

RESSALVA

Atendendo a solicitação do autor, este
arquivo será disponibilizado somente a
partir de
23/02/2023.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

VICTOR HUGO CRUZ

**TOLERÂNCIA DE ADUBOS VERDES ASSOCIADOS A INOCULANTES
MICROBIANOS EM SOLO COM TEBUTHIURON**

**Ilha Solteira
2023**

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

VICTOR HUGO CRUZ

**TOLERÂNCIA DE ADUBOS VERDES ASSOCIADOS A
INOCULANTES MICROBIANOS EM SOLO COM TEBUTHIURON**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP como parte do requisito obrigatório para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Especialidade: Sistemas de Produção

Orientador: Prof. Dr. Paulo Renato Matos Lopes

Ilha Solteira
2023

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

C957t Cruz, Victor Hugo.
Tolerância de adubos verdes associados a inoculantes microbianos em solo com tebuthiuron / Victor Hugo Cruz. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2023
102 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistemas de Produção, 2023

Orientador: Paulo Renato Matos Lopes
Inclui bibliografia

1. Bioaugmentação. 2. Ecotoxicidade. 3. Feijão-de-porco. 4. Fitorremediação. 5. Mucuna-cinza.


Raiane da Silva Santos

Supervisora Técnica de Seção
Seção Técnica de Referência, Atendimento ao usuário e Documentação
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação
CRB/8 - 9999



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Ilha Solteira

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Tolerância de adubos verdes associados a inoculantes microbianos em solo com tebuthiuron

AUTOR: VICTOR HUGO CRUZ

ORIENTADOR: PAULO RENATO MATOS LOPES

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Agronomia, especialidade: Sistemas de Produção pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. PAULO RENATO MATOS LOPES (Participação Presencial)
Departamento de Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena - UNESP

Prof. Dr. LEANDRO TROPALDI (Participação Presencial)
Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena - UNESP

Prof. Dr. LEONARDO GOMES DE VASCONCELOS (Participação Virtual)
UFMT

Ilha Solteira, 23 de fevereiro de 2023

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço imensamente à Santíssima Trindade pelo dom da vida e inteligência;

À minha família, Jucileia Cristina Cruz, Luiz Carlos da Cruz, Vilma de Campos Cruz, Ana Carolina de Campos Cruz, Daniele Santina da Cruz Araújo, Laércio Esquerdo, Igor Fabiano Araújo e demais familiares pelo apoio em todos os momentos difíceis que passei;

Ao meu orientador, Prof. Dr. Paulo Renato Matos Lopes pela paciência, confiança, preocupação, e em especial, pela sua amizade;

Aos membros da banca do Exame Geral de Qualificação e da Defesa de Dissertação, Prof. Dr. Leandro Tropaldi (FCAT/Unesp) e Prof. Dr. Leonardo Gomes de Vasconcelos (UFMT);

Aos professores da FCAT/Unesp, especialmente ao Prof. Evandro Pereira Prado;

Aos Prof. Dr. Vitor Correa de Mattos Barretto, Prof. Dr. Ronaldo Cintra Lima, Prof. Dr. Ronaldo da Silva Viana que contribuíram significativamente com este trabalho;

Aos funcionários da FCAT/Unesp, Alan Roger Cenerine Carvalho, Fábio Ribeiro da Silva, Arnaldo Carneiro da Silva, Mirian Alves de Faria, Heloísa Noemi Bello, Gustavo Faccin, Andréia da Silva Pepeliskof e Carlos Eduardo Gandolfi por todo o suporte técnico e amizade;

Ao meu melhor amigo Bruno Rafael de Almeida Moreira, pelos conselhos, companheirismo, diversos momentos felizes e também pela análise na íntegra de dados do meu experimento;

Aos meus melhores amigos, Edivaldo Wilson de Lima, Yanca Araujo Frias e Artur Bernardeli Nicolai, pelos conselhos, companheirismo e diversos momentos felizes;

Aos meus amigos e membros do GAIA (FCAT/Unesp) e de outros grupos pesquisas, em especial a Thalia Silva Valério, Munick Beato Aragão e Alexandre Ninhaus Silveira;

Aos meus melhores amigos de infância e adolescência, Denis Henrique Catelan Cardoso, Jennifer Natsumi Yamamoto, Gustavo Fávaro Lopes e Carla Alves pelos conselhos, incentivos e diversos momentos felizes;

À FAPESP (Processo 2021/01884-6) por todo suporte financeiro;

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Sistema de Produção da FEIS/Unesp, pela oportunidade;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), que financia o Programa de Pós-Graduação em Agronomia;

À empresa MicroGreen - Soluções Biotecnológicas, por ceder os inoculantes microbianos; e

Enfim, agradeço a todos e todas que contribuíram direta ou indiretamente pelo desenvolvimento da pesquisa!

“Religião e ciência andam juntas. Como disse antes, a ciência sem religião é manca e a religião sem ciência é cega. Elas são interdependentes e têm um objetivo comum – a busca da verdade”

Albert Einstein

RESUMO

O intuito dessa pesquisa foi avaliar a tolerância e a capacidade de fitorremediação da mucuna-cinza (*Mucuna pruriens* L. var. *Pruriens*) e feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* L.) associado a inoculantes microbianos em solo com o herbicida tebuthiuron. A pesquisa foi executada entre setembro/2021 e março/2022, sob delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial triplo, com sete replicatas, resultando no total 126 unidades experimentais. Foram considerados os seguintes fatores: (1º) Tebuthiuron: ausência ou dose recomendada (TBT); (2º) Inoculante microbiano: ausência, líquido (Liq) ou sólido (Sol); 3º (Plantas): ausência, mucuna-cinza (MP) ou feijão-de-porco (CE). Como espécie sentinela foi utilizada a crotalária (*Crotalaria juncea*). Ao longo do período experimental foram avaliados a altura e a biomassa seca da planta. O potencial ecotoxicológico das amostras de solo também foi avaliado temporalmente por meio do índice de germinação de sementes de alface. Os dados de biomassa seca foram avaliados por meio da análise de variância (ANOVA a 5% de probabilidade) e teste de comparação de médias (Tukey a 5% de probabilidade). Para a elaboração do modelo não-linear de *Gompertz* utilizou-se os dados de altura (MP, CE e crotalária) e o índice de germinação da alface. As análises estatísticas foram realizadas através dos softwares R, *GraphPad Prism* e *Microsoft Excel*® 2019. A longo prazo, a atenuação natural pode dissipar paulatinamente o herbicida tebuthiuron do solo, e isso é perceptível nos bioensaios ecotoxicológicos, pois foram obtidos resultados satisfatórios no índice de germinação final (0,96) e na velocidade de crescimento ($k=0,0314$). A *M. pruriens* foi tolerante ao herbicida tebuthiuron, em virtude do seu rápido estabelecimento ($k = 0,109$) quando comparado a *C. ensiformis* ($k = 0,069$). Além disso, essa espécie pode ser considerada uma fitorremediadora do herbicida tebuthiuron, em virtude dos resultados obtidos no cultivo de *C. juncea* (taxa específica de crescimento = 0,0330; biomassa seca: 3,52 g) e bioensaios ecotoxicológicos (velocidade de crescimento = 0,0632), quando comparado aos tratamentos com *C. ensiformis*. Consequentemente, os resultados mostraram que *C. ensiformis* tem maior dependência da bioaugmentação do que *M. pruriens*. Assim, notou-se que o efeito fitotóxico em *C. juncea* foi reduzido em CE + Liq/Sol + TBT (CE + Liq +

TBT = 6,27 g > CE + Sol + TBT = 6,21 g), além de ser observado melhor desempenho vegetal de *L. sativa* em CE + Sol + TBT ($k = 0,0480$) e CE +Liq + TBT ($k = 0,0422$). Portanto, os achados dessa pesquisa evidenciam que o cultivo de potenciais fitorremediadores associado a bioaugmentação podem reduzir os efeitos antagônicos do herbicida tebuthiuron no ecossistema, seja ele edáfico ou aquático.

Palavras-chave: bioaugmentação, ecotoxicidade, feijão-de-porco, fitorremediação, mucuna-cinza.

ABSTRACT

The aim of this research was to evaluate the tolerance and capacity of phytoremediation of velvet bean (*Mucuna pruriens* L. cv. Pruriens) and jack bean (*Canavalia ensiformis* L.) associated with microbial inoculants in soil with the herbicide tebuthiuron. The research was carried out between September/2021 and March/2022, under completely randomized design, in a triple factorial scheme, with seven replicates, resulting in 126 experimental units. The following factors were considered: (1°) Tebuthiuron: absence or recommended dose (TBT); (2°) Microbial inoculant: absence, liquid (Liq) or solid (Sol); (3°) Plants: absence, velvet bean (MP) or jack bean (CE). Sunn hemp (*Crotalaria juncea*) was used as sentinel species. Throughout the experimental period, plant height and dry biomass were evaluated. The ecotoxicological potential of the soil samples was also evaluated temporally throughout of the lettuce seed germination index. The dry biomass data were evaluated using analysis of variance (ANOVA at 5% probability) and comparison of average test (Tukey at 5% probability). For the elaboration of the *Gompertz* non-linear model, the data of plant height and dry biomass were evaluated (MP, CE and sunn hemp), and the germination index of lettuce were used. Statistical analyses were performed using R, GraphPad Prism and Microsoft Excel® 2019 software. In the long term, natural attenuation can gradually dissipate the herbicide tebuthiuron from the soil, and this is noticeable in the ecotoxicological bioassays, as satisfactory results were obtained in the final germination index (0.96) and growth speed ($k=0.0314$). *M. pruriens* was tolerant to the herbicide tebuthiuron due to its rapid establishment ($k = 0.109$) when compared to *C. ensiformis* ($k = 0.069$). Furthermore, this species can be considered a phytoremediator of the herbicide tebuthiuron due to the results obtained in *C. juncea* cultivation (specific growth rate = 0.0330; dry biomass: 3.52 g) and ecotoxicological bioassays (growth velocity = 0.0632) when compared to treatments with *C. ensiformis*. Consequently, the results showed that *C. ensiformis* has greater dependence on bioaugmentation than *M. pruriens*. Thus, to note that the phytotoxic effect on *C. juncea* was reduced in CE + Liq/Sol + TBT (CE + Liq + TBT = 6.27 g > CE + Sol + TBT = 6.21 g), and better plant performance of *L. sativa* was observed in CE + Sol + TBT ($k = 0.0480$) and CE

+Liq + TBT ($k = 0.0422$). Therefore, the findings of this research show that the cultivation of potential phytoremediators associated with bioaugmentation can reduce the antagonistic effects of the herbicide tebuthiuron in the ecosystem, whether edaphic or aquatic.

