

RESSALVA

Atendendo solicitação do autor, o
texto completo desta tese será
disponibilizado somente a partir de
22/02/2023.

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

YANCA ARAUJO FRIAS

**DESEMPENHO DE *Mucuna pruriens* NA FITORREMEDIAÇÃO DE SOLO COM
VINHAÇA E TEBUTHIURON**

Ilha Solteira

2021

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

YANCA ARAUJO FRIAS

DESEMPENHO DE *Mucuna pruriens* NA FITORREMEDIAÇÃO DE SOLO COM VINHAÇA E TEBUTHIURON

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

Especialidade: Sistemas de Produção.

Prof. Dr. Paulo Renato Matos Lopes
Orientador

Prof. Dr. Rafael Simões Tomaz
Co-orientador

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

F897d Frias, Yanca Araújo.
Desempenho de mucuna pruriens na fitorremediação de solo com vinhaça e
tebuthiuron / Yanca Araujo Frias. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2021
74 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de
Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Sistemas de Produção, 2021

Orientador: Paulo Renato Matos Lopes

Coorientador: Rafael Simões Tomaz

Inclui bibliografia

1. Biorremediação. 2. Crotalaria juncea. 3. Ecotoxicidade. 4. Herbicida.

Raiane da Silva Santos
Raiane da Silva Santos

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Desempenho de *Mucuna pruriens* na fitorremediação de solo com vinhaça e tebuthiuron.

AUTORA: YANCA ARAUJO FRIAS

ORIENTADOR: PAULO RENATO MATOS LOPES

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA, área: Sistemas de Produção pela Comissão Examinadora:



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



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



Prof. Dr. EDUARDO BERALDO DE MORAIS (Participação Virtual)
Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental / Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT

Ilha Solteira, 22 de fevereiro de 2021

AGRADECIMENTOS

A Deus!

A minha família, Paulo Sérgio, Lucimara e Euller Lucas por todo o suporte e confiança;

Ao meu namorado, Juan Henrique, por me incentivar a realizar meus sonhos;

Aos meus orientadores, Prof. Dr. Paulo Renato e Prof. Dr. Rafael, pela confiança, dedicação, paciência, preocupação, e especialmente, por sua amizade;

Aos professores da FCAT e da FEIS, em especial ao Prof. Dr. Ronaldo Cintra Lima, Prof. Dr. Reges Heinrichs, Prof. Dr. Evandro Pereira Prado e Prof. Dr. Leandro Tropaldi, que contribuíram significativamente com este trabalho;

Aos funcionários da FCAT, em especial ao Alan Roger, por todo o suporte técnico;

Aos meus colegas de mestrado, Adriano e Jashon, pela disponibilização dos materiais para o experimento;

Aos meus amigos, Bruno Rafael, Edivaldo Wilson e Victor, pelas risadas e puxões de orelha;

Aos amigos e membros do GAIA e do CEBAF, em especial Laura, Munick, Thalia, Arthur, Vitória e João Paulo;

A República As Erradas, Andressa, Laura e Pietra, pelo ombro amigo, conselhos, incentivo e comemorações.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela oportunidade.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

*“Duas estradas se bifurcaram no meio da minha vida,
Ouvi um sábio dizer.
Peguei a estrada menos usada.
E isso fez toda a diferença cada noite e cada dia”.*
(Larry Norman)

RESUMO

O tebuthiuron é um herbicida muito usado na cultura de cana-de-açúcar que apresenta alta persistência no solo e elevado potencial tóxico. Adicionalmente, em áreas canavieiras, a vinhaça também é frequentemente utilizada em práticas de fertirrigação. Contudo, ambos podem ocasionar impactos ao meio ambiente. Dessa maneira, o objetivo desse trabalho foi avaliar o desempenho da mucuna-cinza (*Mucuna pruriens* L. DC.) como adubo verde na rotação de cultura da cana e na remediação de tebuthiuron em solo com vinhaça. A eficiência do processo de fitorremediação foi avaliada quanto: ao desenvolvimento vegetal e à ecotoxicidade do meio. Para isso, um experimento foi conduzido em casa de vegetação utilizando vasos com solo, com doses de tebuthiuron: zero, 0,25x, 0,50x, 0,75x, e a dose recomendada (1,00x); e volumes de vinhaça: ausência, 0,50x, 1,0x e o 2,0x. A *Crotalaria juncea* foi utilizado como espécie sentinela no estudo sobre fitorremediação, sendo determinado o diâmetro do colo, a altura da planta e o número de folhas; e, massa fresca e seca final. A ecotoxicidade das amostras de solo nos tratamentos foi determinada nos tempos inicial (zero) e final (140 dias), utilizando sementes de *Lactuca sativa* como organismos-teste. Conforme seu desenvolvimento vegetal, maior efeito negativo foi encontrado na presença de uma e de duas vezes o volume recomendado de vinhaça, ocasionando mortalidade e até a não germinação de sementes, concluindo que a utilização da mucuna-cinza não pode ser indicada para uso como adubo verde em solo com alta concentração desses compostos. Ainda, conforme o desenvolvimento de *C. juncea*, observa-se que, a presença de vinhaça e tebuthiuron no solo foi prejudicial para o desenvolvimento da planta. A análise de quantificação de tebuthiuron no solo revelou que a concentração foi menor nas unidades experimentais que não receberam aplicação de vinhaça. Quanto ao teste de ecotoxicidade, a presença da vinhaça no solo apresentou um potencial tóxico para sementes de *L. sativa* no início das avaliações, entretanto, na avaliação tardia (t140), esse efeito foi reduzido.

