root tissues. However, in the case of <i>Echinodorus major</i> the accumulation of copper content in root and shoot tissues is the same. The adsorption rates of heavy metal Cu in different aquatic plants were different. The adsorption rates of <i>Eichhornia crassipes</i> , <i>Pistia stratiotes</i> , <i>Echinodorus major</i> , and <i>Nymphaea tetragona</i> were higher than for <i>Juncus effusus</i> , <i>Sagittaria</i>	INELEGÍVEL

			sagittifolia, and Acorus calamus. When different aquatic plants reached the adsorption equilibrium, pH values were different. The Cu enrichment amount in aquatic plants was related to the content of lignin in plants, and the higher the content of lignin, the greater the amount of copper.	
42	Effects of <i>Herbaspirillum</i> sp. p5-19 assisted with alien soil improvement on the phytoremediation of copper tailings by <i>Vetiveria zizanioides</i> L. 2021; Springer Science+Business Media; Volume: 28; Issue: 45 Linguagem: Inglês 10.1007/s11356-021-15091-y ISSN 1614-7499	Qing Fang, Tao Huang, Ning Wang, Ziwei Ding, Sun Qiang	Microbial assisted phytoremediation and reclamation are both potential contaminated soil remediation technologies, but little is known about the combined application of the two technologies on real contaminated soils. This study investigated the potential of <i>Herbaspirillum</i> sp. p5-19 (p5-19) assisted with alien soil improvement on improving stress tolerance and enhancing the accumulation of Mn, Cu, Zn, and Cd by <i>Vetiveria zizanioides</i> L. in copper tailings. Phytoremediation potential was evaluated by plant biomass and the ability of plants to absorb and transfer heavy metals. Results showed that the biomass was increased by 19.64–173.81% in p5-19 inoculation treatments with and without alien soil improvement compared with control. Meanwhile, photosynthetic pigment contents were enhanced in co-inoculation treatment (p5-19 with alien soil improvement). In addition, the malondialdehyde (MDA) content was decreased, and the activities of antioxidant enzymes such as ascorbate peroxidase (APX), superoxide dismutase (SOD), peroxidase (POD), and catalase (CAT) were increased in p5-19 treatment, thereby alleviating the oxidative stress. Moreover, co-inoculation significantly ($p < 0.05$) increased the	INELEGÍVEL

			concentrations of Mn, Cu, Zn, and Cd in the roots and shoots of <i>V. zizanioides</i> . In particular, the highest concentrations of Mn, Zn, and Cd in the shoots (roots) were obtained in covering 10 cm combined with p5-19 inoculation treatment, which were 4.44- (2.71-), 4.73- (3.87-), and 5.93- (4.35-) fold as that of the controls, respectively. These results provided basis for the change of phytoremediation ability of <i>V. zizanioides</i> after inoculation. We concluded that p5-19 assisted with alien soil improvement was a potential strategy for enhancing phytoremediation ability in tailings.	
43	Evaluation of two Brazilian indigenous plants for phytostabilization and phytoremediation of copper-contaminated soils 2015; Instituto Internacional de Ecologia (Brazil); Volume: 75; Issue: 4 Linguagem: Inglês 10.1590/1519-6984.01914 ISSN	Robson Andreazza, Leandro Bortolon, Simone Pieniz, Fátima Menezes Bento, Flávio Anastácio de Oliveira Camargo	Indigenous plants have been grown naturally and vigorously in copper contaminated soils. Thus, the aim of this study was to evaluate the phytoremediation ability of two indigenous plants naturally grown in two vineyard soils copper contaminated, and in a copper mining waste. However, it was evaluated the macro and micronutrient uptake and the potential of phytoremediation. So, a greenhouse study was carried out with <i>Bidens pilosa</i> and <i>Plantago lanceolata</i> in samples of vineyard soils (Inceptisol and Mollisol) copper contaminated, and in a copper mining waste. Plant growth, macro and micronutrient up take, tolerance index (TI), translocation factor (TF), metal extraction ratio (MER), bioaccumulation factor (BCF), plant effective number of the shoots (PENs), and plant effective number of the total plant (PENt) were analyzed. Both plants grown in vineyard soils showed high phytomass production and TI. P.	ELEGÍVEL

	1678-4375		lanceolata plants cultivated in the Inceptisol showed the highest copper concentrations in the shoots (142 mg kg ⁻¹), roots (964 mg kg ⁻¹) and entire plants (1,106 mg kg ⁻¹). High levels of copper were phytoaccumulated from the Inceptisol by <i>B. pilosa</i> and <i>P. lanceolata</i> with 3,500 and 2,200 g ha ⁻¹ respectively. Both <i>B. pilosa</i> and <i>P. lanceolata</i> plants showed characteristics of high copper hyperaccumulator. Results showed that both species play an important role in the natural copper phytoaccumulation in both vineyard soils contaminated with copper, being important to its phytoremediation.	
44	The Role of Heavy Metals-Resistant Bacteria <i>Acinetobacter</i> sp. in Copper Phytoremediation using <i>Eichhornia crassipes</i> [(Mart.) Solms] 2017; Knowledge E; Volume: 3; Issue: 5 Linguagem: Inglês 10.18502/kl.v3i5.995 ISSN	Wahyu Irawati, Adolf Parhusip, Nida Sopiah, Juniche Anggelique Tnunay	<p>Phytoremediation is a bioremediation process using plants and microorganisms to extract, sequester, or detoxify heavy metals.</p> <p><i>Eichhornia crassipes</i> [(Mart.) Solms] is a well-known phytoremediating plant that has the ability to remove heavy metals from water by accumulating them in their tissues. <i>Acinetobacter</i> sp. IrC1 and <i>Acinetobacter</i> sp. IrC2 are copper resistant bacteria isolated from industrial waste in Rungkut, Surabaya. The aim of this research was to study the effect of <i>Acinetobacter</i> sp. IrC1 and <i>Acinetobacter</i> sp. IrC2 inoculation in copper phytoremediation process using <i>Eichhornia crassipes</i>. Bacterial isolate with colony form unit of 10^8 was inoculated into the rhizosphere of <i>Eichhornia crassipes</i> in water containing $10 \text{ mL} \cdot \text{L}^{-1}$ and $20 \text{ mL} \cdot \text{L}^{-1}$ copper. Copper removal in</p>	INELEGÍVEL

	2413-0877	<p>contaminated water and copper accumulation in the plant roots was analyzed using atomic absorption spectrophotometer. The results showed that inoculation treatment enhanced the potency of the plant to reduce copper from 94 % concentration level in the medium without bacterial inoculation to 98.3 % and 97 % in medium inoculated with <i>Acinetobacter</i> sp. IrC1 and <i>Acinetobacter</i> sp. IrC2, respectively. <i>Eichhornia crassipes</i> inoculated with <i>Acinetobacter</i> sp. IrC1 accumulated up to six fold higher copper concentrations in roots compared with un-inoculated controls. The roots of <i>Eichhornia crassipes</i> accumulated $596 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ and $391 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ in medium containing $5 \text{ mL} \cdot \text{L}^{-1}$ and $10 \text{ mL} \cdot \text{L}^{-1}$ copper without inoculation, while, the upper part of the plants accumulated up to $353.25 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ and $194.15 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ in medium inoculated with <i>Acinetobacter</i> sp. IrC1, respectively. The findings of the study indicated that <i>Acinetobacter</i> sp. IrC1 and <i>Acinetobacter</i> sp. IrC2 can improve the phytoremediation potential of <i>Eichhornia crassipes</i>.</p>	
--	-----------	--	--

45	<p>Influência da contaminação do solo por cobre no crescimento e qualidade de mudas de açoita-cavalo (<i>Luehea divaricata</i> Mart. & Zucc.) e aroeira-vermelha (<i>Schinus therebinthifolius</i> Raddi)</p> <p>2011; UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA; Volume: 21; Issue: 1 Linguagem: Português</p> <p>10.5902/198050982753</p> <p>ISSN 1980-5098</p>	<p>Rodrigo Ferreira da Silva, Fábio Luiz Fleig Saidelles, Alessandro Salles da Silva, Juan Silveira Bolzan</p>	<p>A contaminação do solo por cobre tem se tornado comum em áreas de mineração e de viticultura no Rio Grande do Sul. O trabalho objetivou avaliar o efeito de doses de cobre sobre o crescimento e qualidade de mudas de açoita-cavalo e aroeira-vermelha. O delineamento foi inteiramente casualizado num fatorial (2 x 5), sendo as duas espécies florestais e cinco doses de cobre: 0, 64, 128, 192 e 256 mg kg⁻¹ de solo, com cinco repetições. Avaliaram-se altura da planta, diâmetro do colo, peso da matéria seca radicular e da parte aérea, comprimento e área superficial específica radicular, e os índices de qualidade de mudas: relação entre altura da parte aérea e diâmetro do coleto; altura da parte aérea e peso da matéria seca da parte aérea e o Índice de Qualidade de Dickson. Os resultados revelaram que as doses testadas de cobre não alteraram a qualidade de mudas de aroeira-vermelha, enquanto que o açoita-cavalo apresentou melhor qualidade com aplicação de 64 mg kg⁻¹ de Cu. O cobre afeta primeiramente o sistema radicular das mudas de açoita-cavalo e aroeira-vermelha. A aroeira-vermelha é mais tolerante a elevadas doses de cobre do que o açoita-cavalo.</p>	ELEGÍVEL
----	---	--	---	----------

46	<p>Crescimento e qualidade de mudas de Timbó e Dedaleiro cultivadas em solo contaminado por cobre</p> <p>2012; UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE; Volume: 16; Issue: 8</p> <p>Linguagem: Português</p> <p>10.1590/s1415-43662012000800010</p> <p>ISSN 1807-1929</p>	<p>Rodrigo Fortes-Silva, Fábio Luiz Fleig Saidelles, Pedro Daniel da Cunha Kemerich, Ricardo Bemfica Steffen, Alexandre Swarowsky, Alessandro S. da Silva</p>	<p>As atividades de mineração e de viticultura do Rio Grande do Sul têm contribuído para a contaminação do solo por cobre. Este trabalho objetivou avaliar o efeito de doses de cobre no crescimento e na qualidade de mudas de timbó (<i>Ateleia glazioviana</i>) e dedaleiro (<i>Lafoensia pacari</i>). O delineamento foi inteiramente casualizado em arranjo fatorial (2 x 4), formado de duas espécies florestais e quatro doses de cobre (0, 64, 128 e 192 mg kg⁻¹ de solo) com cinco repetições. Avaliaram-se altura da planta, diâmetro do colo, peso da matéria seca radicular e da parte aérea, comprimento e área superficial específica radicular e os seguintes índices de qualidade de mudas: relação entre altura da parte aérea e diâmetro do coleto; altura da parte aérea e peso da matéria seca da parte aérea e o índice de qualidade de Dickson, em que os resultados revelaram que as doses de cobre testada reduziram a qualidade de mudas do timbó enquanto o dedaleiro apresentou melhor qualidade com 128 mg kg⁻¹ de Cu. O cobre influenciou os parâmetros de crescimento das mudas de timbó porém aumentou significativamente o comprimento e a área superficial específica do dedaleiro até 128 mg kg⁻¹ de Cu. Mudas de dedaleiro são mais tolerantes à contaminação do solo que as de timbó e apresentam melhor qualidade em doses mais elevadas de cobre.</p>	ELEGÍVEL
----	--	---	--	----------