Keywords: bioaugmentation, ecotoxicity, jack bean, phytoremediation, velvet bean.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Tonalidades referentes aos níveis toxicológicos dos pesticidas padronizados pelo IBAMA.....	24
Figura 2	- Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena. (A) Imagem importada de um satélite; e (B) Fachada da faculdade.....	39
Figura 3	- Produtos adquiridos para instalação experimental. (A) Herbicida tebuthiuron; (B) Inoculante líquido; e (C) Inoculante sólido.....	40
Figura 4	- Sementes das espécies potencialmente fitorremediadoras. (A) <i>M. pruriens</i> e (B) <i>C. ensiformis</i>	41
Figura 5	- Sementes de <i>C. juncea</i>	42
Figura 6	- Sementes de <i>L. sativa</i>	42
Figura 7	- Insumos agrícolas utilizados na correção do solo. (A) Calcário; (B) Ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio; (C) Mistura dos insumos agrícolas no solo; e (D) Umedecimento do solo.....	44
Figura 8	- Separação de vasos para inoculação microbiana.....	45
Figura 9.	- Aplicação do herbicida tebuthiuron.....	46
Figura 10	- Experimento com as espécies vegetais. (A) Sementes de <i>C. ensiformis</i> e <i>M. pruriens</i> (B) Semeadura nos vasos. (C) Cultivo das espécies vegetais em DIC.....	47
Figura 11	- Imagem meramente ilustrativa mostrando o desenvolvimento de <i>M. pruriens</i> entre 0 DAS e 14 DAS.....	48
Figura 12	- Plantas sendo removidas dos vasos, pesadas e secadas. (A) Lavagem das plantas de <i>C. juncea</i> ; (B) Planta de <i>M. pruriens</i> dentro da bandeja; (C) Planta de <i>M. pruriens</i> vista longitudinalmente; (D) Conferência do comprimento da <i>M. pruriens</i> ; (E)	49

	Aferição da biomassa fresca de <i>M. pruriens</i> ; e (F) Plantas dispostas em estufa para secagem.....	
Figura 13	- Metodologias para extração do solubilizado de solo. (A) Coleta do solo; (B) Adição de 25 g de solo em frascos Erlenmeyer; (C) Adição de água deionizada em frascos Erlenmeyer; (D) Homogeneização da solução; e (E) Extrato aquoso formado.....	51
Figura 14	- Preparo dos bioensaios ecotoxicológicos. (A) Disposição de 10 sementes de <i>L. sativa</i> em placas de Petri com papel filtro qualitativo; (B) Adição de 2,0 mL do solubilizado nas placas de Petri; (C) Solução de sulfato de zinco pronto para ser adicionado na placa referente ao Controle Positivo; (D) Bancada laboratorial com equipamentos utilizados no preparo dos bioensaios; e (E) Placas de Petri prontas para serem destinadas à BOD.....	52
Figura 15	- Triângulo textural do solo.....	56
Figura 16	- Efeitos fitotóxicos em tratamentos e tempos da <i>M. pruriens</i> . (A) 10 DAS; (B) 20 DAS; e (C) 30 DAS.....	58
Figura 17	- Efeitos fitotóxicos em diferentes tratamentos e tempos do <i>C. ensiformis</i> . (A) 30 DAS; (B) 40 DAS; e (C) 60 DAS.....	59
Figura 18	- Exemplo de uma curva de Gompertz juntamente com seus parâmetros e forma de interpretação.....	60
Figura 19	- Desenvolvimento cinético de <i>M. pruriens</i> (MP) e <i>C. ensiformis</i> (CE) como potenciais fitorremediadores do herbicida tebuthiuron (TBT) no solo com inoculantes sólido (Sol) ou líquido (Liq) a partir do modelo de <i>Gompertz</i>	62
Figura 20	- Produção de biomassa seca de <i>M. pruriens</i> (MP) e	65

	<i>C. ensiformis</i> (CE) em solo associado ou não com tebutiuron (TBT) e/ou inoculantes sólido (Sol) ou líquido (Liq) após 70 DAS.....	
Figura 21	- Desenvolvimento cinético da altura de <i>C. juncea</i> como espécie bioindicadora em solo com tebutiuron (TBT) e inoculantes sólido (Sol) ou líquido (Liq) a partir do modelo de <i>Gompertz</i> . Ref – solo controle de referência sem adubo verde e inoculantes.....	68
Figura 22	- Desenvolvimento cinético de <i>C. juncea</i> como espécie bioindicadora em solo com tebutiuron (TBT) e inoculantes sólido (Sol) ou líquido (Liq) a partir do modelo de <i>Gompertz</i>	69
Figura 23	- Produção de biomassa fresca e seca de <i>C. juncea</i> em solo associado ou não com tebutiuron (TBT), inoculantes sólido (Sol) ou líquido (Liq) e/ou as diferentes plantas <i>M. pruriens</i> (MP) e <i>C. ensiformis</i> (CE) após 63 DAS. Ref – solo controle de referência sem adubo verde e inoculantes.....	73
Figura 24	- Desenvolvimento cinético do índice de germinação de <i>L. sativa</i> nos bioensaios de ecotoxicidade em amostras de solo com tebutiuron (TBT) e inoculantes sólido (Sol) ou líquido (Liq) a partir do modelo de <i>Gompertz</i> . Ref – solo controle de referência sem adubo verde e inoculantes.....	77
Figura 25	- Desenvolvimento cinético do índice de germinação de <i>L. sativa</i> nos bioensaios de ecotoxicidade em amostras de solo com tebutiuron (TBT) e inoculantes sólido (Sol) ou líquido (Liq) a partir do modelo de <i>Gompertz</i>	78
Figura 26	- Dinâmica de efeitos aleatórios (tebutiuron) e fixos (adubos verdes – <i>M. pruriens</i> e <i>C. ensiformis</i> ; e inoculantes microbianos – líquido e sólido) sobre a	81

taxa específica do índice de germinação (IG) de *L. sativa* nos bioensaios de ecotoxicidade nas amostras de solo.....

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Principais estados produtores de cana-de-açúcar no Brasil.....	21
Tabela 2	- Herbicidas utilizados em áreas produtoras de cana-de-açúcar.....	23
Tabela 3	- Espécies vegetais em áreas de cana-de-açúcar que o herbicida tebuthiuron pode controlar.....	25
Tabela 4	- Características físico-químicas do herbicida tebuthiuron.....	26
Tabela 5	- Espécies testadas para fitorremediar o herbicida tebuthiuron em solos agrícolas.....	30
Tabela 6	- Espécies eficientes na fitorremediação do herbicida tebuthiuron em solos agrícolas.....	31
Tabela 7	- Espécies sensíveis ao herbicida tebuthiuron.....	34
Tabela 8	- Identificação dos tratamentos conforme a sua sigla.....	43
Tabela 9.	- Análise química do solo antes e após o pré-cultivo de <i>C. ensiformis</i> e <i>M. pruriens</i>	57
Tabela 10	- Parâmetros dos modelos cinéticos de Gompertz para a altura de <i>M. pruriens</i> (MP) e <i>C. ensiformis</i> (CE) como potenciais fitorremediadores de tebuthiuron (TBT) no solo com inoculantes sólido (Sol) ou líquido (Liq).....	63
Tabela 11	- Parâmetros dos modelos cinemáticos do tipo Gompertz para a altura de <i>C. juncea</i> como espécie bioindicadora em do tebuthiuron (TBT) no solo com <i>M. pruriens</i> (MP) e <i>C. ensiformis</i> (CE) e inoculantes líquido (Liq) ou sólido (Sol).....	70
Tabela 12	- Parâmetros dos modelos cinéticos de Gompertz para o índice de germinação de <i>L. sativa</i> nos bioensaios de ecotoxicidade em amostras de solo com tebuthiuron (TBT) e inoculantes sólido (Sol) ou	79

líquido (Liq) associados ou não às diferentes plantas, tanto para a *M. pruriens* (MP) e *C. ensiformis* (CE).....