Palavras-chave: biorremediação. *Crotalaria juncea*. Ecotoxicidade. Herbicida.

ABSTRACT

Tebuthiuron is a herbicide widely used in sugarcane culture that presents high persistence in soil and high toxic potential. Additionally, in sugarcane growing areas, vinasse is also frequently used in fertigation practices. However, both can cause impacts on the environment. Thus, the objective of this study was to evaluate the performance of velvet bean (*Mucuna pruriens* L. DC.) as a green manure in sugarcane crop rotation and in the remediation of tebuthiuron in soil with vinasse. The efficiency of the phytoremediation process was evaluated in terms of plant development and ecotoxicity of the medium. For this, an experiment was conducted in a greenhouse using pots with soil, with doses of tebuthiuron: zero, 0.25x, 0.50x, 0.75x, and the recommended dose (1.00x); and vinasse volumes: absence, 0.50x, 1.0x, and 2.0x. *Crotalaria juncea* was used as a sentinel species in the phytoremediation study, and neck diameter, plant height, and number of leaves were determined, as well as final fresh and dry mass. The ecotoxicity of the soil samples in the treatments was determined at the initial (zero) and final (140 days) times, using *Lactuca sativa* seeds as test organisms. According to their plant development, the greatest negative effect was found in the presence of one and two times the recommended volume of vinasse, causing mortality and even non-germination of seeds, concluding that the use of velvet bean cannot be indicated for use as a green manure in soil with a high concentration of these compounds. Also, according to the development of *C. juncea*, the presence of vinasse and tebuthiuron in the soil was harmful to the development of the plant. The quantification analysis of tebuthiuron in the soil revealed that the concentration was lower in the experimental units that did not receive vinasse application. As for the ecotoxicity test, the presence of stillage in the soil presented a toxic potential for *L. sativa* seeds at the beginning of the evaluations, however, in the late evaluation (t140), this effect was reduced.

Keywords: Bioremediation. *Crotalaria juncea*. Ecotoxicity. Herbicide.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Fórmula estrutural do herbicida tebuthiuron.....	18
Figura 2	- Fluxograma do processo de produção de etanol e subprodução de vinhaça.....	19
Figura 3	- Efeito do herbicida tebuthiuron sobre o desenvolvimento da <i>Mucuna pruriens</i>	30
Figura 4	- Análise de regressão para a altura (cm) de <i>Mucuna pruriens</i> durante o período em diferentes concentrações* de tebuthiuron e vinhaça no solo.....	34
Figura 5	- Análise de regressão para o diâmetro (mm) de <i>Mucuna pruriens</i> durante o período em diferentes concentrações* de tebuthiuron e vinhaça no solo.....	36
Figura 6	- Análise de regressão para o número de folhas de <i>Mucuna pruriens</i> durante o período em diferentes concentrações* de tebuthiuron e vinhaça no solo.....	38
Figura 7	- Análise de correlação para altura (H), diâmetro (D), número de folhas (NF), comprimento de raiz (CR), massas frescas de parte aérea (MFPA) e radicular (MFR) e massas secas de parte aérea (MSPA) e radicular (MSR) de <i>Mucuna pruriens</i> após 63 DAS em diferentes concentrações de tebuthiuron e vinhaça no solo.....	41
Figura 8	- Altura média (cm) de <i>Crotalaria juncea</i> durante o desenvolvimento vegetal por 42 dias nas amostras de solo com tebuthiuron e vinhaça.....	50
Figura 9	- Diâmetro médio (mm) de <i>Crotalaria juncea</i> durante o desenvolvimento vegetal por 42 dias nas amostras de solo com tebuthiuron e vinhaça.....	50
Figura 10	- Número de folhas médio de <i>Crotalaria juncea</i> durante o desenvolvimento vegetal por 42 dias nas amostras de solo com tebuthiuron e vinhaça.....	50
Figura 11	- Análise de correlação para comprimento de raiz (CR), biomassa frescas de parte aérea (MFPA) e radicular (MFR) e biomassas secas de parte aérea (MSPA) e radicular (MSR) de <i>Crotalaria juncea</i> após 42 DAS após processo de fitorremediação do solo..	52