47	Amenizante Orgânico e Eucalyptus grandis para Fitoestabilização de Solo Contaminado com Cobre 2017; UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO; Volume: 24; Linguagem: Português 10.1590/2179-8087.029315 ISSN 2179-8087	Rudinei De Marco, Rodrigo Ferreira da Silva, Douglas Leandro Scheid, Clóvis Orlando Da Ros, Vanderlei Rodrigues da Silva	Este trabalho avaliou a utilização de turfa como amenizante e Eucalyptus grandis como técnica de fitoestabilização para remediar solo contaminado com cobre. O trabalho foi conduzido sob delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial (2×6), sendo sem e com adição de turfa (200 mL L ⁻¹ de solo) e seis doses de cobre adicionadas ao solo (0 mg kg ⁻¹ , 60 mg kg ⁻¹ , 120 mg kg ⁻¹ , 180 mg kg ⁻¹ , 240 mg kg ⁻¹ , 300 mg kg ⁻¹ de solo), com seis repetições. Avaliaram-se a altura das mudas, o diâmetro do colo, a massa seca radicular e aérea, a área superficial específica, os teores e a quantidade acumulada de cobre no sistema radicular e na parte aérea e o índice de translocação. A adição de turfa possibilitou efeito amenizante da contaminação por cobre e favoreceu o crescimento das mudas. As mudas de Eucalyptus grandis apresentam elevado acúmulo de cobre nas raízes, o que permite indicá-la como promissora para fins de fitoestabilização de solos contaminados com cobre.	INELEGÍVEL
48	Concentração de metais pesados em grãos de plantas cultivadas em solo com diferentes níveis de contaminação 2007; Embrapa Informação Tecnológica; Volume: 42; Issue: 4 Linguagem: Português	Maria Lígia de Souza Silva, Godofredo César Vitti, Anderson Ricardo Trevizam	O objetivo deste trabalho foi avaliar a absorção e a capacidade de translocação de metais pesados do solo para os grãos de soja e arroz. O experimento foi realizado em casa de vegetação, em Latossolo Vermelho distroférico, proveniente de Município de Paulínia, SP. As amostras de solo foram coletadas em sete pontos e organizadas em função da distância de uma fábrica emissora de poluente. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições. Raízes, parte aérea e grãos	INELEGÍVEL

	10.1590/s0100-204x2007000400011 ISSN 1678-3921		foram submetidos à digestão por via úmida. A concentração dos metais pesados foi determinada por ICP-OES. Os teores de cádmio e cobre no grão estiveram em níveis adequados para ambas as culturas, enquanto os teores de manganês e zinco apresentaram-se em excesso, tendo acompanhado os níveis de contaminação do solo, com possibilidade de atingir níveis mais altos da cadeia trófica. As raízes limitaram a translocação de cádmio, cobre, ferro e chumbo para a parte aérea de ambas as culturas. Mesmo com a translocação limitada pelas raízes, o chumbo apresentou-se em altos teores nos grãos de soja, e pode, também, como o manganês e o zinco, atingir a cadeia alimentar.	
49	AVALIAÇÃO DO POTENCIAL FITORREMEIADOR DE CRAVINA-CHINESA CULTIVADA EM SOLO COM EXCESSO DE COBRE 2019; UNIVERSIDADE CESUMAR; Volume: 12; Issue: 4 Linguagem: Português 10.17765/2176-9168.2019v12n4p1353-1370	Janine Farias Menegaes, Alexandre Swarowsky, Rogério Antônio Bellé, Fernanda Alice Antonello Londero Backes	A contaminação do solo por metais pesados, como Cu (cobre), é um problema agroambiental e socioeconômico, resultado da ação antrópica sobre o sistema solo-planta. O Cu em excesso no solo, afeta o desenvolvimento das plantas impactando no seu potencial produtivo. O presente trabalho objetivou avaliar o potencial fitorremediador e o desenvolvimento da cravina-chinesa (<i>Dianthus chinensis</i> L.) cultivada em solo com excesso de Cu, buscando uma agricultura de baixo impacto ambiental. O experimento foi realizado em casa de vegetação, em delineamento inteiramente casualizado. Após a análise de solo, o teor de Cu era de 188,7 mg kg ⁻¹ , e adicionou-se quatro doses de Cu por quilo de solo: zero (sem adição), uma, duas e três vezes a quantidade de Cu presente no	ELEGÍVEL

	ISSN 2176-9168		solo, com dez repetições. A adição das doses de Cu foi por meio de sulfato de cobre. Avaliou-se crescimento das plantas, macro e micronutrientes no tecido, fatores de translocação (FT), de bioacumulação da parte aérea (FCA) e de bioconcentração das raízes (FCO); taxa de extração de metal (MER); número efetivo de plantas totais (PENT) e de parte aérea de plantas (PENPA) para fitorremediar solos contaminados por Cu. Observou-se que as doses de Cu não interferiram no desenvolvimento típico das plantas de cravina-chinesa e na disponibilidade nutricional para o crescimento e o desenvolvimento da cultura, mantendo suas características ornamentais. Assim, verificou-se que esta espécie apresenta potencial fitorremediativo para solo com excesso de Cu, sendo eficiente na retenção do mesmo, sobretudo, nas raízes, indicando-a como planta de cobertura.	
50	Determinação do grau de contaminação da alface por metais pesados 2023; Servicios Academicos Intercontinentales; Volume: 16; Issue: 5 Linguagem: Português 10.55905/revconv.16n.5-045	José Antônio Rodrigues de Souza, Débora Astoni Moreira, Éllen Lemes Silva, Mayra Beatriz Semiano Castro, Diego César Veloso Rezende, Edilene da Silva Pereira, Eliandra	O aumento populacional e geração de resíduos sólidos urbanos, causam efeitos deletérios ao meio ambiente, quando disposto inadequadamente. Com objetivo de avaliar o grau de contaminação de alface americana (<i>Lactuca sativa</i>) por metais pesados, mudas de alface foram cultivadas em vasos preenchidos com apenas com solo e com solo mais material humificado, adicionando diferentes concentrações de cobre, zinco e níquel. As plantas foram submetidas à análise de absorção de metais. Os resultados permitiram concluir que, as plantas cultivadas em solo com determinada	INELEGÍVEL

	ISSN 1988-7833	Rodio, Soraya Carmelita Novaes Thomazini	quantidade de metais podem adquirir um grau fitotóxico e, que a quantidade de matéria orgânica pode influenciar nessa absorção.	
51	POTENCIAL DE FITOEXTRAÇÃO DE COBRE POR AVEIA PRETA EM ÁREA DE VINHEDOS NO SUL DO BRASIL 2018; UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA; Volume: 26; Issue: 6 Linguagem: Português 10.13083/reveng.v26i6.780 ISSN 2175-6813	André Gonçalves Panziera, Alexandre Swarowsky, Valduíno Estefanel, Bruno Casanova Vilaverde Gomes	Contaminações cúpricas em áreas de vinhedos no sul do Brasil são comuns devido ao combate de doenças fúngicas. A fitoextração pode viabilizar a descontaminação, pois é econômica e ambientalmente favorável. O objetivo deste estudo foi determinar a adaptação e o potencial de fitoextração da aveia preta em solo com diferentes doses de cobre. Foi coletado o solo contaminado por cobre em área de vinhedos em mata nativa, ambos nas dependências da Embrapa, no município de Bento Gonçalves - RS. Com base na análise química do solo contaminado, 5 dosagens (0, 45, 90, 135 e 180mg/kg) de sulfato de cobre II foram aplicadas em vasos com solo coletado de mata nativa, utilizado no cultivo da aveia preta em casa de vegetação. Foi monitorada a altura e o diâmetro do colmo das plantas e, no final do experimento, as raízes, o caule e a parte aérea foram submetidas à análise do teor de cobre. A média de altura, diâmetro e massa seca da aveia preta foram de 77,00cm; 9,58mm e 3031kg/ha, respectivamente. Nos níveis de contaminação de 0, 45; 90; 135 e 180mg/kg, ocorreu a extração de 97,92; 113,58; 108,13; 116,86 e 188,58mg/kg de cobre, respectivamente. A aveia preta demonstrou potencial de fitoextração frente às condições de solo e contaminações de cobre propostas.	ELEGÍVEL

52	<p>Phytoextraction of heavy metals from a landfill in the metropolitan region of Belém-Pará-Brazil</p> <p>2014; Volume: 57; Issue: 4</p> <p>Linguagem: Português</p> <p>10.4322/rca.1525</p> <p>ISSN</p> <p>2177-8760</p>	<p>João Roberto Rosa e Silva, Antônio Rodrigues Fernandes, Daniel Vidal</p>	<p>A deposição de resíduos urbanos, em áreas a céu aberto, devido a sua composição variada, inclusive de metais pesados, se constitui em fonte potencial de risco ambiental. Nestas áreas ocorrem várias espécies vegetais que podem apresentar potencial para uso na fitoremediação. O objetivo foi determinar o nível de contaminação do solo por metais pesados e identificar espécies vegetais com potencial fitoextrator, na área do lixão do Aurá, região metropolitana de Belém/PA. Foram determinados os teores totais de metais pesados no solo e na parte aérea de cinco espécies vegetais predominantes na área. Foi calculado o fator de bioconcentração de metais. Em média, os teores de cobre (Cu), zinco (Zn), chumbo (Pb) e cádmio (Cd) estão acima dos valores de referência de qualidade dos solos para o estado do Pará, enquanto que os teores de Cd estão acima dos valores de prevenção estabelecido pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente. As espécies predominantes foram: <i>Cassia alata</i>, <i>Cecropia pachystachya</i>, <i>Ipomoea asarifolia</i>, <i>Piper hispidinervum</i> e <i>Solanum paniculatum</i>. Os valores de bioconcentração de Cd apresentaram maior variação entre as espécies, de 0,32 a 0,61 mg kg⁻¹, para <i>S. paniculatum</i> e <i>C. alata</i>, respectivamente, sendo que as espécies <i>C. alata</i> e <i>P. hispidinervum</i> apresentaram os maiores valores para Zn, 0,38 e 0,44 mg kg⁻¹, respectivamente. A <i>C. alata</i> apresentou o maior fator de bioconcentração para o Cd. A deposição do lixo provocou enriquecimento de metais pesados</p>	INELEGÍVEL
----	---	---	--	------------