SUMÁRIO

1	REVISÃO DE LITERATURA	20
1.1	Cana-de-açúcar: panorama histórico e econômico	20
1.2	Plantas daninhas: efeitos prejudiciais e métodos de controle.....	21
1.2.1	Herbicidas: panorama de utilização e tipos de classificação	22
1.2.2	Tebuthiuron: características e riscos ambientais	24
1.3	Despoluição ambiental: métodos remediatórios de pesticidas	27
1.3.1	Biorremediação: contextualização e benefícios ambientais	27
1.3.2	Fitorremediação: contextualização, vantagens e desvantagens	28
1.3.3	Bioaumentação: contextualização, vantagens e desvantagens	32
1.4	Comportamento ambiental de pesticidas: contextualização.....	33
1.4.1	Cultivo de plantas bioindicadoras: contextualização e espécies utilizadas 34	
1.4.2	Bioensaios ecotoxicológicos: contextualização, inferências metodológicas 35	
2	OBJETIVOS	38
2.1	Objetivo Geral	38
2.2	Objetivos específicos	38
3	MATERIAIS E MÉTODOS	39
3.1	Local e período de experimentação	39
3.2	Solo.....	39
3.3	Herbicida tebuthiuron e inoculantes microbianos.....	40
3.4	Espécies vegetais.....	41
3.4.1	Potenciais fitorremediadores	41
3.4.2	Planta bioindicadora.....	41
3.4.3	Organismo-teste	42
3.5	Delineamento experimental	42
3.6	Preparação das unidades experimentais	44
3.6.1	Correção da fertilidade e acidez do solo.....	44
3.6.2	Inoculação microbiana.....	44
3.6.3	Pulverização do herbicida	45
3.7	Semeadura das espécies vegetais.....	46
3.8	Avaliações nos experimentos	47
3.8.1	Espécies vegetais.....	47
3.8.2	Bioensaios ecotoxicológicos.....	50
3.9	Análise de dados	52

3.9.1	Tratamento prévio dos dados.....	52
3.9.2	Análise de variância e teste de comparação de médias.....	53
3.9.3	Modelagem de <i>Gompertz</i>	53
3.9.4	Análise multivariada do índice de germinação	54
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
4.1	Caracterização química do solo.....	56
4.2	Desenvolvimento de mucuna-cinza e feijão-de-porco.....	58
4.2.1	Parâmetros morfométricos: altura.....	58
4.2.2	Acúmulo de biomassa.....	63
4.3	Desenvolvimento de crotalária	65
4.3.1	Parâmetros morfométricos: altura.....	65
4.3.2	Acúmulo de biomassa.....	71
4.4	Bioensaios ecotoxicológicos	73
4.4.1	Índice de germinação.....	73
4.4.2	Análise multivariada do índice de germinação	80
5	CONCLUSÃO	82
	REFERÊNCIAS	83

1 INTRODUÇÃO

O tebuthiuron (1-(5-tert-butyl-1,3,4-thiadiazol-2-yl)-1,3-dimethylurea) é um herbicida sistêmico, não seletivo, pertencente à família das fenilureias, que tem sido frequentemente aplicado em canaviais (FANG; SHEN; CHEN, 2012; QIAN *et al.*, 2017). Quando este herbicida é diretamente pulverizado no solo, sua ação pré-emergente pode ser capaz de eliminar plantas de folhas estreitas e largas (ROMAN *et al.*, 2005), através da inibição da fotossíntese (HUSSAIN *et al.*, 2015), por meio do bloqueio do fluxo de transporte de elétrons no fotossistema II nas membranas dos tilacóides. No entanto, características físico-químicas pertencentes a este herbicida, tais como alta solubilidade em água (2,50 g L⁻¹), fácil disseminação entre os perfis edáficos e elevada persistência ambiental (até 18 meses), podem causar contaminação dos ecossistemas aquáticos e terrestres (PPDB, 2023), afetando negativamente organismos não-alvos (SARAPIROM *et al.*, 2022). Por tais motivos, a implementação da biorremediação é necessária (FERREIRA *et al.*, 2022).

A biorremediação é uma técnica que usufrui de atividades biológicas para eliminar quaisquer pesticidas, seja ele em meio aquoso ou sólido (LUO *et al.*, 2017). Nesse sentido, a atenuação natural executada pela microbiota indígena é a principal via de dissipação dos herbicidas do fotossistema II (MERCURIO *et al.*, 2015). Embora esta técnica seja naturalmente eficaz para degradar os pesticidas, algumas adversidades bióticas ou abióticas podem interferir negativamente na eficiência da taxa de degradação, sendo necessária o uso estratégias suplementares (ZANGANEH *et al.*, 2022).

Segundo Lima *et al.* (2022), a fitorremediação é uma das estratégias mais úteis para remediar solos contaminados com herbicida tebuthiuron. Espécies vegetais como *Canavalia ensiformis* L., *Cajanus cajan* (L.) Millsp., *Mucuna pruriens* L. var. *Pruriens*, *Pennisetum typhoides* (Burm.f.) Stapf & C.E.Hubb e *Stizolobium aterrimum* Piper & Tracy mostraram ser tolerantes ao tebuthiuron e suficientemente capazes de remediar solos contaminados com o tal herbicida (BELO *et al.*, 2007; FERREIRA *et al.*, 2021b; MENDES *et al.*, 2021; PIRES *et al.*, 2008). Sendo assim, alguns autores definiram que a fitorremediação pode ser dividida em 7 categorias, tais como fitoextração, rizofiltração, fitoestabilização, rizodegradação, rizodegradação, fitovolatilização,

fitoestimulação e fitodegradação (AMMERI *et al.*, 2022; PARWEEN *et al.*, 2018; SUSARLA; MEDINA; MCCUTCHEON, 2002). No entanto, a fitorremediação pode não ser tão eficiente quanto o esperado, sendo necessário o uso de estratégias combinadas, como por exemplo a bioaumentação (ANDREOLLI *et al.*, 2015; LOPES *et al.*, 2022).

Na bioaumentação, cepas microbianas de fungos ou/e bactérias são adicionadas no solo para aumentar a taxa de degradabilidade dos pesticidas (ANDREOLLI *et al.*, 2015). Os microrganismos devem ser caracterizados por tais funcionalidades: alta resistência às concentrações elevadas de pesticidas; adaptabilidade às condições de estresse, bem como alterações de pH e variações de temperatura; baixa ou nenhuma competição com a microbiota nativa; e principalmente; eficiente na degradação de pesticidas (AYOTAMUNO; KOGBARA; AGORO, 2009; KHAN *et al.*, 2013).

Portanto, a combinação de fitorremediação e bioaumentação pode aumentar a degradabilidade de pesticidas no solo, diminuindo, portanto, as limitações de cada técnica. Além disso, utilizar plantas bioindicadoras e realizar bioensaios ecotoxicológicos podem ser úteis para avaliar o nível de toxicidade ambiental que o tebuthiuron oferece ao ecossistema após o processo de biorremediação (ROCHA *et al.* 2018; FERREIRA *et al.*, 2021b).

Contudo, poucos estudos foram encontrados na literatura que relaciona técnicas de fitorremediação e bioaumentação para remover pesticidas, principalmente o herbicida tebuthiuron. As pesquisas normalmente focam na sua dispersão em sistemas aquáticos e nos efeitos agudos ou crônicos causados em diversos animais (CCANCCAPA *et al.*, 2016; MERCURIO *et al.*, 2015; MERCURIO *et al.*, 2016 Logo, esta pesquisa teve como proposta de estudo: o cultivo e avaliação da tolerância dos potenciais fitorremediadores; o cultivo e avaliação de efeitos fitotóxicos do herbicida na planta bioindicadora (*Crotalaria juncea* L. cv. Comum) após a biorremediação; e a realização de bioensaios ecotoxicológicos com sementes de *Lactuca sativa* L. antes, durante e após a biorremediação, para monitoramento ambiental da molécula estudada..

5 CONCLUSÃO

A longo prazo, a atenuação natural pode dissipar paulatinamente o herbicida tebuthiuron do solo, e isso é perceptível nos bioensaios ecotoxicológicos, pois foram obtidos resultados satisfatórios no índice de germinação final (0,96) e na velocidade de crescimento ($k=0,0314$).

A *Mucuna pruriens* foi tolerante ao herbicida tebuthiuron, em virtude do seu rápido estabelecimento ($k = 0,109$) quando comparado a *Canavalia ensiformis* ($k = 0,069$). Além disso, essa espécie pode ser considerada uma fitorremediadora do herbicida tebuthiuron, em virtude dos resultados obtidos no cultivo de *C. juncea* (taxa específica de crescimento = 0,0330; biomassa seca: 3,52 g) e bioensaios ecotoxicológicos (velocidade de crescimento = 0,0632), quando comparado aos tratamentos com *C. ensiformis*.

Consequentemente, os resultados mostraram que *C. ensiformis* tem maior dependência da bioaugmentação do que *M. pruriens*. Assim, notou-se que o efeito fitotóxico em *C. juncea* foi reduzido em CE + Liq/Sol + TBT (CE + Liq + TBT = 6,27 g > CE + Sol + TBT = 6,21 g), além de ser observado melhor desempenho vegetal de *L. sativa* em CE + Sol + TBT ($k = 0,0480$) e CE + Liq + TBT ($k = 0,0422$).

Este respectivo trabalho trouxe como novidade, a associação entre fitorremediação e bioaugmentação para biorremediar o solo com a presença do tebuthiuron. Portanto, a interação sinérgica planta e microrganismo pode ser utilizada para o desenvolvimento de novas estratégias de biorremediação, reduzindo ou até mesmo eliminando as limitações da bioaugmentação e da fitorremediação quando implementadas individualmente.