APÊNDICES

Figura 12	- <i>Mucuna pruriens</i> no tratamento controle.....	65
Figura 13	- <i>Mucuna pruriens</i> no tratamento 0,50-0,75 VT.....	65
Figura 14	- <i>Crotalaria juncea</i> no tratamento controle.....	66
Figura 15	- <i>Crotalaria juncea</i> no tratamento 0,00-1,00 VT.....	66
Figura 16	- Perda de folhas da <i>C. juncea</i> no tratamento 2,00-0,50 VT.....	67
Figura 17	- Sementes sem emergência de <i>C. juncea</i> no tratamento 0,50-1,00 VT.....	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Composição química do solo utilizado.....	25
Tabela 2	- Análise de variância dos parâmetros morfológicos de <i>Mucuna pruriens</i> após 63 DAS: altura (H) e diâmetro das plantas (D), e número de folhas (NF).....	28
Tabela 3	- Comparação de médias dos parâmetros morfológicos de <i>Mucuna pruriens</i> durante o período de 63 dias: altura (H) e diâmetro das plantas (D) e número de folhas (NF).....	29
Tabela 4	- Comparação de médias da altura (H), do diâmetro (D) e do número de folhas (NF) de <i>Mucuna pruriens</i> em diferentes concentrações de tebuthiuron e vinhaça no solo.....	31
Tabela 5	- Comparação de médias da altura (cm) de <i>M. pruriens</i> durante o período em diferentes concentrações de tebuthiuron e vinhaça no solo.....	33
Tabela 6	- Comparação de médias de diâmetro (mm) de <i>Mucuna pruriens</i> durante o período em diferentes concentrações de tebuthiuron e vinhaça no solo.....	35
Tabela 7	- Comparação de médias do número de folhas de <i>Mucuna pruriens</i> durante o período em diferentes concentrações de tebuthiuron e vinhaça no solo.....	37
Tabela 8	- Comparação de médias da massa fresca da parte aérea (MFPA), das massas secas da parte aérea (MSPA) e radicular (MSR) e do comprimento da raiz (CR) de <i>Mucuna pruriens</i> após 63 DAS em diferentes concentrações de tebuthiuron e vinhaça no solo.....	39
Tabela 9	- Análise de variância das amostras de solo para quantificar resíduos de tebuthiuron após 140 dias de experimento.....	53
Tabela 10	- Comparação de médias da concentração de resíduo de tebuthiuron no solo ($\mu\text{g/g}$) ao final do período de 140 dias nos tratamentos avaliados.....	54
Tabela 11	- Análise de variância dos valores de 1-GI para <i>Lactuca sativa</i> nos bioensaios de ecotoxicidade para os tratamentos no tempo inicial (t_0) e tempo final de experimento (t_{140}).....	55

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

%G	Percentual de germinação de sementes em relação ao controle negativo
%R	Percentual de alongamento de raiz em relação ao controle negativo
CR	Comprimento de raiz
CTC	Capacidade de troca catiônica
DAS	Dias após a semeadura
GI	Índice de germinação (<i>Germination index</i>)
ha	Hectare
H+Al	Hidrogênio + Alumínio
KCl	Cloreto de potássio
MFPA	Biomassa fresca da parte aérea
MFR	Biomassa fresca de raiz
MSPA	Biomassa seca de parte aérea
MSR	Biomassa seca de raiz
pH	Potencial hidrogeniônico
PSII	Fotossistema II (<i>Photosystem II</i>)
PTPI	Período Total de Prevenção da Interferência
SB	Soma de bases
T	Tebuthiuron
t0	Tempo zero
t140	Tempo final de 140 dias
V%	Saturação da CTC por bases
V	Vinhaça

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1	Cana-de-açúcar.....	17
2.2	Tebuthiuron.....	17
2.3	Vinhaça.....	18
2.4	Biorremediação.....	20
2.5	Fitorremediação.....	21
2.6	Ecotoxicidade.....	21
3	OBJETIVOS	23
3.1	Objetivo Geral.....	23
3.2	Objetivos Específicos.....	23
4	ARTIGO 1 – PRODUÇÃO DE <i>Mucuna pruriens</i> EM SOLO COM TEBUTHIURON E VINHAÇA	24
4.1	Introdução.....	24
4.2	MATERIAL E MÉTODOS	25
4.2.1	Coleta de solo e vinhaça.....	25
4.2.2	Herbicida tebuthiuron e espécie vegetal.....	26
4.2.3	Delineamento experimental.....	26
4.2.4	Preparo das unidades experimentais.....	26
4.2.5	Avaliação do desenvolvimento vegetal.....	27
4.2.6	Análise estatística dos dados.....	27
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.4	CONCLUSÃO	41
5	ARTIGO 2 - FITORREMEDIAÇÃO DE SOLO COM TEBUTHIURON E VINHAÇA POR <i>Mucuna pruriens</i> UTILIZANDO <i>Crotalaria juncea</i> COMO ESPÉCIE BIOINDICADORA E <i>Lactuca sativa</i> EM BIOENSAIOS DE ECOTOXICIDADE	42
5.1	Introdução.....	42
5.2	MATERIAL E MÉTODOS	43
5.2.1	Coleta de solo e de vinhaça.....	43