			no solo. As espécies predominantes na área não foram identificadas como fitoextratoras.	
53	<p>Comportamento de <i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub., <i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan e <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong cultivadas em solo contaminado com cobre</p> <p>2011; UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA; Volume: 21; Issue: 1 Linguagem: Português</p> <p>10.5902/198050982752</p> <p>ISSN 1980-5098</p>	<p>Rodrigo Ferreira da Silva, Manoeli Lupatini, Zaida Inês Antonioli, Lineu Trindade Leal, Carlos Augusto Moro</p>	<p>Solos contaminados por cobre podem interferir no desenvolvimento fisiológico e no estabelecimento de plantas. Uma opção para revegetação desses solos é a utilização de espécies florestais nativas tolerantes ao cobre. Este trabalho teve como objetivo avaliar a tolerância de três espécies florestais nativas ao excesso de cobre no solo. As espécies utilizadas foram: angico – <i>Parapiptadenia rigida</i>, canafístula – <i>Peltophorum dubium</i> e timbaúva – <i>Enterolobium contortisiliquum</i>. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, num esquema 3 x 5, sendo três espécies florestais e cinco doses de cobre (0, 64, 128, 192 e 256 mg kg⁻¹ de solo), com seis repetições. Determinou-se a altura de planta, massa seca da parte aérea, comprimento e área superficial específica radicular, teor de cobre na parte aérea e na raiz. A timbaúva e a canafístula apresentam tendência de armazenamento do cobre nas raízes e baixa translocação para a parte aérea. A massa seca da parte aérea da timbaúva e canafístula é incrementada com pequenas doses de cobre, enquanto que a massa seca da parte aérea do angico não é afetada pelas doses testadas. A timbaúva e o angico demonstram maior capacidade de tolerância à contaminação de cobre no solo que a canafístula.</p>	ELEGÍVEL

54	<p>EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE METALES EN SUELOS Y TEJIDOS COMESTIBLES DE <i>Allium fistulosum</i> L. CULTIVADO EN ZONAS CERCANAS AL VOLCÁN TUNGURAHUA</p> <p>2020; Politecnica Salesiana University; Volume: 32; Issue: 2</p> <p>Linguagem: Espanhol</p> <p>ISSN 1390-8596</p>	<p>Jorge Briceño, Evelyn Tonato, Mônica de Cássia Costa Silva, Mayra Paredes, Arnaldo Armado</p>	<p>O vulcao Tungurahua, localizado na cordilheira oriental do Equador, desde a sua reactivacao em 1999, entrou em varias fases de actividade vulcânica, produzindo emissoes de gas, cinzas e lava. Estas emissoes libertam uma grande quantidade de metais em solos proximos que sao actualmente utilizados para fins agricolas. A contaminacao por metais pode causar serios problemas para a saude humana, enquanto outros metais sao necessarios como nutrientes na maioria das culturas agricolas. Nesta investigacao, o conteudo metalico dos solos agricolas em Quero canton, a sua biodisponibilidade e o conteudo de <i>Allium fistulosum</i> L. foram avaliados a fim de obter informacoes sobre o impacto de metais potencialmente contaminantes (cadmio, chumbo, niquel, estroncio, cobalto, cobre e zinco) e nutrientes (potassio, magnesio, ferro e manganes) nas culturas. Para a estimativa do total de metais no solo, foi realizada uma digestao acida; para os metais biodisponiveis foi utilizada uma mistura extractante (EDTA-Trietanolamina-CaCl₂, pH 7) e para as cebolas ramificadas foi realizada uma calcinacao seguida de digestao acida. A quantificacao dos metais foi realizada por meio de espectroscopia de absorcao atomica (AAS) por chama ou por forno de grafite. Os resultados mostraram que o teor de metal nas amostras de solo e de cebola de ramo estava abaixo dos valores maximos permitidos nas normas locais para todos os metais estudados;</p>	INELEGÍVEL
----	---	--	--	------------

			alem disso, a ingestao de metal por cebola de ramo era independente da fracao biodisponivel.	
55	Past, present and future trends in the remediation of heavy-metal contaminated soil - Remediation techniques applied in real soil-contamination events. Heliyon. 2023 May 27;9(6):e16692. doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e16692. PMID: 37484356; PMCID: PMC10360604.	Sánchez-Castro I, Molina L, Prieto-Fernández MÁ, Segura A.	Most worldwide policy frameworks, including the United Nations Sustainable Development Goals, highlight soil as a key non-renewable natural resource which should be rigorously preserved to achieve long-term global sustainability. Although some soil is naturally enriched with heavy metals (HMs), a series of anthropogenic activities are known to contribute to their redistribution, which may entail potentially harmful environmental and/or human health effects if certain concentrations are exceeded. If this occurs, the implementation of rehabilitation strategies is highly recommended. Although there are many publications dealing with the elimination of HMs using different methodologies, most of those works have been done in laboratories and there are not many comprehensive reviews about the results obtained under field conditions. Throughout this review, we examine the different methodologies that have been used in real scenarios and, based on representative case studies, we present the evolution and outcomes of the remediation strategies applied in real soil-contamination events where legacies of past metal mining activities or mine spills have posed a serious threat for soil conservation. So far, the best efficiencies at field-scale have been reported when using combined strategies such as physical containment and assisted-phytoremediation. We	INELEGÍVEL

			<p>have also introduced the emerging problem of the heavy metal contamination of agricultural soils and the different strategies implemented to tackle this problem. Although remediation techniques used in real scenarios have not changed much in the last decades, there are also encouraging facts for the advances in this field. Thus, a growing number of mining companies publicise in their webpages their soil remediation strategies and efforts; moreover, the number of scientific publications about innovative highly-efficient and environmental-friendly methods is also increasing. In any case, better cooperation between scientists and other soil-related stakeholders is still required to improve remediation performance.</p>	
56	<p>Research Status on Phytoremediation of Copper Contaminated Soil with Hyperaccumulator</p> <p>2012; Jomo Kenyatta University of Agriculture & Technology; Volume: 14; Issue: 4 Linguagem: Inglês</p>	<p>Jin Yong, Qingling Fu, Jin Zheng, Kang Wei, Yonghong Liu, Hongqing Hu</p>	<p>Copper(Cu) is an essential micronutrient for plant, but copper excess will seriously affect the plant growth and animal health. With the development of modern agriculture and industry, copper has become one of the main pollution elements in China's heavy metal contaminated soil. As a research focus and frontier field in remediation of environmental contamination, phytoremediation is a green technology which has various advantages and is incomparable to other traditional soil contamination remediation methods. In recent years, studies on phytoremediation of copper polluted soil in China are developing rapidly. <i>Elsholtzia splendens</i>, <i>Commelina communis</i>, <i>Ricinus communis</i> and other copper</p>	INELEGÍVEL

	ISSN 2345-3737		hyper-accumulators have been discovered. Meanwhile, organic acids and microbial resistance to copper can also enhance the repair of hyper-accumulators. This article reviews the general principles of phytoremediation, introduces the effect of hyper-accumulators on Cu enrichment, which has attracted more study focus at present. It also expounds hyper-accumulators tolerance to Cu, its detoxification mechanism and other factors' invigoration effect.	
57	Phytoremediation of Copper Pollution by Eight Aquatic Plants 2017; HARD Publishing Company; Volume: 27; Issue: 1 Linguagem: Inglês 10.15244/pjoes/73990 ISSN 2083-5906	Dongfang Lu, Qitang Huang, Chuanyuan Deng, Yushan Zheng	This study investigated the uptake capacity and bioaccumulation of heavy metal (Cu) in water using eight different aquatic plant species: <i>Juncus effusus</i> , <i>Acorus calamus</i> , <i>Eichhornia crassipes</i> , <i>Sagittaria sagittifolia</i> , <i>Arundina graminifolia</i> , <i>Echinodorus major</i> , <i>Nymphaea tetragona</i> and <i>Pistia stratiotes</i> . The results showed that <i>Eichhornia crassipes</i> and <i>Pistia stratiotes</i> have the best ability for bioaccumulation, while <i>Arundina graminifolia</i> , <i>Nymphaea tetragona</i> , and <i>Acorus calamus</i> also showed good bioaccumulation. However, <i>Juncus effusus</i> , <i>Sagittaria sagittifolia</i> , and <i>Echinodorus major</i> displayed very weak bioaccumulation. The enrichment capacity for Cu ²⁺ in roots and shoots differed among species. Most of the Cu ²⁺ was located in the shoot tissues of <i>Juncus effusus</i> , while for <i>Sagittaria sagittifolia</i> and <i>Acorus calamus</i> it accumulates in their root tissues. However, in the case of <i>Echinodorus major</i> the accumulation of copper content in root and shoot tissues is the same. The adsorption rates of	INELEGÍVEL

			heavy metal Cu in different aquatic plants were different. The adsorption rates of <i>Eichhornia crassipes</i> , <i>Pistia stratiotes</i> , <i>Echinodorus major</i> , and <i>Nymphaea tetragona</i> were higher than for <i>Juncus effusus</i> , <i>Sagittaria sagittifolia</i> , and <i>Acorus calamus</i> . When different aquatic plants reached the adsorption equilibrium, pH values were different. The Cu enrichment amount in aquatic plants was related to the content of lignin in plants, and the higher the content of lignin, the greater the amount of copper.	
58	Effects of <i>Herbaspirillum</i> sp. p5-19 assisted with alien soil improvement on the phytoremediation of copper tailings by <i>Vetiveria zizanioides</i> L. 2021; Springer Science+Business Media; Volume: 28; Issue: 45 Linguagem: Inglês 10.1007/s11356-021-15091-y ISSN	Qing Fang, Tao Huang, Ning Wang, Ziwei Ding, Qingye Sun	Microbial assisted phytoremediation and reclamation are both potential contaminated soil remediation technologies, but little is known about the combined application of the two technologies on real contaminated soils. This study investigated the potential of <i>Herbaspirillum</i> sp. p5-19 (p5-19) assisted with alien soil improvement on improving stress tolerance and enhancing the accumulation of Mn, Cu, Zn, and Cd by <i>Vetiveria zizanioides</i> L. in copper tailings. Phytoremediation potential was evaluated by plant biomass and the ability of plants to absorb and transfer heavy metals. Results showed that the biomass was increased by 19.64–173.81% in p5-19 inoculation treatments with and without alien soil improvement compared with control. Meanwhile, photosynthetic pigment contents were enhanced in co-inoculation treatment (p5-19 with alien soil improvement). In addition, the malondialdehyde (MDA) content was decreased, and the activities of antioxidant enzymes such as ascorbate peroxidase (APX),	INELEGÍVEL