REFERÊNCIAS

- ABDULRAHMAN, A. A.; OLADELE, F. A. Leaf size and transpiration rates in *Agave americana* and *Aloe vera*. **Phytologia Balcanica**, Sofia, v. 23, n. 1, p. 95–100, 2017, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos**. NBR 10006. Rio de Janeiro. ABNT, 2004.
- AGARWAL, A.; LIU, Y. Remediation technologies for oil-contaminated sediments. **Marine Pollution Bulletin**, Oxford, v. 101, n. 2, p. 483-490, 2015.
- AKASHE, M. M.; PAWADE, U. V.; NIKAM, A. V. Classification of Pesticides: A Review. **International Journal of Research in Ayurveda and Pharmacy**, Rampur, 9, 144-150, 2018.
- ALBA, L.-M.; ESMERALDA, M.; JAIME, V. Enhanced Biodegradation of Phenylurea Herbicides by *Ochrobactrum anthropi* CD3 Assessment of Its Feasibility in Diuron-Contaminated Soils. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, Basel, v. 19, n. 3, p. 1365, 2022.
- AMMERI, R. W.; HASSEN, W.; HIDRI, Y.; DI RAUSO SIMEONE, G.; HASSEN, A. Macrophyte and indigenous bacterial co-remediation process for pentachlorophenol removal from wastewater. **International Journal of Phytoremediation**, Philadelphia, v. 24, n. 3, p. 271–282, 2022.
- ANDREOLLI, M.; LAMPIS, S.; BRIGNOLI, P.; VALLINI, G. Bioaugmentation and biostimulation as strategies for the bioremediation of a burned woodland soil contaminated by toxic hydrocarbons: A comparative study. **Journal of Environmental Management**, London, v. 153, p. 121–131, 2015.
- ARAGÃO, M. A.; ARAÚJO, R.P.A. **Métodos de ensaios de toxicidade com organismos aquáticos**. In: ZAGATTO, P.A.; BERTOLETTI, E. (ed.), Ecotoxicologia Aquática Princípios e Aplicações. Editora Rima: São Paulo, São Carlos, p. 117-147, 2006.
- ARREGHINI, S.; CABO, L.; SERAFINI, R.; IORIO, A. F. Effect of the combined addition of Zn and Pb on partitioning in sediments and their accumulation by the emergent macrophyte *Schoenoplectus californicus*. **Environmental Science and Pollution Research**, Berlin, v. 24, n. 9, p. 8098–8107, 2017.
- AYOTAMUNO, J. M.; KOGBARA, R. B.; AGORO, O. S. Biostimulation supplemented with phytoremediation in the reclamation of a petroleum contaminated soil. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, Oxford, v. 25, n. 9, p. 1567–1572, 2009.
- AZEVEDO, F. A.; CHASIN, A. A. M. **As bases toxicológicas da ecotoxicologia**. Rima, São Carlos-Brasil, 2004, 342 p.

BANDEIRA, F. O.; ALVES, P. R. L.; HENNIG, T. B.; SCHIEHL, A.; CARDOSO, E. J. B. N.; BARETTA, D. Toxicity of imidacloprid to the earthworm *Eisenia andrei* and collembolan *Folsomia candida* in three contrasting tropical soils. **Journal of Soils and Sediments**, Switzerland, v. 20, p. 1997–2007, 2019.

BANDOPADHYAY, S.; MARTIN-CLOSAS, L.; PELACHO, A. M.; Debruyne, J. M. Biodegradable plastic mulch films: Impacts on soil microbial communities and ecosystem functions, **Frontiers in Microbiology**, Switzerland, vol. 9, p. 819, 2018.

BASSEY, M. S.; KOLO, M. G. M.; DANIYA, E.; ODOFIN, A. J. Trash Mulch and Weed Management Practice Impact on Some Soil Properties, Weed Dynamics and Sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) Genotypes Plant Crop Productivity. **Sugar Tech**, India, v. 23, n. 2, p. 395–406, 2021.

BELO, A. F.; SANTOS, E. A.; SANTOS, J. B.; FERREIRA, L. R.; SILVA, A. A.; CECON, P. R.; SILVA, L. L. Efeito da umidade do solo sobre a capacidade de *Canavalia ensiformis* e *Stizolobium aterrimum* em remediar solos contaminados com herbicidas. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 25, p. 239–249, 2007.

BHARDWAJ, P.; SINGH, K. R.; JADEJA, N. B.; PHALE, P. S.; KAPLEY, A. Atrazine Bioremediation and Its Influence on Soil Microbial Diversity by Metagenomics Analysis. **Indian Journal of Microbiology**, India, v. 60, n. 3, p. 388–391, 2020.

BICALHO, S. T. T.; LANGENBACH, T. The fate of tebuthiuron in microcosm with riparian forest seedlings. **Geoderma**, Amsterdam, v. 207–208, p. 66–70, 2013.

BOOCK, M. V.; NETO, J. G. M. Estudos toxicológicos do oxicloreto de cobre para tilápia vermelha (*OREOCHROMIS* sp.). **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 67, n. 2, p. 215–221, 2000.

BORGES, V.; FERREIRA, P. V.; SOARES, L.; SANTOS, G. M.; SANTOS, A. M. M. Seleção de clones de batata-doce pelo procedimento REML/BLUP. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 4, p. 643–649, 2010.

BROWN, D. M.; OKORO, S.; van Gils, J.; van SPANNING, R.; BONTE, M.; HUTCHINGS, T.; LINDEN, O.; EGBUCHE, U.; BRUUN, K. B.; SMITH, J. W.N. Comparison of landfarming amendments to improve bioremediation of petroleum hydrocarbons in Niger Delta soils. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 596, p. 284–292, 2017.

CALEGARI, A. Plantas de cobertura. In: CASÃO JUNIOR, R.; SIQUEIRA, R.; MEHTA, Y. R.; PASSINI, J. J. (ed.). **Sistema plantio direto com qualidade**. Londrina: IAPAR, 2006. p. 55–73.

CAMARGO, D.; BISPO, K. L.; SENE, L. Associação de *Rhizobium* sp. a duas leguminosas na tolerância à atrazina. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 58, p. 425–431, 2011.

CAMPAGNA-FERNANDES, A. F.; MARIN, E. B.; PENHA, T. H. F. L. Application of root growth endpoint in toxicity tests with lettuce (*Lactuca sativa*). **Ecotoxicology and Environmental Contamination**, Uberlândia, v. 11, n. 1, p. 27–32, 2016.

CARVALHO, S. J. P.; LOMBARDI, B. P.; NICOLAI, M.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; MEDEIROS, D. Curvas de dose-resposta para avaliação do controle de fluxos de emergência de plantas daninhas pelo herbicida imazapic. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, p. 535–542, 2005.

CCANCCAPA, A.; MASIÁ, A.; NAVARRO-ORTEGA, A.; PICÓ, Y.; BARCELÓ, D. Pesticides in the Ebro River basin: Occurrence and risk assessment. **Environmental Pollution**, Barking, v. 211, p. 414–424, 2016.

CHENG, J.; LEE, X.; GAO, W.; CHEN, Y.; PAN, W.; TANG, Y. Effect of biochar on the bioavailability of difenoconazole and microbial community composition in a pesticide-contaminated soil. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 121, p. 185–192, 2017.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; LÓPEZ-OVEJERO, R.F.; DAMIN, V.; CARVALHO, S.J.P.; NICOLAI, M. **Comportamento dos herbicidas aplicados ao solo na cultura da cana-de-açúcar**, Piracicaba: CP, 2009. 72 p.

COMBINE 500 SC: suspensão concentrada. São Paulo: Proventis Lifescience Defensivos Agrícolas, 2019. 1 bula de defensivo agrícola (15 p.). Disponível em: https://www.adapar.pr.gov.br/sites/adapar/arquivos_restritos/files/documento/2020-10/combine500sc0120.pdf. Acesso em: 30 ago. 2021

CONAB - **Boletim da Safra de Cana-de-açúcar**. (2020). Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar>. Acesso em: 30 ago. 2021.

COSTA, A. J. M.; KRONKA, M. S.; CORDEIRO-JUNIOR, P. J. M.; FORTUNATO, G. V.; DOS SANTOS, A. J.; LANZA, M. R. V. Treatment of Tebuthiuron in synthetic and real wastewater using electrochemical flow-by reactor. **Journal of Electroanalytical Chemistry**, Lausanne, v. 882, p. 114978, 2021.

CORREA-GARCÍA, S.; PANDE, P.; SÉGUIN, A.; ST-ARNAUD, M.; YERGEAU, E. Rhizoremediation of petroleum hydrocarbons: a model system for plant microbiome manipulation. **Microbial Biotechnology**, United Kingdom, v. 11, p. 819–832, 2018.

DAM, R. A.; CAMILLERI, C.; BAYLISS, P.; MARKICH, S. J. Ecological risk assessment of tebuthiuron following application on tropical Australian wetlands. **Human and Ecological Risk Assessment**, New York, v. 10, n. 6, p. 1069–1097, 2004.