5.2.2	Herbicida tebuthiuron e espécies vegetais.....	44
5.2.3	Delineamento experimental.....	44
5.2.4	Preparo das unidades experimentais.....	45
5.2.5	Avaliação do desenvolvimento vegetal – <i>Crotalaria juncea</i>	45
5.2.6	Bioensaios de ecotoxicidade.....	45
5.2.7	Quantificação de tebuthiuron nas amostras de solo.....	46
5.2.8	Análise estatística dos dados.....	47
5.2.8.1	Parâmetros de desenvolvimento de <i>C. juncea</i>	47
5.2.8.2	Quantificação de tebuthiuron nas amostras de solo.....	48
5.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
5.3.1	Parâmetros de desenvolvimento de <i>C. juncea</i>	49
5.3.2	Quantificação de tebuthiuron nas amostras de solo.....	53
5.3.3	Bioensaios de ecotoxicidade.....	55
6	CONCLUSÃO	57
	REFERÊNCIAS	58
	APÊNDICES	65
	Apêndice A – Fotos do desenvolvimento vegetal de <i>Mucuna pruriens</i> (ARTIGO 1).....	65
	Apêndice B – Fotos do desenvolvimento vegetal de <i>Crotalaria juncea</i> (ARTIGO 2).....	66

1 INTRODUÇÃO

No solo, a contaminação refere-se principalmente as substâncias tóxicas que excedem a capacidade de carga do solo, afetando assim a produção vegetal e animal, bem como a qualidade de águas subterrâneas que, no final, afetam a saúde e o bem-estar humano (WEI *et al.*, 2021). Dentre as principais causas de contaminação do solo estão os resíduos industriais e pesticidas aplicados a terras agrícolas.

Entre os diversos métodos de controle que envolvem essa cultura, o controle químico é amplamente utilizado no manejo de plantas daninhas devido à sua praticidade de utilização e eficiência. No Brasil, o Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários (AGROFIT), do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, detém informações para a cultura da cana-de-açúcar onde estão registrados cerca de 52 ingredientes ativos de herbicidas (BRASIL, 2021), no qual grande parte dessas moléculas são recomendadas para aplicações em pré-emergência e pós-emergência inicial, sendo o principal destino o solo. Dentre eles, o tebuthiuron é um herbicida inibidor do fotossistema II (PSII) que possui ação sistêmica e pertence ao grupo químico das ureias, sendo aplicado em pré-emergência como alternativa no controle químico das culturas de cana-de-açúcar (MENDES *et al.*, 2021).

O processamento da cana-de-açúcar para fabricação de açúcar e etanol gera diversos subprodutos com características físico-químicas distintas entre si, dentre os quais se destaca a vinhaça.

A vinhaça é um líquido derivado da destilação do vinho, que é resultante da fermentação do caldo da cana-de-açúcar ou melaço (CETESB, 2015). Sua composição química depende do material de origem (mosto), sendo necessário avaliação periódica de parâmetros tais como pH, potássio, cálcio, cloreto, entre outros.

Utilizada na fertirrigação da lavoura, a vinhaça é aplicada na superfície do solo (zona não saturada), promovendo o acréscimo de matéria orgânica e, conseqüentemente, a agregação das partículas do solo (SOTO, BASSO, KIANG, 2017).

Entretanto, a aplicação dessa prática depende dos seus valores de CTC (cmolc dm^{-3}) e concentração de potássio do solo (K_s) (cmolc/dm^3) e concentração de

potássio da vinhaça (Kvi) em kg de K₂O/m³ (CETESB, 2015), já que esse composto é rico em nutrientes e matéria orgânica, e pode causar impactos negativos ao solo e às águas subterrâneas.

A fitorremediação é uma proposta inovadora como método alternativo para a remoção de poluentes orgânicos e inorgânicos de solo e água, sendo o sucesso da técnica dependente da seleção criteriosa de plantas com características favoráveis (VASCONCELO *et al.*, 2020), e vem sendo amplamente estudada em solos brasileiros contaminados com herbicidas (BELO *et al.*, 2007; FERREIRA *et al.*, 2021; GALON *et al.*, 2017; MADALÃO *et al.*, 2012a; PIRES *et al.*, 2003; SOUTO *et al.*, 2015; VASCONCELO *et al.*, 2020).

Leguminosas utilizadas em rotação de cultura com a cana-de-açúcar, apresentam potencial de fitorremediar solos contaminados com herbicidas aplicados para o manejo de plantas daninhas dessa cultura (FERREIRA *et al.*, 2021; GALON *et al.*, 2017; VASCONCELO *et al.*, 2020). Diante disso, o intuito desse trabalho foi avaliar o potencial fitorremediador da espécie *Mucuna pruriens* (L.) DC cultivada em solo com tebuthiuron e vinhaça.

O presente trabalho foi dividido em dois artigos: Artigo 1 de perspectiva agrônômica, no qual foi avaliado o comportamento de uma espécie vegetal, muito utilizada na agricultura como adubo verde (*Mucuna pruriens*), em solo com presença de tebuthiuron e vinhaça; e Artigo 2 de perspectiva ambiental, no qual foi analisado o potencial de remediação da espécie vegetal por meio do desenvolvimento de uma espécie sentinela (*Crotalaria juncea*); realizado o monitoramento do potencial ecotoxicológico do solo antes e após processo de fitorremediação utilizando sementes de *Lactuca sativa*, como organismo teste; e a análise residual do herbicida tebuthiuron no solo antes e após o processo e fitorremediação.