	1614-7499		<p>superoxide dismutase (SOD), peroxidase (POD), and catalase (CAT) were increased in p5-19 treatment, thereby alleviating the oxidative stress. Moreover, co-inoculation significantly ($p < 0.05$) increased the concentrations of Mn, Cu, Zn, and Cd in the roots and shoots of <i>V. zizanioides</i>. In particular, the highest concentrations of Mn, Zn, and Cd in the shoots (roots) were obtained in covering 10 cm combined with p5-19 inoculation treatment, which were 4.44- (2.71-), 4.73- (3.87-), and 5.93- (4.35-) fold as that of the controls, respectively. These results provided basis for the change of phytoremediation ability of <i>V. zizanioides</i> after inoculation. We concluded that p5-19 assisted with alien soil improvement was a potential strategy for enhancing phytoremediation ability in tailings.</p>	
59	<p>Copper Phytoextraction and Phytostabilization by <i>Brachiaria decumbens</i> Stapf. in Vineyard Soils and a Copper Mining Waste</p> <p>2013; Scientific Research Publishing; Volume: 03; Issue: 06</p> <p>Linguagem: Inglês</p>	<p>Robson Andreazza, Leandro Bortolon, Simone Pieniz, Flávio Anastácio de Oliveira Camargo, E. S. O. Bortolon</p>	<p><i>Brachiaria decumbens</i> is a high biomass plant with great potential for phytoremediation of copper-polluted soils. The current study aimed to evaluate <i>B. decumbens</i> plants for phytoextraction and phytostabilization use in two different copper contaminated vineyard soils and a copper mining waste. Also, the macro and micronutrients uptake were evaluated after plants growth in copper contaminated soils. <i>B. decumbens</i> was cultivated in two vineyard soils (Inceptisol and Mollisol) and a copper mining waste for 47 days of growth in greenhouse. Then, <i>B. decumbens</i>'s nutrient uptake was evaluated, and its potential application in phytoremediation techniques for the phytoextraction and phytostabilization of copper contamination. <i>B.</i></p>	ELEGÍVEL

	10.4236/ojss.2013.36032 ISSN 2162-5379		decumbens exhibited high levels of biomass production at contaminated soils and no negative effect on macronutrients uptake was found. Copper contaminated soils affected micronutrients uptake by <i>Brachiaria</i> plants. This <i>Brachiaria</i> specie showed high potential on copper phytoextraction with accumulation of copper concentrations in the shoots and roots of 70 and 585 mg·kg ⁻¹ of dry mass, respectively, in the vineyard Inceptisol soil, after 47 days of growth. Mollisol soil and copper mining waste also exhibited high copper concentration in the biomass in the entire plant with 371 and 466 mg·kg ⁻¹ , respectively. Although <i>Brachiaria</i> exhibited low levels of translocation factor for copper, this specie showed high potential for copper phytoextraction on Inceptisol, Mollisol and copper mining waste with 1900, 1156 and 1363 g·ha ⁻¹ of copper, respectively. In summary, <i>B. decumbens</i> plants showed high potential for copper phytoextraction and phytostabilization of copper on contaminated vineyard soils and copper mining waste	
60	Contributions on enhancing the copper uptake by using natural chelators, with applications in soil phytoremediation	Anca Dumbravă, Semaghiul Birghilă, M. Munteanu	The chelate assisted phytoremediation of polluted soils, based on the complexation of metals with chelators, can be a valuable green solution for agricultural soils decontamination. Copper is considered a hardly available and slowly translocating element, but the complexation may increase its bioavailability and translocation capacity, with benefits for soil phytoremediation. In our study, the ability of horse manure—a natural	INELEGÍVEL

	<p>2014; Springer Science+Business Media; Volume: 12; Issue: 3</p> <p>Linguagem: Inglês</p> <p>10.1007/s13762-013-0467-x</p> <p>ISSN</p> <p>1735-2630</p>		<p>source of compounds which can act as chelators for enhancing the bioavailability and uptake of copper from contaminated soils—was investigated, by the use of white mustard (<i>Sinapis alba</i>) as the accumulator plant; the results were compared with those obtained for ethylenediaminetetraacetate, a synthetic chelator. The copper bioavailability, bioaccumulation, uptake, and thus the potential for phytoremediation of copper polluted soils, were estimated by translocation factor, bioaccumulation factor, and uptake coefficient. The results indicated that the use of horse manure as natural chelators source can improve the copper phytoextraction capacity, also having the advantage of an increase in biomass.</p>	
61	<p>Copper phytoremediation potential of <i>Calandula officinalis</i> L. and the role of antioxidant enzymes in metal tolerance</p> <p>2016; Elsevier BV; Volume: 126;</p> <p>Linguagem: Inglês</p> <p>10.1016/j.ecoenv.2015.12.030</p>	<p>Sunayana Goswami, Suchismita Das</p>	<p>Cu phytoremediation potential of an ornamental plant, <i>Calandula officinalis</i>, was explored in terms of growth responses, photosynthetic activities and antioxidant enzymes such as SOD, CAT and GPX. The results showed that this plant had high Cu tolerance of up to 400 mg/kg, which is far above the phytotoxic range for non hyperaccumulators. It grew normally in soils at all the doses (150-400 mg/kg) without showing external signs of phytotoxicity. At 150 mg/kg, flowering was augmented; root and shoot biomass, root lengths and leaf soluble protein contents remained same as that of the control. However, chlorophyll and carotenoid pigment contents declined significantly along with significant elevations in lipid</p>	INELEGÍVEL

	ISSN 1090-2414		peroxidation, at all the doses. Elevations of antioxidant enzymes reflected stress as well as probable mitigation of reactive oxygen species due to Cu stress. Except for the highest conc. (400 mg/kg), leaf accumulation of Cu was higher than root accumulations. The Cu accumulation peaked at 300 mg/kg Cu in soil, with leaf and root accumulations to be respectively, 4675 and 3995 µg/g dry wt., far more than the minimum of 1000 µg/g dry wt. for a Cu hyperaccumulator. The plant root at all the doses tolerated Cu, with the tolerance index ranging from 94-62.7. The soil to plant metal uptake capacity, indicated by extraction coefficient and the root to shoot translocation, indicated by translocation factor, at all the doses of Cu were >1, pointed towards efficient phytoremediation potential.	
62	Responses of Antioxidative Enzymes to Accumulation of Copper in a Copper Hyperaccumulator of <i>Commelina communis</i> 2004; Springer Science+Business Media; Volume: 47; Issue: 2 Linguagem: Inglês 10.1007/s00244-004-2222-2	Haiou Wang, Xiao-quan Shan, Bei Wen, Shuzheng Zhang, Zijian Wang	Discovery of a copper hyperaccumulator is very important for phytoremediation of copper-contaminated soil. In the present study a link was established between the copper accumulation in hyperaccumulator and that in nonaccumulator species of <i>Commelina communis</i> and its responses of antioxidative enzymes, including superoxide dismutase, guaiacol peroxidase, and ascorbate peroxidase. It was verified that copper exerted little physiological damage to copper hyperaccumulator species of <i>Commelina communis</i> at copper accumulation of >1000 µg/g in dry leaf tissue. However, in nonaccumulator species of <i>Commelina communis</i> superoxide dismutase, guaiacol peroxidase, and ascorbate peroxidase were	INELEGÍVEL

	ISSN 1432-0703		activated, and malondialdehyde content was increased, which were symptoms of physiological damage by copper intoxication. Therefore, antioxidative enzymes can be used as an indicator of copper toxicity before the visible symptoms can be observed.	
63	Reaproveitamento de resíduos de babaçu como adsorvente ecológico para remediação de solo 2024; Editora Univates; Volume: 21; Issue: 11 Linguagem: Português 10.54033/cadpedv21n11-016 ISSN 1983-0882	Cleoner Uchôa Araujo, Maria Aparecida Pinheiro Barros, Virgínia Nunes Lima, Darlan Ferreira da Silva	A industrialização em muitas regiões aumentou a geração de efluentes contendo metais pesados, resultando na contaminação de solos. A abundância do coco babaçu associada a suas características físico-químicas o tornam um material de inúmeras utilidades, inclusive como material adsorvente de íons metálicos. O desenvolvimento de adsorventes a partir de biomassas agrícolas oferece benefícios únicos, redução de custos e promoção da sustentabilidade ambiental ao transformar subprodutos agrícolas em materiais de valor agregado para a remediação de contaminantes. O objetivo desta pesquisa foi desenvolver um adsorvente a partir das cascas do babaçu afim de remediar a contaminação do solo por resíduos de metais pesados. Os ensaios foram realizados avaliando-se a formação do complexo fenantrolina-cobre-ferro adsorvido pela biomassa. De acordo com o planejamento fatorial aplicado (23), as melhores condições de adsorção foram o tempo de contato (8 h), a concentração do metal (0,2 mg L ⁻¹) e 4 g do adsorvente onde obteve-se uma eficiência máxima de 18,50%. Da análise de variância, pôde-se inferir que a concentração (p = 0,00001) e a interação tempo de contato x concentração	INELEGÍVEL

			(p = 7,34.10 ⁻⁵) tiveram a maior significância no processo de adsorção. Quanto a adsorção, obteve-se um carregamento máximo de 6,50 mmol-Cu/g e de 1,55 mmol-Fe/g. Portanto, a biomassa utilizada apresentou potencial na remediação destes metais.	
64	<p>Germinação de sementes de arroz submetidas à concentrações de cobre</p> <p>2024; Servicios Academicos Intercontinentales; Volume: 17; Issue: 60 Linguagem: Português</p> <p>10.55905/rdelosv17.n60-068</p> <p>ISSN 1988-5245</p>	<p>Samuel Mariano-da-Silva, Vanderlei Smaniotto, Rafael Dal Bosco, Ducatti, Robson Baldi, Siumar Pedro Tironi, Marco Aurélio Tramontin</p>	<p>A contaminação do solo por cobre interfere diretamente na germinação e no desenvolvimento de plântulas. Desta maneira, o trabalho desenvolvido teve como objetivo avaliar o efeito de doses de cobre sobre a germinação de plântulas de arroz. O ensaio foi realizado sob esquema parcelas subdivididas no tempo em delineamento experimental blocos ao acaso, com classificação cruzada e 4 repetições. O fator principal (parcela) foi composto por 4 níveis (0,0 200,0, 400,0 e 800,0 mg L⁻¹ de cobre). O fator secundário (subparcela) foi composto por 10 níveis (quinto ao décimo quarto dia). Os tratamentos foram semeados em papel e os rolos mantidos em germinador à 25±2°C e fotoperíodo de 24 horas. A avaliação das plântulas normais, anormais e não germinadas foi realizada quantificando as mesmas e convertendo os dados para porcentagem. Foi possível observar que o cobre afetou drasticamente a taxa de germinação de sementes de arroz em todas as doses testadas (exceto no tratamento controle). A taxa de plântulas anormais aumentou significativamente com os aumentos das doses de cobre, variando entre os dias somente na maior dose utilizada. A taxa de sementes mortas e duras não variou ao logo dos dias, apresentando,</p>	INELEGÍVEL