- DAS, S.; DASH, H. R. 1 - Microbial Bioremediation: A Potential Tool for Restoration of Contaminated Areas. *In*: DAS, S. (ed.). **Microbial Biodegradation and Bioremediation**. Oxford: Elsevier, 2014. p. 1–21.
- DAVE, D.; GHALY, A. E. Remediation Technologies for Marine Oil Spills: A Critical Review and Comparative Analysis. **American Journal of Environmental Sciences**, Dubai, v. 7, n. 5, p. 424–440, 2011.
- DEMIDENKO, E. Mixed Models: Theory and Applications. **Hoboken**, New Jersey: John Wiley & Sons, 2004.
- DIAS, A. C. R.; CARVALHO, S. J. P.; NICOLAI, M.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Problemática da ocorrência de diferentes espécies de capim-colchão (*Digitaria* spp.) na cultura da cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 25, n. 2, p. 489-499, 2007.
- DIETZ, A. C.; SCHNOOR, J. L. Advances in Phytoremediation. **Environmental Health Perspectives**, Durham, v. 109, p. 163–168, 2001.
- DOMENE, X.; CHELINHO, S.; CAMPANA, P.; ALCANIZ, J. M.; RÖMBKE, J.; SOUSA, J. P. Applying a GLM-based approach to model the influence of soil properties on the toxicity of phenmedipham to *Folsomia candida*. **Journal of Soils and Sediments**, Switzerland, v.12, p. 888–899, 2012.
- DUC, H. D.; THUY, N. T. D.; THANH, L. U.; TUONG, T. D.; OANH, N. T. Degradation of Diuron by a Bacterial Mixture and Shifts in the Bacterial Community During Bioremediation of Contaminated Soil. **Current Microbiology**, New York, v. 79, n. 1, p. 11, 2021.
- ECHART, C. L.; CAVALLI-MOLINA, S. Fitotoxicidade do alumínio: efeitos, mecanismo de tolerância e seu controle genético. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.3, p.531-541, 2001.
- ERASMO, E. L.; AZEVEDO, W. R.; SARMENTO, R. A.; CUNHA, A. M.; GARCIA, S. L. R. Potencial de espécies utilizadas como adubo verde no manejo integrado de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 22, p. 337–342, 2004.
- FARIA, A. T.; SOUZA, M. F.; ROCHA DE JESUS PASSOS, A. B.; DA SILVA, A. A.; SILVA, D. V.; ZANUNCIO, J. C.; ROCHA, P. R. R. Tebuthiuron leaching in three Brazilian soils as affected by soil pH. **Environmental Earth Sciences**, Heidelberg, v. 77, n. 5, p. 214, 2018.
- FARIA, M. A.; LOPES, P. R. M.; BIDOIA, E. D.; FERREIRA, L. C.; MONTAGNOLLI, R. N.; PRADO, E. P.; FERRARI, S. Influence of tebuthiuron and vinasse under soil microbiota activity in sugarcane crop. **International Journal of Development Research**, v. 09, n. 7, p. 28861-28865, 2019a.

FARIA, M. A.; LOPES, P. R. M.; BIDOIA, E. D.; FERREIRA, L. C.; VIANA, R. S.; PRADO, E. P.; BONINI, C. S. B. B.; TOMAZ, R. S. Vinasse and tebuthiuron application to sugarcane soil and its effects on bacterial community and ecotoxicity after natural attenuation. **International Journal of Development Research**, v. 09, n. 08, p. 28898-28904, 2019b.

FANG, Y.; SHEN, X.; CHEN, Y. Weed control and influence of the following crops with tebuthiuron in sugarcane fields. **Agrochemicals**, Basel, v. 12, p. 919-922, 2012.

FAUSTO, M. A.; CARNEIRO, M.; ANTUNES, C. M. F.; PINTO, J. A.; COLOSIMO, E. A. O modelo de regressão linear misto para dados longitudinais: uma aplicação na análise de dados antropométricos desbalanceados. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 3, p. 513-524, 2008.

FERREIRA, C. S. S.; SEIFOLLAHI-AGHMIUNI, S.; DESTOUNI, G.; GHAJARNIA, N.; KALANTARI, Z. Soil degradation in the European Mediterranean region: Processes, status and consequences. **Science of The Total Environment**, Amsterdam, v. 805, p. 150106, 2022.

FERREIRA, J. H. S.; QUEIROZ, M. C. M.; SILVA, I. P. F. E; MELO, C. A. D. Seleção de espécies bioindicadoras da presença de tebuthiuron no solo. **Agrarian**, Dourados, v. 14, n. 52, p. 203–212, 2021a.

FERREIRA, L. C.; MOREIRA, B. R. A.; MONTAGNOLLI, R. N.; PRADO, E. P.; VIANA, R. S.; TOMAZ, R. S.; CRUZ, J. M.; BIDOIA, E. D.; FRIAS, Y. A.; LOPES, P. R. M. Green Manure Species for Phytoremediation of Soil with Tebuthiuron and Vinasse. **Frontiers in Bioengineering and Biotechnology**, Lausanne, v. 8, 2021b.

FREITAS, I. L.; AMARAL JUNIOR, A. T.; VIANA, A. P.; PENA, G. F.; CABRAL, P. S.; VITTORAZZI, C.; SILVA, T. R. C. Ganho genético avaliado com índices de seleção e com REML/Blup em milho-pipoca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 48, n. 11, p. 1464-1471, 2014.

GARCÍA-DELGADO, C.; MARÍN-BENITO, J. M.; SÁNCHEZ-MARTÍN, M. J.; RODRÍGUEZ-CRUZ, M. S. Organic carbon nature determines the capacity of organic amendments to adsorb pesticides in soil. **Journal of Hazardous Materials**, Amsterdam, v. 390, 2020.

GENTILE, A.; DIAS, L. I.; MATTOS, R. S.; FERREIRA, T. H.; MENOSSI M. MicroRNAs and drought responses in sugarcane, **Frontiers in Plant Science**, Switzerland, vol. 6, p. e58, 2015.

GIROLKAR, S.; THAWALE, P.; JUWARKAR, A. Bacteria-assisted phytoremediation of heavy metals and organic pollutants: challenges and future prospects. In: SAXENA, G.; SHAH, M. P.; KUMAR, V. (ed). **Bioremediation for environmental sustainability**. United States America: Elsevier, 2021. Cap 12, p. 247–267.

Google Imagens - Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena. Disponível em:

https://www.google.com/search?q=faculdade+de+ciencias+agr%C3%A1rias+e+tecnol%C3%B3gicas&rlz=1C1GCEA_enBR1035BR1035&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwiwpuHa3dz8AhW9qpUCHWU1Cs8Q_AUoA3oECAQBBQ&biw=1366&bih=625&dpr=1>. Acesso em: 16 jan. 2023.

GOSWAMI, M.; CHAKRABORTY, P.; MUKHERJEE, K.; MITRA, G.; BHATTACHARYYA, P.; DEY, S.; TRIBEDI, P. Bioaugmentation and biostimulation: a potential strategy for environmental remediation. **Journal of Microbiology and Experimentation**, Budapest, v. 6, n. 5, p. 223231, 2018.

GUIMARÃES, A. C. D.; DE PAULA, D. F.; MENDES, K. F.; SOUSA, R. N.; ARAÚJO, G. R.; INOUE, M. H.; TORNISIELO, V. L. Can soil type interfere in sorption-desorption, mobility, leaching, degradation, and microbial activity of the 14C-tebuthiuron herbicide? **Journal of Hazardous Materials Advances**, Amsterdam, v. 6, p. 100074, 2022.

HESHMATI, A.; KOMACKI, H. A.; NAZEMI, F.; KHANEGHAH, A. M. Persistence and dissipation behavior of pesticide residues in parsley (*Petroselinum crispum*) under field conditions. **Quality Assurance and Safety of Crops and Foods**, Wageningen, v. 12, p. 55-65, 2020.

HUANG, H.; ZHANG, C.; RONG, Q.; LI, C.; MAO, J.; LIU, Y.; CHEN, J.; LIU, X. Effect of two organic amendments on atrazine degradation and microorganisms in soil. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 152, 2020.

HUANG, J.; KHAN, M. T.; PERECIN, D.; COELHO, S. T.; ZHANG, M. Sugarcane for bioethanol production: potential of bagasse in Chinese perspective, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, United Kingdom, vol. 133, p. 110296, 2020.

HUSSAIN, S.; ARSHAD, M.; SPRINGAEL, D.; SØRENSEN, S. R.; BENDING, G. D.; DEVERS-LAMRANI, M.; MAQBOOL, Z.; MARTIN-LAURENT, F. Abiotic and Biotic Processes Governing the Fate of Phenylurea Herbicides in Soils: A Review. **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**, Boca Raton, v. 45, n. 18, p. 1947–1998, 2015.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 2019 **Relatórios de comercialização de agrotóxicos**, Brasília-Brasil.

JUWARKAR, A. A.; JAMBHULKAR, H. P. Phytoremediation of coal mine spoil dump through integrated biotechnological approach. **Bioresource Technology**, Essex, v. 99, n. 11, p. 4732–4741, 2008.

KEMPA, T.; MARSCHALKO, M.; YILMAZ, I.; LACKOVÁ, E.; KUBEČKA, K.; STALMACHOVÁ, B.; BOUCHAL, T.; BEDNÁRIK, M.; DRUSA, M.; BENDOVÁ, M. In-situ remediation of the contaminated soils in Ostrava city (Czech Republic) by steam curing/vapor. **Engineering Geology**, Amsterdam, v. 154, p. 42-55, 2013.

KHAN, S.; AFZAL, M.; IQBAL, S.; KHAN, Q. M. Plant–bacteria partnerships for the remediation of hydrocarbon contaminated soils. **Chemosphere**, Oxford, v. 90, n. 4, p. 1317–1332, 2013.

LABOURIAU, L. G.; AGUDO, M. On the physiology of seed germination in *Salvia hispanica* L. I. Temperature effects. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, [s. l.], v. 59, p. 37-56, 1987.

LIMA, E. W.; BRUNALDI, B. P.; FRIAS, Y. A.; ALMEIDA MOREIRA, B. R.; DA SILVA ALVES, L.; LOPES, P. R. M. A synergistic bacterial pool decomposes tebuthiuron in the soil. **Scientific Reports**, London, v. 12, n. 1, p. 9225-92236, 2022.

LIU, L.; LI, W.; SONG, W.; GUO, M. Remediation techniques for heavy metal-contaminated soils: Principles and applicability. **Science of The Total Environment**, Amsterdam, v. 633, p. 206–219, 2018.

LI, Y.; SALLACH, J. B.; ZHANG, W.; BOYD, S. A.; Li, H. Insight into the distribution of pharmaceuticals in soil-water-plant systems. **Water research**, New York, v. 152, p. 38-46, 2019.