6 CONCLUSÃO

O cultivo prévio de *M. pruriens* em solo com tebuthiuron e/ou vinhaça não influenciou o desenvolvimento da espécie bioindicadora *C. juncea*.

A *C. juncea* foi sensível na presença de tebuthiuron e/ou vinhaça nas doses/concentrações estudadas.

A associação com a vinhaça promoveu maior concentração residual de tebuthiuron no solo independente da presença de *M. pruriens*, destacando-se os tratamentos com o dobro de volume do resíduo orgânico – 2,0 V. Além disso, a ausência de vinhaça no solo permitiu que a concentração residual do herbicida fosse nula após 140 dias.

Quanto à ecotoxicidade, foi demonstrado um efeito prejudicial da vinhaça frente às sementes de *Lactuca sativa*. A vinhaça proporcionou a intoxicação do solo, no entanto, o tempo contribuiu para a dissipação do efeito. Na presença de tebuthiuron (0,50x), a vinhaça contribuiu para a redução da intoxicação do solo na avaliação tardia (t140), quando cultivado a mucuna nesse solo.

REFERÊNCIAS

- ABREU, Y. D.; NASCIMENTO, H. R. A produção da cana-de-açúcar e de etanol nas novas fronteiras agrícolas: o estado do Tocantins. **Revista Liberato**, Novo Hamburgo, v. 17, n. 27, p. 01-118, 2016.
- ALVES, S. A.; FERREIRA, T. C. R.; LANZA, M. R. V. Oxidação eletroquímica do herbicida tebutiuron utilizando eletrodo do tipo DSA. **Química Nova**, São Paulo, v. 35, n. 10, p. 1981-1984, 2012.
- ALVES, C.; GALON, L.; KAIZER, R. R.; HOLZ, C. M.; WINTER, F. L.; BASSO, F. J. M.; PERIN, G. F.; FORTE, C. T. Selection of Species with Soil Phytoremediation Potential After the Application of Protox-Inhibiting Herbicides. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 36, e018174765, 2018.
- ALVES, C.; GALON, L.; HOLZ, C. M.; KAIZER, R. R.; WINTER, F. L.; CONCENÇO, G.; NONEMACHER, F.; PERIN, G. F. Características fisiológicas de plantas hibernais com potencial fitorremediador sob influência dos herbicidas fomesafen e sulfentrazone. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 18, n. 1, p. 1–12, 2019.
- ANDRADE, J. DE A.; AUGUSTO, F.; JARDIM, I. C. S. F. Biorremediação de solos contaminados por petróleo e seus derivados. **Eclética Química**, São Paulo, v. 35, n. 3, p. 17–43, 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 10006**: Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 7 p.
- BANKS, M. K.; SCHULTZ, K. E. Comparison of Plants for Germination Toxicity Tests in Petroleum-Contaminated Soils. **Water, Air, and Soil Pollution**, [s. l.], v. 167, n. 1, p. 211–219, 2005.
- BARETTA, D.; BROWN, G. G.; CARDOSO, E. J. B. N. Potencial de la macrofauna y de otras variables edáficas como indicadoras de la calidad del suelo en áreas con *Araucaria angustifolia*. **Acta Zoológica Mexicana**, México, v. 26, p. 135-150, 2010.
- BELO, A. F.; SANTOS, E. A.; SANTOS, J. B.; FERREIRA, L. R.; SILVA, A. A.; CECON, P. R.; SILVA, L. L. Fitorremediação de solo adubado com composto orgânico e contaminado com trifloxy-sulfuron- sodium. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 25, n. 2, p. 251–258, 2007.
- BERNARDINO, M. M. **Comportamento e ecotoxicologia de pesticidas em solos do cerrado**. 2019. 77 f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, 2019.
- BISOGNIN, R. P.; LOPEZ, D. A. R.; MULLER, M. V. G.; RIEGER, A. Análise do potencial microbiano de uma biopilha na biorremediação de solos contaminados por hidrocarbonetos de petróleo. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 3, p. 517–526, 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários – AGROFIT**. Brasília, 2021. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons.

BRITO, M. F.; GALLO, A. S.; SOUZA, M. D. B; GUIMARÃES, N. F.; MERCANTE, F. M.; SILVA, R. F. Produção de fitomassa e extração de nutrientes por plantas de cobertura em Argissolo Vermelho, com adição de vinhaça. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 34, 2013, Florianópolis. **Anais [...]** [S.l.: s. n.], 2013.

CAMPOS, L. H. F. **Resíduos de herbicidas aplicados em cana-de-açúcar afetando adubos verdes e a cultura da soja em rotação**. 2018. 91 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2018.

CHELINHO, S.; DOMENE, X.; CAMPANA, P.; ANDRÉS, P.; RÖMBKE, J.; SOUSA, J. P. Toxicity of phenmedipham and carbendazim to *Enchytraeus crypticus* and *Eisenia andrei* (Oligochaeta) in Mediterranean soils. **Journal of Soils and Sediments**, [s. l.], v. 14, n. 3, p. 584-599, 2014.