			porém, forte correlação com as doses de cobre utilizadas. As doses de cobre tiveram efeito significativo sobre os fatores avaliados, sendo possível afirmar que as altas concentrações de cobre são tóxicas ao desenvolvimento e germinação de plântulas de arroz.	
65	Resíduos de agrotóxicos em frutos de tomate 1999; Embrapa Informação Tecnológica; Volume: 34; Issue: 3 Linguagem: Português 10.1590/s0100-204x1999000300020 ISSN 1678-3921	Leslie Maria Segura Zavatti, R. B. Abakerli	O uso intensivo de agrotóxicos em culturas de tomates tem causado preocupações quanto à provável contaminação do produto final. Este trabalho teve como objetivo monitorar, por dois anos consecutivos, em quatro propriedades de uma área altamente tecnificada, o uso de agrotóxicos em tomate irrigado durante seu desenvolvimento, quantificar os resíduos dos principais princípios ativos utilizados, e avaliar o grau de contaminação dos frutos colhidos. Foram analisados metamidofós, clorpirifós, captan, clorotalonil, endosulfan, lambda-cialotrina, e cobre. Para avaliar o grau de contaminação dos frutos foi validado um método de análise de resíduos múltiplos capaz de quantificar esses compostos. Os resíduos encontrados foram de fungicidas e inseticidas aplicados nas fases de frutificação e maturação: captan, 0,35 mg/kg, na Fazenda 2; clorotalonil, 0,16 mg/kg e 0,95 mg/kg, nas Fazendas 1 e 2, respectivamente; lambda-cialotrina, 0,03 mg/kg, na Fazenda 2; cobre, 2,03 mg/kg, 3,75 mg/kg e 1,44mg/kg, nas Fazendas 1, 2 e 3, respectivamente, e 0,95 mg/kg, 1,70 mg/kg e 2,31 mg/kg, na Fazenda 4. Não ocorreram resíduos dos inseticidas organofosforados, aplicados principalmente durante o	INELEGÍVEL

			desenvolvimento vegetativo da cultura. Não houve contaminação dos tomates pelos agrotóxicos analisados. Os resíduos que devem ser monitorados são os dos agrotóxicos aplicados na fase de maturação da cultura.	
66	<p>Reaproveitamento de resíduos de babaçu como adsorvente ecológico para remediação de solo</p> <p>2024; Editora Univates; Volume: 21; Issue: 11 Linguagem: Português</p> <p>10.54033/cadpedv21n11-016</p> <p>ISSN 1983-0882</p>	<p>Cleoner Uchôa Araujo, Maria Aparecida Pinheiro Barros, Virgínia Nunes Lima, Darlan Ferreira da Silva</p>	<p>A industrialização em muitas regiões aumentou a geração de efluentes contendo metais pesados, resultando na contaminação de solos. A abundância do coco babaçu associada a suas características físico-químicas o tornam um material de inúmeras utilidades, inclusive como material adsorativo de íons metálicos. O desenvolvimento de adsorventes a partir de biomassas agrícolas oferece benefícios únicos, redução de custos e promoção da sustentabilidade ambiental ao transformar subprodutos agrícolas em materiais de valor agregado para a remediação de contaminantes. O objetivo desta pesquisa foi desenvolver um adsorvente a partir das cascas do babaçu afim de remediar a contaminação do solo por resíduos de metais pesados. Os ensaios foram realizados avaliando-se a formação do complexo fenantrolina-cobre-ferro adsorvido pela biomassa. De acordo com o planejamento fatorial aplicado (23), as melhores condições de adsorção foram o tempo de contato (8 h), a concentração do metal (0,2 mg L⁻¹) e 4 g do adsorvente onde obteve-se uma eficiência máxima de 18,50%. Da análise de variância, pôde-se inferir que a concentração (p = 0,00001) e a interação tempo de contato x concentração</p>	INELEGÍVEL

			(p = 7,34.10 ⁻⁵) tiveram a maior significância no processo de adsorção. Quanto a adsorção, obteve-se um carregamento máximo de 6,50 mmol-Cu/g e de 1,55 mmol-Fe/g. Portanto, a biomassa utilizada apresentou potencial na remediação destes metais.	
67	UTILIZAÇÃO DE BIOSSORVENTE NO TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS RICAS EM COBRE (II) E SUA REUTILIZAÇÃO NA PRODUÇÃO DE ALFACE 2018; UNIVERSIDADE EST.PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO; Volume: 1; Issue: 1 Linguagem: Português 10.15809/irriga.2018v1n1p155-170 ISSN	Mara Lúcia Cruz de Souza, José Antônio Rodrigues de Souza, Débora Astoni Moreira, João de Jesus Guimarães, Éllen Lemes Silva, João Victor Costa	Neste trabalho objetivou-se, estudar o tratamento de águas residuárias ricas em cobre por meio de bioadsorção, bem como o posterior reuso deste bioadsorvente na produção de alface. Para isso, avaliou-se a capacidade de remoção do cobre (II) pela casca de ovo moída por meio da isoterma de adsorção de Langmuir. Posteriormente, para estudar os efeitos do reuso deste adsorvente, diferentes doses foram adicionadas a vasos cultivados com alface, avaliando-se os efeitos no solo e na planta. Os resultados permitiram concluir que a casca de ovo moída apresentou elevada capacidade de remoção do cobre (25,4291 mg g ⁻¹), não havendo contaminação do solo e as plantas de alface apresentaram-se aptas para o consumo. Assim, a bioadsorção e o posterior reuso do adsorvente na produção de alface mostrou-se uma técnica ambientalmente adequada e de baixo custo. Palavras-chave: reuso, bioadsorvente, metal pesado.	INELEGÍVEL

	1808-3765			
68	<p>Screening of native tropical trees for phytoremediation in copper-polluted soils</p> <p>2018; Taylor & Francis; Volume: 20; Issue: 14 Linguagem: Inglês</p> <p>10.1080/15226514.2018.1501341</p> <p>ISSN 1549-7879</p>	<p>Verónica Asensio, Flávia Garcia Florido, Francisco Ruíz, Fábio Perlatti, Xosé Luís Otero, Tiago Osório Ferreira</p>	<p>Due to the limited number of studies on phytoremediation using native tree species in tropical soils, the aim was to identify new phytoremediator species from tropical climate with the purpose of promoting an increase in the diversity of tropical native trees used in phytoremediation projects. Seven native tree species from Brazil were selected: <i>Cedrela fissilis</i>, <i>Handroanthus serratifolius</i>, <i>Copaifera langsdorffii</i>, <i>Hymenaea courbaril</i>, <i>Mimosa caesalpiniiifolia</i>, <i>Cecropia</i> sp. and <i>Myracrodruon urundeuva</i>. Seedlings of these species were planted in pots with an unpolluted Arenosol, and then spiked with 60, 100 and 500 mg kg⁻¹ Cu. Height and stem diameters were measured over 60 days. Biomass and total Cu concentration were determined in leaves, stem and roots. Copper in bulk soils and rhizospheres was analyzed by a sequential extraction method. All species accumulated high concentration of Cu in roots (>300 mg kg⁻¹), so they could be used as phytostabilizers for this metal. Copper mobilization increased in the rhizospheres, but it was mostly absorbed by roots. <i>Cecropia</i> sp., <i>M. urundeuva</i> and <i>C. langsdorffii</i> are hyperaccumulators of Cu (>300 mg kg⁻¹ in shoots), so they are potential phytoextractor species. This study evidence the potential of seven tree species native from tropical regions for phytostabilizing copper-polluted soils.</p>	ELEGÍVEL

69	<p>In situ phytoremediation of copper and cadmium in a co-contaminated soil and its biological and physical effects</p> <p>2019; Royal Society of Chemistry; Volume: 9; Issue: 2</p> <p>Linguagem: Inglês</p> <p>10.1039/c8ra07645f</p> <p>ISSN</p> <p>2046-2069</p>	<p>Lei Xu, Xiangyu Xing, Jiani Liang, Jianbiao Peng, Jing Zhou</p>	<p>Phytoremediation is a potential cost-effective technology for remediating heavy metal-contaminated soils. This method was used to evaluate the biomass and accumulation of copper (Cu) and cadmium (Cd) of plant species grown in contaminated soil and their biological and physical effects on the soil. In co-contaminated soils with copper (Cu) and cadmium (Cd), a three-year field experiment was conducted by planting four plant species in the co-contaminated acidic soil treated with hydroxyapatite. The four species produced different amounts of biomass in this order: Pennisetum sp. > Elsholtzia splendens > Setaria lutescens > Sedum plumbizincicola. Over three growing seasons, the best accumulators of Cu and Cd were Elsholtzia splendens and Sedum plumbizincicola, respectively. Overall, Pennisetum sp. was the best species for Cu and Cd removal when biomass was considered. The four plant treatments could improve the content of >0.25 mm mechanically stable (DR0.25) and water-stable (WR0.25) aggregates and significantly improve the aggregate mean mass diameter (MWD) and the geometric mean diameter (GMD). The largest increase was with the treatment of Pennisetum sinense, while the fractal dimension (FD) of mechanically stable aggregates could be significantly reduced by the treatment of Pennisetum sp. Hydroxyapatite and phytoremediation could improve the soil enzyme activity, and Elsholtzia splendens had the best</p>	<p>INELEGÍVEL</p>
----	--	--	---	-------------------

			effect in this respect. This study will provide a better understanding of the remediation of heavy metal contaminated soil.	
70	<p>Research Progress on Phytoremediation of Copper Contaminated Soil by Elsholtzia Plants</p> <p>2005; Soil and Water Conservation Society;</p> <p>Linguagem: Inglês</p> <p>ISSN 1941-3300</p>	Yang Xiao-e	<p>Soil contamination with copper consist mainly of natural source and human activities source.The specific adsorption of copper to soil organic matter,Fe/Al oxide is the main factor affecting copper bioavailability in soil.Nowadays,the phytoremediation materials such as Elsholtzia splendens,Commelina communis,Rumex acetosa Linn,and Elsholtzia argyi have been investigated widely in China for the phytoremediation of copper contaminated soil.Solution culture and pot experiment,field experiment have been done to investigate the physiological and biochemical response to copper toxicity,and the phytoremediation of copper from the contaminated soil by E.splendens.E.argyi also show the potential for the phytoremediation of heavy metal polluted soil.The disposal of remedial materials after removal of their heavy metals from contaminated soil for the fully utilization of phytoremediated plant materials is particularly important to implementate this innovative environmental biotechnology.</p>	ELEGÍVEL