LOPES, P. R. M.; CRUZ, V. H.; DE MENEZES, A. B.; GADANHOTO, B. P.; MOREIRA, B. R. de A.; MENDES, C. R.; MAZZEO, D. E. C.; DILARRI, G.; MONTAGNOLLI, R. N. Microbial bioremediation of pesticides in agricultural soils: an integrative review on natural attenuation, bioaugmentation and biostimulation. **Reviews in Environmental Science and Bio/Technology**, Amsterdam, 2022.

LUO, R.; LI, J.; ZHAO, Y.; FAN, X.; ZHAO, P.; CHAI, L. A critical review on the research topic system of soil heavy metal pollution bioremediation based on dynamic co-words network measures. **Geoderma**, Amsterdam, v. 305, p. 281–292, 2017.

MADALÃO, J. C.; SILVA, A. A.; JUNIOR, W. D. A. O.; SARAIVA, D. T.; MELO, C. A. D.; LEONARDO, D. O herbicida sulfentrazone interfere na biomassa microbiana e na atividade da microbiota do solo. **Revista de Ciências Agrárias - Amazon Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, Belém, v. 59, n. 1, p. 54–59, 2016.

MADALÃO, J. C.; SOUZA, M. F.; SILVA, A. A.; SILVA, D. V.; JAKELAITIS, A.; PEREIRA, G. A. M. Action of *Canavalia ensiformis* in remediation of contaminated soil with sulfentrazone. **Bragantia**, Campinas, v. 76, p. 292–299, 2017.

MADARIAGA-NAVARRETE, A.; RODRÍGUEZ-PASTRANA, B. R.; VILLAGÓMEZ-IBARRA, J. R.; ACEVEDO-SANDOVAL, O. A.; PERRY, G.; ISLAS-PELCASTRE, M. Bioremediation model for atrazine contaminated agricultural soils using phytoremediation (using *Phaseolus vulgaris* L.) and a locally adapted microbial consortium. **Journal of Environmental Science and Health, Part B**, Philadelphia, v. 52, n. 6, p. 367–375, 2017.

MAHAR, A.; WANG, P.; ALI, A.; AWASTHI, M. K.; LAHORI, A. H.; WANG, Q.; LI, R.; ZHANG, Z. Challenges and opportunities in the phytoremediation of heavy metals contaminated soils: a review. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, Cambridge, v. 126, p. 111–121, 2016.

MARIN, F. R.; EDREIRA, J. I. R.; ANDRADE, J.; GRASSINI, P. On-farm sugarcane yield and yield components as influenced by number of harvests, **Field Crops Research**, Amsterdam, vol. 240, p. 134-142, 2019.

MARTÍNEZ, L. C.; PLATA-RUEDA, A.; GONÇALVES, W. G.; FREIRE, A. F. P. A.; ZANUNCIO, J. C.; BOZDOĞAN, H.; SERRÃO, J. E. Toxicity and cytotoxicity of the insecticide imidacloprid in the midgut of the predatory bug, *Podisus nigrispinus*. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, Cambridge, v. 167, p. 69–75, 2019.

MATALLO, M. B.; SPADOTTO, C. A.; LUCHINI, L. C.; GOMES, M. A. Sorption, degradation, and leaching of tebuthiuron and diuron in soil columns. **Journal of Environmental Science and Health, Part B**, Philadelphia, v. 40, n. 1, p. 39–43, 2005.

MEHDIZADEH, M.; IZADI-DARBANDI, E.; NASERI POUR YAZDI, M. T.; RASTGOO, M.; MALAEKEH-NIKOUEI, B.; NASSIRLI, H. Impacts of different organic amendments on soil degradation and phytotoxicity of metribuzin. **International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture**, Tehran, v. 8, p. 113–121, 2019.

MEHNAZ, S. Microbes—friends and foes of sugarcane, **Journal of Basic Microbiology**, Weinheim, vol. 53, no. 12, pp. 954-971, 2013.

MELO, C. A. D.; PASSOS, A. B. R. J.; MADALÃO, J. C.; SILVA, D. V.; MASSENSINI, A. M.; SILVA, A. A.; COSTA, M. D.; SOUZA, M. F. Bioaugmentation as an associated technology for bioremediation of soil contaminated with sulfentrazone. **Ecological Indicators**, Netherlands, v. 99, p. 343–348, 2019.

MENDES, K. F.; MASET, B. A.; MIELKE, K. C.; SOUSA, R. N. De; MARTINS, B. A. B.; TORNISIELO, V. L. Phytoremediation of quinclorac and tebuthiuron-polluted soil by green manure plants. **International Journal of Phytoremediation**, Philadelphia, v. 23, n. 5, p. 474–481, 2021.

MENDES, K. F.; SILVA, A. A. (org.) **Plantas daninhas: biologia e manejo**. São Paulo: Oficina de Textos, vol. 1, 2022, 160 p.

MERCURIO, P.; MUELLER, J. F.; EAGLESHAM, G.; FLORES, F.; NEGRI, A. P. Herbicide Persistence in Seawater Simulation Experiments. **PLOS ONE**, San Francisco, v. 10, n. 8, p. e0136391, 2015.

MERCURIO, P.; MUELLER, J. F.; EAGLESHAM, G.; O'BRIEN, J.; FLORES, F.; NEGRI, A. P. Degradation of Herbicides in the Tropical Marine Environment: Influence of Light and Sediment. **PLOS ONE**, San Francisco, v. 11, n. 11, p. e0165890, 2016.

MOSSIN, C. B.; HIJANO, N.; NEPOMUCENO, M. P.; CARVALHO, L. B.; ALVES, P. L. C. A. Interference Relationships Between Weeds and Sugarcane in the 'Plene' System. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 37, p. 1-7, 2019.

MOSTAFA, F. I. Y.; HELLING, C. S. Isolation and 16S DNA Characterization of Soil Microorganisms from Tropical Soils Capable of Utilizing the Herbicides Hexazinone and Tebuthiuron. **Journal of Environmental Science and Health, Part B**, Philadelphia, v. 38, n. 6, p. 783–797, 2003.

NAG, S. K.; RAIKWAR, M. K. Persistent organochlorine pesticide residues in animal feed. **Environmental monitoring and assessment**, Switzerland, v. 174, p. 327-335, 2011.

NANTES, L. S.; ARAGÃO, M. B.; MOREIRA, B. R. A.; FRIAS, Y. A.; VALÉRIO, T. S.; LIMA, E. W.; SILVA VIANA, R.; LOPES, P. R. M. Synergism and antagonism in environmental behavior of tebuthiuron and thiamethoxam in soil with vinasse by natural attenuation. **International Journal of Environmental Science and Technology**, Iran, 2022.

NAZIR, A.; JARIKO, G. A.; JUNEJO, M. A. Factors affecting sugarcane production in Pakistan, **Pakistan Journal of Commerce and Social Sciences**, Lahore, vol. 7, no. 1, p. 128-140, 2013.

NEVES, A. B. R.; CRUZ, V. H.; MOREIRA, B. R. A.; VIANA, R. S.; LOPES, P. R. M. Viabilidade da atenuação natural em solo de manejo orgânico contaminado com tebuthiuron. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 36, n. 2, p. 261–272, 2021.

NWANKWEGU, A. S.; ZHANG, L.; XIE, D.; ONWOSI, C. O.; MUHAMMAD, W. I.; ODOH, C. K.; SAM, K.; IDENYI, J. N. Bioaugmentation as a green technology for hydrocarbon pollution remediation. Problems and prospects. **Journal of Environmental Management**, London, v. 304, p. 114313, 2022.

ODUKKATHIL, G; VASUDEVAN, N. Toxicity and bioremediation of pesticides in agricultural soil. **Reviews in Environmental Science and Bio/Technology**, Amsterdam, v. 12, p. 421-444, 2013.

ODOH, C. K.; ZABBEY, N.; SAM, K.; EZE, C. N. Status, progress and challenges of phytoremediation-An African scenario. **Journal of Environmental Management**, London, v. 237, p. 365-378, 2019.

OLIVEIRA JÚNIOR, R.S. Mecanismos de ação de herbicidas. *In*: OLIVEIRA JÚNIOR, R.S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, p.141-192, 2011.

OLIVEIRA, M. A.; PIRES, F. R.; FERRAÇO, M.; BELO, A. F. The Validation of an Analytical Method for Sulfentrazone Residue Determination in Soil Using Liquid Chromatography and a Comparison of Chromatographic Sensitivity to Millet as a Bioindicator Species. **Molecules**, Basel, v. 19, n. 8, p. 10982–10997, 2014.

PALLUDETO, A. W. A.; TELLES, T. S.; SOUZA, R. F.; MOURA, F. R. Sugarcane expansion and farmland prices in São Paulo State, Brazil, **Agriculture and Food Security**, United Kingdom, vol. 7, no. 1, p. 1-12, 2018.

PANICO, S. C.; PANICO, S. C.; van GESTEL, C. A.; VERWEIJ, R. A.; RAULT, M.; BERTRAND, C.; BARRIGA, C. A. M.; MICHAEL, C.; FRITSCH, C.; GIMBERT, F.; PELOSI, C. Field mixtures of currently used pesticides in agricultural soil pose a risk to soil invertebrates. **Environmental Pollution**, Barking, v. 305, p. 119290, 2022.

PARWEEN, T.; BHANDARI, P.; SHARMA, R.; JAN, S.; SIDDIQUI, Z. H.; PATANJALI, P. K. Bioremediation: A Sustainable Tool to Prevent Pesticide Pollution. *In*: OVES, M.; ZAIN KHAN, M.; M.I. ISMAIL, I. (ed.). **Modern Age Environmental Problems and their Remediation**. New York, United States America: Springer International Publishing, p. 215–227, 2018.

PELOSI, C.; RÖMBKE, J. Are Enchytraeidae (Oligochaeta, Annelida) good indicators of agricultural management practices? **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 100, p. 255-263, 2016.