CHRISTOFOLETTI, C. A.; ESCHER, J. P.; CORREIA, J. E.; MARINHO, J. F. U.; FONTANETTI, C. S. Sugarcane vinasse: Environmental implications of its use. **Waste Management**, Elmsford, v. 33, n. 12, p. 2752–2761, 2013.

COELHO, M. P. M.; CORREIA, J. E.; VASQUES, L. I.; MARCATO, A. C. DE C.; GUEDES, T. DE A.; SOTO, M. A.; BASSO, J. B.; KIANG, C.; FONTANETTI, C. S. Toxicity evaluation of leached of sugarcane vinasse: Histopathology and immunostaining of cellular stress protein. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, New York, v. 165, p. 367–375, 2018.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **P4.231: Vinhaça – critérios e procedimentos para aplicação no solo agrícola**. São Paulo: CETESB, 2015. 15 p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**. Brasília, 2020. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar>.

DEMICHELLI, F. N.; MOURA, G. S.; FRANZENER, G.; BITENCOURT, T. B.; PASSOS, C. T.; CAZAROLLI, L. H. Caracterização de microrganismos isolados de solo contaminado com Glifosato na região sul do Brasil. *In*: Congresso Latino-americano de Agroecologia, 6, 2018, Brasília. **Anais [...]** Brasília: Cadernos de Agroecologia, v. 13, n. 1, 2018.

DIETZ, A. C.; SCHNOOR, J. L. Advances in phytoremediation. **Environmental Health Perspectives**, Research Triangle Park, v. 109, p. 163–168, 2001.

FERRAÇO, M.; BELO, A. F.; PIRES, F. R.; BONOMO, R.; FILHO, A. C. Phytoremediation of Contaminated Soil with Sulfentrazone by Different Density of *Crotalaria juncea*. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 37, e019185323, 2019.

FASANELLA, C. C.; CARDOSO, E. J. B. N. Biorremediação. *In*: ANDREOTE F. D.; CARDOSO, E. J. B. N. (org.). **Microbiologia do solo**. 2. ed. Piracicaba: ESALQ, 2016. p. 197-210.

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**, v. 8, p. 613-642, 2021.

FRANCISCO, W. C.; QUEIROZ, T. M. DE. Biorremediação. **Nucleus**, Lahore, v. 15, n. 1, p. 249–256, 2018.

GALON, L.; FERNANDES, F. F.; ANDRES, A.; SILVA, A. F. DA; FORTE, C. T. Selectivity and efficiency of herbicides in weed control on sweet sorghum. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 46, n. 2, p. 123–131, 2016.

GALON, L.; NONEMACHER, F.; AGAZZI, L. R.; FIABANE, R. C.; FORTE, C. T.; FRANCESCHETTI, M. B.; PERIN, G. F. Fitorremediação de solo contaminado com herbicidas inibidores de FSII e de ALS. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina, v. 16, n. 4, p. 307–324, 2017.

GARCIA, M. V. **Effects of pesticides on soil fauna: development of ecotoxicological test methods for tropical regions**. [S. l.: s. n.], 2004. 281 p.

GONÇALVES, V. D.; COELHO, M. F. B.; CAMILI, E. C. Bioensaios em sementes de *Lactuca sativa* L. com extrato de folhas de *Kielmeyera coriacea* Mart. & Zucc. **Revista Internacional de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 2, p. 160-170, 2016.

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

LEITÃO, S.; CEREJEIRA, M. J.; VAN DEN BRINK, P. J.; SOUSA, J. P. Effects of azoxystrobin, chlorothalonil, and ethoprophos on the reproduction of three terrestrial invertebrates using a natural Mediterranean soil. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 76, p. 124-131, 2014.

LIMA, R. M. **Avaliação da radiação UVC, processos UV/H₂O₂ e fotofenton na degradação do agrotóxico clorpirifós com acompanhamento da ecotoxicidade**. 2017. 91 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

LIMA, F. DE A.; A SANTOS JUNIOR, A. C.; MARTINS, L. C.; SARROUH, B.; LOFRANO, R. C. Z. Revisão sobre a toxicidade e impactos ambientais relacionados à vinhaça, efluente da indústria sucroalcooleira. **Cadernos UniFOA**, Volta Redonda, v. 11, n. 32, p. 27–34, 2016.

MACCARI, A. P.; BARETTA, D.; PAIANO, D.; LESTON, S; FREITAS, A; RAMOS, F.; SOUSA, J. P.; KLAUBERG-FILHO, O. Ecotoxicological effects of pig manure on *Folsomia candida* in subtropical Brazilian soils. **Journal of Hazardous Materials**, Amsterdam, v. 314, p. 113-120, 2016.

MADALÃO, J. C.; PIRES, F. R.; CHAGAS, K.; CARGNELUTTI FILHO. A.; PROCÓPIO, S. O. Uso de leguminosas na fitorremediação de solo contaminado com sulfentrazone. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 4, p. 390–396, 2012a.

MADALÃO, J. C.; PIRES, F. R.; CARGNELUTTI FILHO, A.; NASCIMENTO, A. F.; CHAGAS, K.; PROCÓPIO, S. O.; ARAÚJO, R. S.; BONOMO, R.; TAUFNER, G. A. Seleção de espécies tolerantes ao herbicida sulfentrazone com potencial para a fitorremediação de solos contaminados. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 6, p. 2199–2214, dez. 2012b.