71	Phytoremediation of Copper-Contaminated Soil Using <i>Helianthus annuus</i> , <i>Brassica nigra</i> , and <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.: A Pot Scale Study 2016; Wiley; Volume: 25; Issue: 4 Linguagem: Inglês 10.1002/tqem.21463 ISSN 1520-6483	Anjali G. Lothe, Arti Hansda, Vipin Kumar	Phytoremediation is an eco-friendly and cost-effective technology that uses plants to extract contaminants from the environment or to decrease contaminant toxicity. This article documents a study not only of the effectiveness of copper uptake by <i>Helianthus annuus</i> (common sunflower), <i>Brassica nigra</i> (black mustard), and <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill. (a tomato species), but of where, within these plant species, the copper is accumulated—in the roots or in the shoots. This is vital information, for if these particular plants accumulate copper primarily in their roots, then their edible portions will likely be safe to eat, while if they accumulate the copper in their shoots, their harvestable portions would be harmful to living beings.	INELEGÍVEL
72	Phytoremediation of Copper in Mineral, Distilled and Surface Water using <i>Limnocharis Flava</i> plant 2019; Elsevier BV; Volume: 19; Linguagem: Inglês 10.1016/j.matpr.2019.11.173	Amin Safwan Alikasturi, Mohamad Zarith Amzar Mohamed Kamil, Nur Aiman Amini Mohd Shakri, Magdalyn Empina Serit, Nur Syafiiqah Abdul Rahim, Shahrulzaman	Phytoremediation provides a low cost and sustainable remediation to eliminate the contaminants in water particularly heavy metals. Some plants have the ability to absorb certain metals while some plants do not. This research investigates the potential of different green plants to absorb copper (Cu) in three types of water; distilled, mineral and surface water. A green plant scientifically named as <i>Limnocharis Flava</i> plant were found to be effective in absorbing the Cu contaminants. The rate of absorption of Cu for different plants and water types were determined and monitored in fume	INELEGÍVEL

	ISSN 2214-7853	Shaharuddin, Mohd Razealy Anuar, Aliff Radzuan Mohamad Radzi	cupboard equipped with tungsten bulb under controlled environment; light intensity, humidity, temperature and concentration of CuSO ₄ . In just 5 days of experiment, the highest rate of absorption of Cu was observed in distilled water where the efficiency was 39.9%. Meanwhile, the absorption efficiency of copper in surface water and mineral water samples were 31.5% and 23.6% respectively. The absorption of Cu in different types of water fitted the 1st order, Rate Law model with >90% coefficient of determination. Other plant named Hydrilla Verticillata were studied using the same metal contaminant and conditions resulted with no observable Cu absorption. The concentration of Cu in the water samples throughout the research were analyzed at 324.8 nm wavelength using Atomic Absorption Spectroscopy (AAS).	
73	Co-planting Brassica napus and Salix nigra as a phytomanagement alternative for copper contaminated soil 2021; Elsevier BV; Volume: 279; Linguagem: Inglês 10.1016/j.chemosphere.2021.130517	Aleena Massenet, Amandine Bonet, Joan Laur, Michel Labrecque	Phytoremediation of copper contaminated soil poses particular difficulties because of the low Cu mobility in the soil. Although several plant species, such as willows or Brassicaceae, have been used in the phytomanagement of abandoned brownfields, certain trace elements, such as copper often remain difficult to treat or remove from contaminated soils. An experiment was conducted under semi-controlled conditions to test the phytoremediation potential of co-planting two crop species, Brassica napus L. and Salix nigra 'S05', in soil spiked with two concentrations of Cu (500 mg kg ⁻¹ and 800 mg kg ⁻¹). Particular attention was given to the potential	ELEGÍVEL

	ISSN 1879-1298		of 1) the co-plantation design and 2) uprooting, to efficiently mimic the remediation of a Cu-contaminated soil. Results showed that most Cu was found in plant roots and that the polyculture treatment produced the most overall biomass and maximum stabilization and extraction of Cu of the three treatments tested, regardless of contamination level.	
74	<p>Studies on Phytoremediation of Copper Using Pteridium Aquilinum (Bracken Fern) In the Presence of Biostimulants and Bioassay Using Clarias Gariepinus Juveniles</p> <p>2013; Taylor & Francis; Volume: 16; Issue: 3 Linguagem: Inglês</p> <p>10.1080/15226514.2013.773272</p> <p>ISSN 1549-7879</p>	<p>Flora Eyibio Olaifa, Anamese Jennifer Omekam</p>	<p>A study was carried out to evaluate the uptake of copper from water containing 10 mg/L copper by Pteridium aquilinum (bracken fern) and Clarias gariepinus in the presence of five plant growth stimulants: Nitrogen: phosphorus: potassium (15-15-15: an inorganic fertilizer), pig, cattle, poultry, and a mixture of pig/cattle manures. A plant growth stimulant differentiated each treatment. A 96-hour bioassay using C. gariepinus was carried out at the end of the experiment to test the efficacy of the clean up by P. aquilinum. The control experiment contained no copper or plant growth stimulant. Fish survival, uptake of copper by P. aquilinum, C. gariepinus, concentration of copper in water, hematology and histopathology of the fish were assessed. Higher concentrations of copper were reported in P. aquilinum than in water or C. gariepinus. Low fish mortality was reported with the highest being 20% in the cattle manure-containing treatment.</p>	INELEGÍVEL

75	<p>Phytoremediation Capability and Copper Uptake of Maize (<i>Zea mays</i> L.) in Copper Contaminated Soils</p> <p>2022; Multidisciplinary Digital Publishing Institute; Volume: 2; Issue: 1 Linguagem: Inglês</p> <p>10.3390/pollutants2010007</p> <p>ISSN 2673-4672</p>	<p>Ali Daryabeigi Zand, Karl H. Mühling</p>	<p>Copper is a frequently used heavy metal worldwide and known to be an essential micronutrient for most living organisms including plants. However, excessive levels of copper in soil may adversely affect plant growth and survival. The continuing introduction of copper to soil, e.g., through excessive utilization of agrochemicals has raised serious environmental concerns throughout the world. A variety of plants have the capability to eliminate pollutants from soil through different mechanisms; however, limited information is reported on phytoremediation potential of maize (<i>Zea mays</i> L.) and its uptake and the accumulation potential in copper-containing soils. The effects of additions of 0, 50, 100, 200 and 300 mg kg⁻¹ of copper to soil on growth parameters of <i>Z. mays</i>, copper uptake from soil and accumulation in roots and shoots, and phytoremediation potential of <i>Z. mays</i> were investigated in this research. Copper content in soil and plant samples were determined using atomic absorption spectrophotometry. The addition of 50 mg kg⁻¹ Cu stimulated <i>Z. mays</i> growth parameters, while higher content of Cu exhibited inhibitory effects of plant growth. Results indicated that roots accumulated significantly higher levels of Cu than shoots in all treatments, suggesting dominance of phytostabilization mechanism in remediation of Cu-polluted soil by <i>Z. mays</i>. However, translocation of Cu from the roots to the aerial parts enhanced to some extent with copper level in soil. The greatest Cu</p>	ELEGÍVEL
----	---	---	---	----------

			accumulation capacity of 5210 µg per pot was gained in <i>Z. mays</i> cultivated in soil treated with 200 mg kg ⁻¹ copper. Results demonstrated that <i>Z. mays</i> can promisingly remediate low to moderately copper-contaminated soils.	
76	Phytoremediation of copper-contaminated soil by <i>Artemisia absinthium</i> : comparative effect of chelating agents 2021; Springer Science+Business Media; Volume: 44; Issue: 4 Linguagem: Inglês 10.1007/s10653-021-01151-2 ISSN 1573-2983	Karen Ghazaryan, Hasmik S. Movsesyan, Tatiana Minkina, Dina Nevidomskaya, Vishnu D. Rajput	Phytoremediation is a promising method for the removal of toxic trace elements, specifically of copper, from the contaminated soil in the mining regions of Armenia. Thereby, the objectives of our study were the assessment of copper accumulation capacity and phytoremediation suitability of wormwood (<i>Artemisia absinthium</i> L.), a potential metal hyperaccumulator, as well as the identification of the influence of some chelating agents and their combinations on copper phytoremediation effectiveness. The results of studies have shown that <i>A. absinthium</i> is a relatively well-adapted plant species with the ability to grow in copper-contaminated soils collected from the surroundings of Zangezur Copper and Molybdenum Combine (south-east of Armenia). The observed decrease in plant growth in contaminated soil was possible to restore by the use of ammonium nitrate. It was revealed that for the remediation of copper-contaminated soils by phytostabilisation method, <i>A. absinthium</i> could be grown without the application of chelating agents, as being a perennial herb, it is able to accumulate relatively high contents of copper in its root and do not transfer this metal to the above-ground part at the same time. As opposed to the phytostabilisation method, for the cleaning of	INELEGÍVEL

			copper-contaminated soils through phytoextraction method by <i>A. absinthium</i> , the application of chemical amendments is needed for the enhancement of copper bioavailability and for its intensive transportation to the above-ground part of the plant. Collating the effects of various chemical agents on the plant, we concluded that the growth scheme, when the application of NH_4NO_3 , a promoter of plant growth, is combined with the joint use of citric and malic acids, can be applied as the most expedient approach for remediation of copper-contaminated soils by phytoextraction method.	
77	Investigating the potential of different jute varieties for phytoremediation of copper-contaminated soil 2020; Springer Science+Business Media; Volume: 27; Issue: 24 Linguagem: Inglês 10.1007/s11356-020-09232-y ISSN	Muhammad Hamzah Saleem, Muzammal Rehman, Muhammad Kamran, Javaria Afzal, Hamza Armghan Noushahi, Lijun Liu	Copper (Cu), with many documented cases of Cu toxicity in agriculture lands, is becoming an increasingly common issue in and elsewhere in China. However, fibrous crop such as jute is being used as phytoremediation candidate in Cu-contaminated soils due to its huge biomass. A pot experiment was conducted using four different varieties (HT, C-3, GC, and SH) of jute grown in highly Cu-contaminated soil (2221 mg kg^{-1}), collected from Hubei Province, China. Results from this study showed that C-3 and HT were more resistant to Cu stress, while GC and SH had a serious effect due to high concentration of Cu and a significant decrease in growth and biomass. Furthermore, Cu in roots, leaves, stem core, and bast were higher in C-3 and HT compared with GC and SH. Likewise, at post-harvesting stage, maximum Cu concentration from	ELEGÍVEL

	1614-7499		Cu-contaminated soil was extracted by C-3 and HT while small amount was accumulated by GC and SH. The high content of malondialdehyde (MDA) in the leaves of GC and SH indicated that Cu induced oxidative damage while the antioxidative enzyme activities of superoxidase dismutase (SOD) and peroxidase (POD) were increased to scavenge reactive oxygen species (ROS) formed during oxidative stress in the plants. Conclusively, it can be identified that when grown in Cu-contaminated soil, C-3 and HT have greater ability to grow in polluted soils and possible phytoremediation materials to revoke a large amount of Cu.	
78	Phytoremediation of copper, iron and mercury from aqueous solution by water lettuce (<i>Pistia stratiotes</i> L.) 2019; Springer Science+Business Media; Volume: 2; Issue: 1 Linguagem: Inglês 10.1007/s42398-019-00050-8 ISSN	Vinod Kumar, Jogendra Singh, Ashu Saini, Pankaj Kumar	This study investigated the potential of water lettuce (<i>Pistia stratiotes</i> L.) for removal of copper, iron and mercury (Cu^{2+} , Fe^{3+} and Hg^{2+}) from their aqueous solution amended at different concentration (5, 10 and 15 mg L ⁻¹). The different plant growth attributes viz., fresh plant biomass, total chlorophyll content, kinetic plant growth rate and plant root size were estimated. The results showed that the highest removal of selected metals (Cu^{2+} : 53.20%, Fe^{3+} : 83.20% and Hg^{2+} : 62.14%) was observed in 5 mg L ⁻¹ treatment. The fresh plant biomass (Cu^{2+} : 45.57; Fe^{3+} 90.82 and Hg^{2+} 47.27 g), chlorophyll content (Cu^{2+} : 2.99 ± 0.03 ; Fe^{3+} 4.26 ± 0.06 and Hg^{2+} 3.02 ± 0.03 mg g ⁻¹ fw), kinetic growth rate (Cu^{2+} : 0.0004; Fe^{3+} 0.0011 and Hg^{2+} 0.0006 gg ⁻¹ day ⁻¹) and plant root size (Cu^{2+} : 12.28; Fe^{3+} 16.54 and Hg^{2+} 12.86 cm) were maximum in 5 mg L ⁻¹	INELEGÍVEL