PERRUCHON, C.; PANTOLEON, A.; VEROUTIS, D.; GALLEGU-BLANCO, S.; MARTIN-LAURENT, F.; LIADAKI, K.; KARPOUZAS, D. G. Characterization of the biodegradation, bioremediation and detoxification capacity of a bacterial consortium able to degrade the fungicide thiabendazole. **Biodegradation**, Dordrecht, v. 28, p. 383-394, 2017.

Pesticide Properties DataBase (PPDB): **Tebuthiuron (Ref: EL 103)**. University of Hertfordshire, United Kingdom, 2023. Disponível em <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/614.htm#2>. Acesso em: 24 de fev. 2023.

PIERRI, L.; NOVOTNY, E. H.; PELLEGRINO CERRI, C. E.; JOSÉ DE SOUZA, A.; MATTOS, B. B.; TORNISIELO, V. L.; REGITANO, J. B. Accessing biochar's porosity using a new low field NMR approach and its impacts on the retention of highly mobile herbicides. **Chemosphere**, Oxford, v. 287, p. 132237, 2022.

PIRES, F. R.; PROCÓPIO, S. O.; SANTOS, J. B.; SOUZA, C. M.; DIAS, R. R. Avaliação da fitorremediação de tebuthiuron utilizando *Crotalaria juncea* como planta indicadora. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, n. 2, p. 245–250, 2008.

PIRES, F. R.; PROCÓPIO, S. O.; SOUZA, C. M. Adubos verdes na fitorremediação de solos contaminados com o herbicida tebuthiuron. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.19, n.1, p. 92-97, 2006.

PIRES, F. R.; SOUZA, C. M.; CECON, P. R.; SANTOS, J. B.; TÓTOLA, M. R.; PROCÓPIO, S. O.; SILVA, A. A.; SILVA, C. S. W. Inferências sobre atividade rizosférica de espécies com potencial para fitorremediação do herbicida tebuthiuron. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 29, p. 627–634, 2005.

PIRES, F. R.; SOUZA, C. M.; SILVA, A. A.; PROCÓPIO, S. O.; FERREIRA, L. R. Fitorremediação de solos contaminados com herbicidas. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 21, p. 335–341, 2003.

POMMERENING, A.; MUSZTA, A. Relative plant growth revisited: Towards a mathematical standardisation of separate approaches. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v. 320, p. 383–392, 2016.

PubChem – **Tebuthiuron Herbicide**. Disponível em:

<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Tebuthiuron>. Acesso em: 30 ago. 2021.

PULLAGURALA, V. L. R.; RAWAT, S.; ADISA, I. O.; HERNANDEZ-VIEZCAS, J. A.; PERALTA-VIDEA, J. R.; GARDEA-TORRESDEY, J. L. Plant uptake and translocation of contaminants of emerging concern in soil. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 636, p. 1585-1596, 2018.

QIAN, Y.; MATSUMOTO, H.; LIU, X.; LI, S.; LIANG, X.; LIU, Y.; ZHU, G.; WANG, M. Dissipation, occurrence and risk assessment of a phenylurea herbicide tebuthiuron in sugarcane and aquatic ecosystems in South China. **Environmental Pollution**, Barking, v. 227, p. 389–396, 2017.

RAIMONDO, E. E.; SAEZ, J. M.; APARICIO, J. D.; FUENTES, M. S.; BENIMELI, C. S. Coupling of bioaugmentation and biostimulation to improve lindane removal from different soil types. **Chemosphere**, Oxford, v. 238, 2020.

RANDIKA, J. L. P. C.; BANDARA, P. K. G. S. S.; SOYSA, H. S. M.; RUWANDEEPIKA, H. D.; GUNATILAKE, S. K. Bioremediation of pesticide-contaminated soil: a review on indispensable role of soil bacteria. **Journal of Agricultural Sciences – Sri Lanka**, Belihuloya, v. 17, n. 1, p. 19–43, 2022.

REHAN, M.; KLUGE, M.; FRÄNZLE, S.; KELLNER, H.; ULLRICH, R.; HOFRICHTER, M. Degradation of atrazine by *Frankia alni*, ACN14a: gene regulation, dealkylation, and dechlorination. **Applied Microbiology and Biotechnology**, Berlin, v. 98, n. 13, p. 6125–6135, 2014.

REIS, F. C.; VICTÓRIA, R.; ANDRADE, M. T.; BARROSO, A. a. M. Use of Herbicides in Sugarcane in the São Paulo State. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 37, p. 1-9, 2019.

RESENDE, M. D. V.; FURLANI JUNIOR, E.; MORAES, M. L. T.; FAZUOLI, L. C. Estimativas de parâmetros genéticos e predição de valores genotípicos no melhoramento do cafeeiro pelo procedimento REML/BLUP. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 3, p. 185-193, 2001.

RIGOTTO, R. M.; VASCONCELOS, D. P.; ROCHA, M. M. Pesticide use in Brazil and problems for public health, **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, vol. 30, no. 7, pp. 1360-1362, 2014.

ROCHA, R. S.; BEATI, A. G. F.; VALIM, R. B.; STETER, J. R.; BERTAZZOLI, R.; LANZA, M. R. V. Avaliação dos subprodutos de degradação do herbicida ametrina obtidos via processos oxidativos avançados. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, Tupã, v. 12, n. 1, p. 52–67, 2018.

RODRIGUES, L. M.; FERREIRA, L. J. L.; BARROS, M. A.; MACEDO, M. R.; BARBOSA, R. N.; MOURA, T. S.; GODOY, F. R.; DELGADO, C. H. O. Efficacy of the herbicide indaziflam in the control of perennial weeds *Digitaria nuda*, *Rottboellia exaltata* and *Panicum maximum* in the initial development of sugarcane. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, São José dos Pinhais, v. 5, n. 2, p. 1882–1869, 2022.

ROGÉRIO, C.; BORGES, J.; MACHADO, J. A review and some reflections on farmers' adoption of sustainable agricultural practices worldwide, **Science of the Total Environment**, Amsterdam, vol. 729, p. 138831, 2020.

ROMAN, E. S.; VARGAS, L.; RIBEIRO, M. C. F. Efeito do teor de umidade do solo na seletividade e na Eficiência de carfentrazone-ethyl no controle de plantas daninhas na cultura de soja. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina, v. 4, n. 2, p. 114–122, 2005.

ROSSETTO R.; SANTIAGO A. D. **Adubação: resíduos alternativos**. Embrapa Cana: Brasília-Brazil, 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/cana/producao/correcao-e-adubacao/diagnose-das-necessidades-nutricionais/recomendacao-de-correcao-e-adubacao/adubacao-residuos-alternativos>. Acesso em: 12 dez. 2022.

RUDORFF, B. F. T.; AGUIAR, D. A.; SILVA, W. F., SUGAWARA, L. M., ADAMI, M.; MOREIRA, M. A. Studies on the rapid expansion of sugarcane for ethanol production in São Paulo State (Brazil) using Landsat data, **Remote Sensing**, Switzerland, vol. 2, no. 4, p. 1057-1076, 2010.

SAIER, M. H.; TREVORS, J. T. Phytoremediation. **Water, Air, and Soil Pollution**, Dordrecht, v. 205, n. 1, p. 61–63, 2010.

SAGRILO, E.; LEITE, L. F. C.; GALVÃO, S. R. S.; LIMA, E. F. **Manejo Agroecológico do Solo: os Benefícios da Adubação Verde**. Embrapa: Teresina, PI, 2009. 22 p. (Documentos, 193).

SAM, K.; ZABBEY, N. Contaminated land and wetland remediation in Nigeria: opportunities for sustainable livelihood creation. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 639, p. 1560-1573, 2018.

SARAPIROM, P.; WIRIYAAMPAIWONG, P.; RUEANGSAN, K.; PLANGKLANG, P.; TEERAKUN, M. The combination technique of bioaugmentation and phytoremediation on the degradation of paraquat in contaminated soil. **Asia-Pacific Journal of Science and Technology**, Khon Kaen, v. 27, n. 03, p. 27– 03, 2022.

SHARMA, A.; KALYANI, P.; TRIVEDI, V. D.; KAPLEY, A.; PHALE, P. S. Nitrogen-dependent induction of atrazine degradation pathway in *Pseudomonas* sp. strain AKN5. **FEMS Microbiology Letters**, Oxford, v. 366, n. 1, 2019.

SHELDON, P. J.; JOHNSON D. J; AUGUST, P. R.; LIU, H.W.; SHERMAN, D.H. Characterization of a Mitomycin-binding drug resistance Mechanism from the producing organism. **Bacteriol**, [s. l.], v. 179, n. 5, p. 1796-1804, 1999.

SILVA, A. A.; D'ANTONIO, L.; VIVIAN, R.; OLIVEIRA JUNIOR, R. S. Comportamento de herbicidas no solo. In: MONQUERO, P. A. (ed.). **Aspectos da biologia e manejo das plantas daninhas**. São Carlos: RiMa Editora, p. 167-216, 2014.

SILVA, D. A.; ALBUQUERQUE, J. D. A. A.; ALVES, J. M. A.; ROCHA, P. R. R.; MEDEIROS, R. D.; FINOTO, E. L.; MENEZES, P. H. S. Caracterização de plantas daninhas em área rotacionada de milho e feijão-caupi em plantio direto. **Scientia Agropecuária**, Piracicaba, v. 9, p. 7-15, 2018.

SILVA, D. A. M.; SILVA, S. A. M.; SILVA, S. T.; FÉLIX, H. R. M.; PESSOA, G. G. F. A.; ARAÚJO, J. R. E. S.; SILVA, J. H. B.; BULHÕES, L. E. L.; SANTOS, J. P. O. Riscos para a saúde do trabalhador e boas práticas de segurança do trabalho na aplicação de herbicidas em cana-de-açúcar. **Sistemas & Gestão**, Niterói, v. 17, n. 1, p. 80 -88, 2022.