MAGALHÃES, D. P.; FERRÃO FILHO, A. S. A ecotoxicologia como ferramenta no biomonitoramento de ecossistemas aquáticos. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v.12, n.3, p.355-381, 2008.

MARTINEZ, C. O.; SILVA, C. M. M. S.; FAY, E. F.; ABAKERLI, R. B.; MAIA, A. H. N.; DURRANT, L. R. The effects of moisture and temperature on the degradation of sulfentrazone. **Geoderma**, Amsterdam, v.147, n.1, p.56-62, 2008.

MATOS, A. K. A.; CARBONARI, C. A.; VELINI, E. D.; GOMES, G. L. G. C.; TRINDADE, M. L. B.; MACEDO, G. C. Vinasse effect on herbicides clomazone and tebuthiuron availability in different kinds of soils. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 33, n. 4, p. 771–778, 2015.

MELO, C. A. D.; Souza, W. M.; de Carvalho, F. P.; Massenssini, A. M.; da Silva, A. A.; Ferreira, L. R.; Costa, M. D. Microbial activity of soil with sulfentrazone associated with phytoremediator species and inoculation with a bacterial consortium. **Bragantia**, Campinas, v. 76, n. 2, p. 300–310, 2017.

MENDES, K. F.; WEI, M. C. F.; FURTADO, I. F.; TAKESHITA, V.; PISSOLITO, J. P.; MOLIN, J. P; TORNISIELO, V. L. Spatial distribution of sorption and desorption process of ¹⁴C-radiolabelled hexazinone and tebuthiuron in tropical soil. **Chemosphere**, Oxford, v. 264, p. 128494, 2021.

MISHRA, S. K.; KUMAR, P. R.; SINGH, R. K. 3 - Transgenic plants in phytoremediation of organic pollutants. *In*: PANDEY, V. C.; SINGH, V. **Bioremediation of Pollutants**, [S. l.: s. n.]. 2020. p. 39–56.

MORAES, D. A. C.; SPADOTTO, C. A.; SARTORI, A. A. C.; ZIMBACK, C. R. L. Variabilidade espacial do risco de contaminação de águas subterrâneas por tebuthiuron em área de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 51, n. 12, p. 1992–1999, 2016.

MORENO-GONZÁLEZ, D.; ALCÁNTARA-DURÁN, J.; ADDONA, S. M.; BENEITO-CAMBRA, M. Multi-residue pesticide analysis in virgin olive oil by nanoflow liquid chromatography high resolution mass spectrometry. **Journal of Chromatography A**, Amsterdam, v. 1562, p. 27-35, 2018.

MORINI, M. S. C.; SILVA, O. G. M.; ZAMBON, V.; NOCELLI, R. C. F. Cultura de cana-de-açúcar no Brasil: manejo, impactos econômicos, sociais e ambientais. In: FONTANETTI, C. S.; BUENO, O. C. (org.). **Cana-de-açúcar e seus impactos: uma visão acadêmica**. Bauru: Canal6, 2017. 275p.

NIEMEYER, J. C.; SANTOS, V. C.; ARAUJO, P. B.; DA SILVA, E. M. Reprodução de *Cubaris murina* (Crustacea: Isopoda) em condições de laboratório e seu uso em testes de ecotoxicidade. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 69, n. 1, p. 137-142, 2009.

NOVO, M. C. S. S.; VICTORIA FILHO, R.; LANGBECK, F. M.; LAGO, A. A.; DEUBER, R.; ROLIM, G. S. Interação de imazapic no sistema integrado palha de cana-de-açúcar, herbicida e vinhaça no crescimento inicial da tiririca. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 26, n. 2, p. 439–449, 2008.

PINTO, L. E. V.; ARAUJO, F. F. D. Uso de vinhaça como biofertilizante: efeito na nodulação, crescimento e acúmulo de nutrientes no cultivo da soja. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 15, n. 5, p. 97–109, 2019.

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, n. 2, p. 335–341, 2003.

PIRES, F. R.; Souza, C. M. de; Cecon, P. R.; Santos, J. B. dos; 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, n. 4, p. 627–634, 2005.

PRADO, E. A. F.; VITORINO, A. C. T.; MAUAD, M.; ENSINAS, S. C.; PAIM, L. R. Características tecnológicas da cana-de-açúcar sob aplicação de doses de vinhaça em Latossolo Vermelho distroférrico. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 16, n. 4, p. 386–395, 2017.

PROCÓPIO, S. O.; FERNANDES, M. F.; TELES, D. A.; SENA FILHO, J. G.; CARGNELUTTI FILHO, A.; RESENDE, M. A.; VARGAS, L. Toxicidade de herbicidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar à bactéria diazotrófica *Herbaspirillum seropedicae*. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 5, p. 2383–2398, 2014.

PROCÓPIO, S. O.; PIRES, F. R.; SANTOS, J. B.; SILVA, A. A. **Fitorremediação de solos com resíduos de herbicidas**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2009. 32p.