	2523-8922		treatment. The translocation factor of Cu ²⁺ , Fe ³⁺ and Hg ²⁺) was also < 1 in 5 mg L ⁻¹ treatment. The Kruskal–Wallis test showed that the contents of Cu ²⁺ and Hg ²⁺ were statistically significant (P < 0.05) while Fe ³⁺ was not significant (P > 0.05) in the plant tissues. This study suggested that the most efficient remediation of Cu ²⁺ , Fe ³⁺ and Hg ²⁺ and the maximum growth of <i>P. stratiotes</i> can be achieved at 5 mg L ⁻¹ .	
79	<p>Citric acid assisted phytoremediation of copper by <i>Brassica napus</i> L.</p> <p>2015; Elsevier BV; Volume: 120; Linguagem: Inglês</p> <p>10.1016/j.ecoenv.2015.06.020</p> <p>ISSN 1090-2414</p>	<p>Ihsan Elahi Zaheer, Shafaqat Ali, Muhammad Rizwan, Mujahid Farid, Muhammad Bilal Shakoor, Rafaqa Ali Gill, Najeeb Ullah, Naeem Iqbal, Rehan Ahmad</p>	<p>Use of organic acids for promoting heavy metals phytoextraction is gaining worldwide attention. The present study investigated the influence of citric acid (CA) in enhancing copper (Cu) uptake by <i>Brassica napus</i> L. seedlings. 6 Weeks old <i>B. napus</i> seedlings were exposed to different levels of copper (Cu, 0, 50 and 100 µM) alone or with CA (2.5 mM) in a nutrient medium for 40 days. Exposure to elevated Cu levels (50 and 100 µM) significantly reduced the growth, biomass production, chlorophyll content, gas exchange attributes and soluble proteins of <i>B. napus</i> seedlings. In addition, Cu toxicity increased the production of hydrogen peroxide (H₂O₂), malondialdehyde (MDA) and electrolyte leakage (EL) in leaf and root tissues of <i>B. napus</i>. Activities of antioxidant enzymes such as guaiacol peroxidase (POD), superoxide dismutase (SOD), catalases (CAT), ascorbate peroxidase (APX) in root and shoot tissues of <i>B. napus</i> were increased in response to lower Cu concentration (50 µM) but increased under higher Cu concentration (100 µM). Addition of CA into nutrient medium significantly</p>	INELEGÍVEL

			<p>alleviated Cu toxicity effects on <i>B. napus</i> seedlings by improving photosynthetic capacity and ultimately plant growth. Increased activities of antioxidant enzymes in CA-treated plants seems to play a role in capturing of stress-induced reactive oxygen species as was evident from lower level of H₂O₂, MDA and EL in CA-treated plants. Increasing Cu concentration in the nutrient medium significantly increased Cu concentration in <i>B. napus</i> tissues. Cu uptake was further increased by CA application. These results suggested that CA might be a useful strategy for increasing phytoextraction of Cu from contaminated soils.</p>	
80	<p>Phytoremediation of Copper and Cadmium from Water Using Water Hyacinth, <i>Eichhornia Crassipes</i></p> <p>2014; Volume: 2; Issue: 1</p> <p>Linguagem: Inglês</p> <p>10.14355/ijast.2014.0301.01</p> <p>ISSN</p> <p>2327-7645</p>	<p>G. W. Paulsen F. M. Swain, Samrat Adhikari, Pradeep Kumar Mohanty</p>	<p>The present study demonstrated the phytoremediation potential of water hyacinth <i>Eichhornia crassipes</i>, for the removal of copper (Cu) and Cadmium (cd). Young plants of equal size were grown in tap water and supplemented with 0.35, 0.70 and 1.05 mg/L of Cu and 0.27, 0.54 and 0.81 mg/L of Cd individually for 25 days. The experiment showed that both Cu and Cd had effects on plant relative growth. The plant at all the concentrations used in the experiment removed approximately more than 90% of Cu and Cd. Removal of metals from water was fast especially in the first five days. The accumulation of Cu and Cd in roots and stems increased with the initial concentration. At all levels the plants accumulated the highest concentration of Cd in roots, while the highest concentration of Cu was accumulated in stems. The biocentration factor (BCF) of Cu was</p>	INELEGÍVEL

			higher than that of Cd at the same duration, suggesting that the accumulation potential of <i>Eichhornia crassipes</i> for Cu was higher than that for Cd and could be used to treat waste-water contaminated with low Cu and Cd accumulations.	
81	<p>The Potential of <i>Salvia verbenaca</i> for Phytoremediation of Copper Mine Tailings Amended with Technosol and Compost</p> <p>2013; Springer Science+Business Media; Volume: 224; Issue: 4</p> <p>Linguagem: Inglês</p> <p>10.1007/s11270-013-1513-5</p> <p>ISSN</p> <p>1573-2932</p>	<p>Luís A. B. Novo, Emma F. Covelo, Luís González</p>	<p>Unreclaimed mine tailings sites are a worldwide problem. This study evaluates the potential of <i>Salvia verbenaca</i> for phytoremediation of copper mine tailings treated with technosol and compost. Ecophysiological results reveal the species ability to thrive in the assessed range of conditions, while the hydrogen peroxide assays exhibit the plant's capacity to successfully respond to metal toxicity, supporting literature reports about its antioxidant capabilities. Furthermore, the results suggest a selective antioxidant response of <i>S. verbenaca</i> towards Cd, indicative of a protection mechanism against high concentrations of this element. Moderate concentrations of Cu in the roots, adequate translocation and bioconcentration factors, tolerance to metal toxicity, and ecophysiological characteristics classify <i>S. verbenaca</i> as a promising candidate for phytostabilization of mine tailings. The importance of the amendments in order to improve the overall phytostabilization performance is highlighted by the elevated correlations between the treatment properties and the extractable concentrations of trace metals.</p>	INELEGÍVEL

82	<p>EDTA Enhanced Phytoremediation of Copper Contaminated Soils Using Chickpea (<i>Cicer arietinum</i> L.)</p> <p>2013; Springer Science+Business Media; Volume: 91; Issue: 3</p> <p>Linguagem: Inglês</p> <p>10.1007/s00128-013-1072-x</p> <p>ISSN 1432-0800</p>	<p>Murty S. Kambhampati, Văn Tú Vũ</p>	<p>The goal of this research was to determine whether or not chickpea (<i>Cicer arietinum</i> L.), commonly known as Garbanzo beans, is a hyper accumulator for copper (Cu) in contaminated soils amended with EDTA. Statistical analysis (2 tailed Pearson Correlation) revealed significant correlations between: Translocation index and stem biomass ($r = 0.859^{**}$; $p < 0.01$); Tolerance index and stem biomass ($r = 0.762^{**}$; $p < 0.01$); and bioconcentration factor of stem/soil and soil Cu concentration ($r = -0.545^{*}$; $p < 0.05$). Therefore, <i>C. arietinum</i> seems to be a cost-effective and environmentally friendly hyperaccumulator for Cu at 100 ppm Cu and 10 mM EDTA.</p>	INELEGÍVEL
83	<p>Copper uptake and translocation in a submerged aquatic plant <i>Hydrilla verticillata</i> (L.f.) Royle</p> <p>2010; Elsevier BV; Volume: 81; Issue: 9</p> <p>Linguagem: Inglês</p> <p>10.1016/j.chemosphere.2010.09.023</p>	<p>Pei-Ying Xue, Guoxin Li, Wenju Liu, Changzhou Yan</p>	<p>A comprehensive understanding of the uptake, tolerance and transport of heavy metals in the wetland system through aquatic plants will be essential for the development of phytoremediation technologies. Copper accumulation and translocation of a submersed macrophyte <i>Hydrilla verticillata</i> (L.f.) Royle were investigated. Plant shoots showed a significant accumulation of Cu with a maximum of 30 830 mg Cu kg⁻¹ dry weight after exposed to 4000 µg L⁻¹ Cu for 4 d. Both roots and shoots can directly take up Cu from solution and Cu mainly accumulated in cell wall fractions.</p>	INELEGÍVEL

	ISSN 1879-1298		Moreover, <i>H. verticillata</i> predominantly accumulated Cu through shoots from the aqueous solutions because of the higher weights and bioaccumulation factors of shoots than those of roots. Acropetal translocation of Cu in the plant is higher than the basipetal translocation, which implies that upward translocation of Cu is mainly via the xylem and downward translocation is mainly through the phloem. These findings contribute to the application of submerged aquatic plants to copper removal from moderately contaminated waters.	
84	USO DA FITORREMEDIAÇÃO COMO TRATAMENTO PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS v. 16 n. 02 (2023) Revista Foco https://doi.org/10.54751/revistafoco.v16n2-112 ISSN 1981-223X	Brunna Castilhos Petersen Débora Machado de Souza Joice Brochier Schneider Jenifer Lima da Silva Larissa da Costa Ludwig Regina Célia Espinosa Modolo Daiane Calheiro Evaldt Carlos Alberto Mendes Moraes	A fitorremediação é uma técnica comumente utilizada em processo de descontaminação de áreas que tem ganhado destaque nos últimos anos por se tratar de uma forma eficiente aplicada in situ, pela sua viabilidade econômica e por tratar-se de uma tecnologia menos prejudicial ao meio ambiente. Tendo em vista o potencial uso da fitorremediação no Brasil pelas condições climáticas favoráveis e expressiva biodiversidade botânica, o objetivo da pesquisa é apresentar algumas características e mecanismos da técnica e as espécies já utilizadas em território brasileiro para remoção de diferentes tipos de contaminantes. Para isso, foi realizada uma revisão bibliográfica que aborda as categorias da fitorremediação, suas vantagens e desvantagens e trabalhos desenvolvidos no país. Os resultados obtidos demonstram que apesar das desvantagens, como maior tempo para observar os efeitos da remediação comparado com técnicas convencionais e a	INELEGÍVEL