SILVA, T. S.; DE FREITAS SOUZA, M.; MARIA DA SILVA TEÓFILO, T.; SILVA DOS SANTOS, M.; FORMIGA PORTO, M. A.; MARTINS SOUZA, C. M.; BARBOSA DOS SANTOS, J.; SILVA, D. V. Use of neural networks to estimate the sorption and desorption coefficients of herbicides: A case study of diuron, hexazinone, and sulfometuron-methyl in Brazil. **Chemosphere**, Oxford, v. 236, 2019.

SILVA, S. D. A. Introdução e Importância Econômica da Cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul. In: SILVA, S. D. A.; MONTERO, C. R. S.; SANTOS, R. C.; NAVA, D. E.; GOMES, C. B.; ALMEIDA, I. R. (ed.) **Sistema de produção de cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul**. Pelotas-Brasil: Embrapa, 2016. p. 17– 18.

SŁAWSKI, M; SŁAWSKA, M. Collembolan Assemblages Response to Wild Boars (*Sus scrofa* L.) Rooting in Pine Forest Soil. **Forests**, Switzerland, v. 11, n. 11, p. 1123, 2020.

SINGH, A.; LAL, U. R.; MUKHTAR, H. M.; SINGH, P. S.; SHAH, G.; DHAWAN, R. K. Phytochemical profile of sugarcane and its potential health aspects, **Pharmacognosy Reviews**, Bangalore, v. 9, no. 17, pp. e45, 2015.

SINGH, A.; WARD, O. P. Biodegradation and bioremediation, **Springer Science and Business Media**, Berlin, 2004.

SINGH, R. B.; MAHENDERAKAR, M. D.; JUGRAN, A. K.; SINGH, R. K.; SRIVASTAVA, R. K. Assessing genetic diversity and population structure of sugarcane cultivars, progenitor species and genera using microsatellite (SSR) markers, **Gene**, Amsterdam, vol. 753, p. e144800, 2020.

SOBRERO, M. C.; RONCO, A. Ensayo de toxicidad aguda con semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L.). In: MORALES, G. C. (ed). **Ensayos toxicológicos y métodos de evaluación de calidad de aguas**: standerización, intercalibración, resultados y aplicaciones. Mexico: IMTA, p. 71-79, 2004.

SOUZA, M.; BOEIRA, R. C.; GOMES, M. A. F.; FERRACINI, V. L.; MAIA, A. H. N. Adsorção e lixiviação de tebuthiuron em três tipos de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 25, n. 4, p. 1053–1061, 2001.

SUSARLA, S.; MEDINA, V. F.; MCCUTCHEON, S. C. Phytoremediation: An ecological solution to organic chemical contamination. **Ecological Engineering**, Oxford, v. 18, n. 5, p. 647–658, 2002.

TEIXEIRA, M. F. F.; SILVA, A. A.; NASCIMENTO, M. A.; VIEIRA, L. S.; TEIXEIRA, T.; SOUZA, M. Efeitos da adição de matéria orgânica a um latossolo vermelho-amarelo na sorção e dessorção de tebuthiuron. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 36, p. e018168639, 2018.

THOMAS, M. C.; FLORES, F.; KASERZON, S.; FISHER, R.; NEGRI, A. P. Toxicity of ten herbicides to the tropical marine microalgae *Rhodomonas salina*. **Scientific Reports**, London, v. 10, n. 1, p. 7612, 2020.

TONIÊTO, T. A. P.; PIERRI, L.; TORNISIELO, V. L.; REGITANO, J. B. Fate of tebuthiuron and hexazinone in green-cane harvesting system. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 64, n. 20, p. 3960–3966, 2016.

TOZSER, D.; MAGURA, T.; SIMON, E. Heavy metal uptake by plant parts of willow species: A meta-analysis. **Journal of Hazardous Materials**, Amsterdam, v. 336, p. 101–109, 2017.

VECHIA, J. F. D.; PERES, L. R. S.; CASTRO, P. P.; CRUZ, C. Determinação de plantas indicadoras de resíduos de bentazona, atrazina e clomazona no solo. **Ciência e cultura**, Barretos, v. 17, p. e211707, 2021.

VERMA, S.; CHATTERJEE, S. Biodegradation of profenofos, an acetylcholine esterase inhibitor by a psychrotolerant strain *Rahnella* sp. PFF2 and degradation pathway analysis. **International Biodeterioration and Biodegradation**, Barking, v. 158, p. 105169, 2021.

VITI, M. L.; MENDES, K. F.; DOS REIS, F. C.; GUIMARÃES, A. C. D.; SORIA, M. T. M.; TORNISIELO, V. L. Characterization and Metabolism of Bound Residues of Three Herbicides in Soils Amended with Sugarcane Waste. **Sugar Tech**, India, v. 23, n. 1, p. 23–37, 2021.

WALLS, W.D. Petroleum refining industry in China, **Energy Policy**, Guildford, v. 38 p. 2110-2115, 2010.

WANG, J.; AWAYA, J.; ZHU, Y.; MOTOOKA, P. S.; NELSON, D. A.; LI, Q. X. Tests of hexazinone and tebuthiuron for control of exotic plants in Kauai, Hawaii. **Forests**, Switzerland, v. 10, n 7, p. 576, 2019.

WANG, J.; HIRAI, H.; KAWAGISHI, H. Biotransformation of acetamiprid by the white-rot fungus *Phanerochaete sordida* YK-624. **Applied Microbiology and Biotechnology**, Berlin, v. 93, n. 2, p. 831–835, 2012.

WANG, L.; CHI, X.-Q.; ZHANG, J.-J.; SUN, D.-L.; ZHOU, N.-Y. Bioaugmentation of a methyl parathion contaminated soil with *Pseudomonas* sp. strain WBC-3. **International Biodeterioration and Biodegradation**, Barking, v. 87, p. 116–121, 2014.

WEI, Z.; VAN LE, Q.; PENG, W.; YANG, Y.; YANG, H.; GU, H.; LAM, S. S.; SONNE, C. A review on phytoremediation of contaminants in air, water and soil. **Journal of Hazardous Materials**, Amsterdam, v. 403, p. 123658, 2021.

WINTER, B. **Linear models and linear mixed effects models in R with linguistic applications**. 2013. Disponível em: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1308/1308.5499.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2023.

WONG, M. H. Ecological restoration of mine degraded soils, with emphasis on metal contaminated soils. **Chemosphere**, Oxford, v. 50, n. 6, p. 775–780, 2003.

XIE, J.; HE, Z.; LIU, X.; LIU, X.; VAN NOSTRAND, J. D.; DENG, Y.; WU, L.; ZHOU, J.; QIU, G. GeoChip-Based Analysis of the Functional Gene Diversity and Metabolic Potential of Microbial Communities in Acid Mine Drainage. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 77, n. 3, p. 991–999, 2011.

YAN, X.; HUANG, J.; XU, X.; CHEN, D.; XIE, X.; TAO, Q.; HE, J.; JIANG, J. Enhanced and Complete Removal of Phenylurea Herbicides by Combinational Transgenic Plant-Microbe Remediation. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 84, n. 14, p. e00273-18, 2018.

YANG, S.-Z.; JIN, H.-J.; WEI, Z.; HE, R.-X.; JI, Y.-J.; LI, X.-M.; YU, S.-P. Bioremediation of Oil Spills in Cold Environments: A Review. **Pedosphere**, China, v. 19, n. 3, p. 371–381, 2009.

YERA, A.; NASCIMENTO, M. M.; ROCHA, G. O. D.; ANDRADE, J. B. D.; VASCONCELLOS, P. C. Occurrence of pesticides associated to atmospheric aerosols: hazard and cancer risk assessments. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, Campinas, v. 31, p. 1317-1326, 2020.

ZABBEY, N.; SAM, K.; ONYEBUCHI, A. T. Remediation of contaminated lands in the Niger Delta, Nigeria: Prospects and challenges. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 586, p. 952-965, 2017.

ZANGANEH, F.; HEIDARI, A.; SEPEHR, A.; ROHANI, A. Bioaugmentation and bioaugmentation–assisted phytoremediation of heavy metal contaminated soil by a synergistic effect of cyanobacteria inoculation, biochar, and purslane (*Portulaca oleracea* L.). **Environmental Science and Pollution Research**, Berlin, v. 29, n. 4, p. 6040–6059, 2022.

ZHANG, N.; GUO, D.; ZHU, Y.; WANG, X.; ZHU, L.; LIU, F.; TENG, Y.; CHRISTIE, P.; LI, Z.; LUO, Y. Microbial remediation of a pentachloronitrobenzene-contaminated soil under *Panax notoginseng*: A field experiment. **Pedosphere**, China, v. 30, n. 4, p. 563–569, 2020.

ZHENG, Y.; CHAI, L. Y. Combined alkali precipitation and bioaugmentation process for the treatment of black liquor under alkaline condition. **Procedia Environmental Sciences**, Netherlands, v. 31, p. 715-724, 2016.

ZHOU, Z.; WANG, C.; LUO, Y. Meta-analysis of the impacts of global change factors on soil microbial diversity and functionality, **Nature communications**, United Kingdom, v. 11, p. 3072, 2020.

**TOLERÂNCIA DE ADUBOS VERDES ASSOCIADOS A INOCULANTES
MICROBIANOS EM SOLO COM TEBUTHIURON**



Eng. Agrônomo Victor Hugo Cruz

Discente



Prof. Dr. Paulo Renato Matos Lopes

Orientador

Ilha Solteira-SP
Fevereiro de 2023