			<p>adaptação das espécies em locais contaminados distintos, a fitorremediação se mostra uma tecnologia promissora devido às diferentes estruturas genéticas, morfológicas, fisiológicas e anatômicas que as plantas podem empregar para a recuperação ambiental bem como a possível associação de duas ou mais espécies vegetais para ampliar a eficiência da descontaminação. Os estudos realizados no Brasil utilizando diversas plantas nativas têm foco na aplicação em áreas degradadas por herbicidas e contaminadas por metais pesados. Os resultados alcançados têm sido satisfatórios, evidenciando o favorável uso desta técnica. Foi possível verificar também que há necessidade de maior produção científica da área de fitorremediação no país para obtenção de mais espécies nativas como potenciais agentes remediadoras para diferentes classes de contaminantes.</p>	
85	<p>Fitorremediação de Solo Contaminado por Metais Pesados v. 12 n. 2 (2019) Cadernos de Prospeção</p> <p>DOI: https://doi.org/10.9771/cp.v12i2.27308</p>	<p>Marissol Leite, Elenara Pereira Ventura Guajajara, Sanderson Silva, Wesley Lima da Silva, Sidnei Cerqueira dos Santos</p>	<p>A fitorremediação é uma técnica que utiliza plantas para remediar áreas contaminadas com metais pesados. Essa técnica possui grande vantagem devido à alta diversidade de vegetais que podem ser encontrados na natureza. Este trabalho teve como objetivo fazer o levantamento tecnológico dos métodos de fitorremediação usados na recuperação de ambientes impactados por metais pesados. A pesquisa foi realizada nos bancos de dados de patentes do Escritório Europeu de Patentes (Espacenet®) e do Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), utilizando as palavras-chave: remediação, planta, solo, metal pesado,</p>	INELEGÍVEL

	ISSN 1983-1358		recuperação e fitorremediação, e os códigos B09C1/00 e A01H5/00 da Classificação Internacional de Patentes. A China foi o destaque nesta pesquisa, apresentando os principais inventores e universidades detentoras de patentes, tendo o auge de depósito no ano de 2009. A técnica de fitorremediação mais utilizada foi a fitoextração. As tecnologias fitorremediadoras se mostram bastante promissoras para atender o mercado que é cada vez mais exigente e preocupado com os impactos ambientais.	
86	Fitorremediação de solos contaminados com metais: panorama atual e perspectivas de uso de espécies florestais v. 11 n. 1 (2019): Revista Virtual de Química ISSN 1984-6835	Tiago José da Silva, Felipe Augusto Santiago Hansted, Paulo Sergio Tonello, Danielle Goveia	A fitorremediação é uma técnica que utiliza plantas para recuperação de solos contaminados. Esse método apresenta vantagens devido à sua natureza permanente, combinada à baixos custos de manutenção, proteção contra a erosão eólica e hídrica e maior estruturação dos solos. Atualmente a maior parte das pesquisas relacionadas a espécies capazes de fitorremediar solos contaminados com metais trabalham com espécies vegetais de ciclo anual, entretanto devido a limitações encontradas nessas espécies projeta-se cada vez mais a possibilidade de uso de espécies florestais em programas de fitorremediação, por serem apropriadas para a revegetação de áreas contaminadas e propiciar ainda retorno econômico. Esta revisão teve como objetivo apresentar as principais técnicas de fitorremediação utilizadas e analisar as perspectivas de utilização de espécies florestais em programas de fitorremediação. Os relatos na literatura apontam diversas dessas espécies com capacidades reais de uso, além disso têm sido apontadas como	INELEGÍVEL

			tolerantes a solos em estágios de grande contaminação, e sua capacidade de fixação de contaminante em suas estruturas por maior tempo em relação a espécies vegetais de ciclo anual. O fator limitante no pleno uso dessas espécies ainda é o reduzido número de pesquisas, que por consequência faz com que muitas espécies eficazes deixem de ser identificadas para fitorremediação.	
87	<p>Metais pesados em solos de área de mineração e metalurgia de chumbo: I - Fitoextração</p> <p>Revista Brasileira de Ciência do Solo 33(6)</p> <p>DOI:10.1590/S0100-06832009000600037</p> <p>ISSN 1879-1888</p>	<p>Maurício Gomes de Andrade, Vander de Freitas Melo, Juarez Gabardo, Luiz Cláudio de Paula Souza, Carlos Bruno Reissmann</p>	<p>A fitoextração tem sido sugerida como alternativa viável às práticas tradicionais de recuperação de solos contaminados por metais pesados (remoção do solo e destinação em aterros ou coprocessamento em cimento, etc.), em razão dos menores custos e por ser menos impactante ao ambiente. Este trabalho objetivou avaliar a fitoextração induzida (uso de ácido cítrico como agente quelante) de metais pesados, com o cultivo de aveia-preta (<i>Avena strigosa</i> Schreber), girassol (<i>Helianthus annuus</i> L.) e grama-batatais (<i>Paspalum notatum</i> Flüggé), em solos poluídos (solos 2, 3 e 4) de uma área de mineração de Pb em Adrianópolis (PR). O solo 1 foi amostrado em área de mata nativa (referência). O experimento foi realizado em casa de vegetação, com três repetições. Foram determinados os teores de Pb, Cd, Cu, Ni, Cr e Zn no solo com HNO₃ /HCl (3:1) concentrados. Após a colheita das plantas, determinaram-se a massa de matéria seca e os teores de metais pesados nas raízes e parte aérea (digestão nítrico-perclórica). Os solos contaminados (2, 3 e 4) apresentaram as seguintes faixas de teores de</p>	INELEGÍVEL

			metais pesados (mg kg ⁻¹): Pb -2.598,5 a 9.678,2; Cd -1,9 a 22,2; Cu -165,5 a 969,2; Ni -22,6 a 38,4; Cr -15,2 a 27,8; e Zn -87,4 a 894,8. A adição de quelante não induziu a uma absorção mais efetiva de metais pesados pelas plantas. O solo 2 possibilitou melhor crescimento das plantas, e o girassol deve ser preferido na fitorremediação das áreas sob as mesmas condições. Na área próxima à planta fabril (solo 3) e nas áreas com grande ocorrência de rejeitos (solo 4), a fitoextração não foi eficiente.	
88	Fitorremediação de Solos Contaminados – O Estado da Arte. In: XXV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2005, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: ENEGEP, 2005. p. 5273-5280.	André Luis Faustino Anselmo, Cleveland Maximino Jones	A fitorremediação é uma técnica que utiliza plantas como o agente de descontaminação do solo e da água. É uma alternativa aos métodos convencionais de remoção física da camada contaminada do solo, ou do tratamento da água ou do solo com diversas tecnologias, como lavagem dos sedimentos, biorremediação, etc., sendo vantajosa principalmente por apresentar potencial para tratamento in situ e por ser economicamente viável. Além disso, após extrair os contaminantes do solo, as plantas os armazenam em seus tecidos, permitindo um tratamento subsequente, ou os metabolizam, podendo, em alguns casos, transformá-los em produtos menos tóxicos ou mesmo inócuos. A fitorremediação pode ser empregada em solos contaminados por substâncias inorgânicas e/ou orgânicas. Resultados promissores já foram obtidos para metais pesados, hidrocarbonetos, agrotóxicos, explosivos, solventes clorados e resíduos tóxicos da indústria.	ELEGÍVEL

89	<p>Produção de mudas de <i>Schizolobium amazonicum</i> em rejeito de mineração de cobre e fertilizante orgânico.</p> <p>Educ. Ci. e Saúde , v. 9, n. 1, p. 1-19, jan./jun. 2022.</p> <p>DOI http://dx.doi.org/10.20438/ecs.v9i1.437</p>	Martins, E. C. B.,	<p>O rejeito do processo de mineração de cobre depositado em barragens temse tornado um problema socioambiental. Através da fitorremediação é possível reutilizar o rejeito de mineração para produção de mudas de espécies florestais, como o <i>Schizolobium amazonicum</i> Huber ex Ducke para cultivos em áreas degradadas. O objetivo da pesquisa foi produzir mudas de <i>Schizolobium amazonicum</i> utilizando rejeito de mineração de cobre e matéria orgânica. O experimento foi conduzido na Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, em Marabá-PA. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado. As avaliações morfométricas foram altura, o diâmetro de caule e o número de folhas. A fitomassa seca foi pesada e serviu para determinação do índice e fator de translocação, coeficiente de extração e índice de qualidade de Dickson. Foi realizada à análise de variância e comparadas pelo teste de Tukey a $\alpha \leq 0,05$. Com o decréscimo de cobre no substrato, houve acréscimo na altura das plantas e no número de folhas sendo que as mudas do T5 obtiveram um crescimento satisfatório, pois atingiram 60 dias com a medida morfométrica da altura adequada para a espécie. Para o índice de qualidade de Dickson, as mudas se apresentaram aptas a serem cultivadas no campo.</p>	ELEGÍVEL
----	--	--------------------	--	----------

90	<p>Growth response and phytoextraction of copper at different levels in soils by <i>Elsholtzia splendens</i>, <i>Chemosphere</i>, Volume 55, Issue 9, 2004, Pages 1179-1187</p> <p>ISSN 0045-6535</p> <p>https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2004.01.026</p>	<p>L.Y Jiang, X.E Yang, Z.L He</p>	<p>Phytoremediation is a promising approach for cleaning up soils contaminated with heavy metals. Information is needed to understand growth response and uptake mechanisms of heavy metals by some plant species with exceptional capability in absorbing and superaccumulating metals from soils. Greenhouse study, field trial, and old mined area survey were conducted to evaluate growth response and Cu phytoextraction of <i>Elsholtzia splendens</i> in contaminated soils, which has been recently identified to be tolerant to high Cu concentration and have great potential in remediating contaminated soils. The results from this study indicate that the plant exhibited high tolerance to Cu toxicity in the soils, and normal growth was attained up to 80 mg kg⁻¹ available soil Cu (the NH₄OAc extractable Cu) or 1000 mg kg⁻¹ total Cu. Under the field conditions, a biomass yield of 9 ton ha⁻¹ was recorded at the soil available Cu level of 77 mg kg⁻¹, as estimated by the NH₄OAc extraction method. Concentration-dependent uptake of Cu by the plant occurred mainly at the early growth stage, and at the late stage, there is no difference in shoot Cu concentrations grown at different extractable soil Cu levels. The extractability of Cu from the highly polluted soil is much greater by the roots than that by the shoots. The NH₄OAc extractable Cu level in the polluted soil was reduced from 78 to 55 mg kg⁻¹ in the soil after phytoextraction and removal of Cu by the plant species for one growth season. The depletion of extractable Cu level in the</p>	ELEGÍVEL
----	--	------------------------------------	--	----------

			rhizosphere was noted grown in the mined area, even at high Cu levels, the NH ₄ OAc extractable Cu in the rhizosphere was 30% lower than that in the bulk soil. These results indicate that phytoextraction of <i>E. splendens</i> can effectively reduce the plant-available Cu level in the polluted soils.	
--	--	--	--	--