QU, M.; LI, N.; LI, H.; YANG, T.; LIU, W.; YAN, Y.; FENG, X.; ZHU, D. Phytoextraction and biodegradation of atrazine by *Myriophyllum spicatum* and evaluation of bacterial communities involved in atrazine degradation in lake sediment. **Chemosphere**, Oxford, v. 209, p. 439–448, 2018.

- ROCHA, R. S.; BEATI, A. A. G. F.; VALIM, R. B.; STETER, J. R.; BERTAZZOLI, R.; LANZ, 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. C. A.; BARBOSA, S.; PAZIN, M.; MASELLI, B. S.; BEIJO, L. A.; KUMMROW, F. Fitotoxicidade e citogenotoxicidade da água e sedimento de córrego urbano em bioensaio com *Lactuca sativa*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 10, p. 1099-1108, 2013.
- RODRIGUES, G. S. DE S. C.; ROSS, J. L. S. **A trajetória da cana-de-açúcar no Brasil: perspectivas geográfica, histórica e ambiental**. Uberlândia: Editora Universidade Federal de Uberlândia, 2020.
- SABBAG, R. dos S.; MONQUERO, P. A.; HIRATA, A. C. S.; SANTOS, P. H. V. Crescimento inicial de mudas pré brotadas de cana-de-açúcar submetidas a aplicação de herbicidas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina, v. 16, n. 1, p. 38–49, 2017.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed., Brasília: Embrapa, 2018. 356 p.
- SANTOS, E.; PIRES, F. R.; FERREIRA, A. D.; EGREJA FILHO, F. B.; MADALÃO, J. C. BONOMO, R.; ROCHA JUNIOR, P R. Phytoremediation and natural attenuation of sulfentrazone: mineralogy influence of three highly weathered soils. **International Journal of Phytoremediation**, Philadelphia, v. 21, n. 7, p. 652–662, 2019a.
- SANTOS, R. D. da S.; SILVA, P. T. de S.; GAVA, C. A. T.; MONTEIRO, V. E. D.; MELO, M. C. Avaliação da biodegradação do inseticida imidacloprido em reator de bancada. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, v. 7, n. 7, p. 45, 2019b.
- SEGAT, J. C.; ALVES, P. R. L.; BARETTA, D.; CARDOSO, E. J. B. N. Ecotoxicological evaluation of swine manure disposal on tropical soils in Brazil. **Ecotoxicology Environmental Safety**, [s. l.], v. 122, p. 91-97, 2015.
- SILVA, A. F.; CRUZ, C.; NETO, A. N.; PITELLI, R. A. Ecotoxicidade de herbicidas para a macrófita aquática (*Azolla caroliniana*). **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 30, n. 3, p. 541–546, 2012.
- SILVA, G. S.; SILVA, A. F. M.; GIRALDELI, A. L.; GHIRARDELLO, G. A.; VICTORIA FILHO, R.; TOLEDO, R. E. B. Manejo de plantas daninhas no sistema de mudas pré brotadas de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina, v. 17, n. 1, p. 86–94, 2018.
- SILVA, I. P. F.; SILVA JUNIOR, J. F.; PUTTI, F. F.; LATORRE, D. O.; SCHIMIDT, A. P.; LUDWIG, R. Herbicidas inibidores do fotossistema II – parte II. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, Heidelberg, v. 7, n. 1, p. 12–22, 2013.

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, 2004. p. 71-79.

SOTO, M. A.; CHANG, H.; BASSO, J. Impacto da fertirrigação da cana-de-açúcar por vinhaça nas propriedades físicas, químicas e hidráulicas do solo. In: FONTANETTI, C. S.; BUENO, O. C. (org.). **Cana-de-açúcar e seus impactos**: uma visão acadêmica. Bauru: Canal6, 2017. 275p.

SOUTO, K. M.; AVILA, L. A.; CASSOL, G. V.; MACHADO, S. L. O.; MARCHESAN, E. Phytoremediation of lowland soil contaminated with a formulated mixture of Imazethapyr and Imazapic. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 46, n. 1, p. 185–192, 2015.

SOUZA, J. K. C.; MESQUITA, F. O.; DANTAS NETO, J.; SOUZA, M. M. A.; FARIAS, C. H. A.; MENDES, H. C.; NUNES, R. M. A. Fertirrigação com vinhaça na produção de cana-de-açúcar. **Agropecuária Científica no Semiárido**, [s. l.], v. 11, n. 2, p. 7–12, 2015.

TONIETO, T. A. P. **Dinâmica dos herbicidas tebuthiuron e hexazinona no sistema de cana crua**. 2014. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

TROPALDI, L.; ARALDI, R.; BRITO, I. P. F. S.; SILVA, I. P. F.; CARBONARI, C. A.; VELINI, E. D. Herbicidas inibidores do fotossistema II em pré-emergência no controle de espécies de capim-colchão. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina, v. 16, n. 1, p. 30–37, 2017.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR. **Moagem de cana-de-açúcar e produção de açúcar e etanol**. [S. l.], 2020. Disponível em: <http://unicadata.com.br/>. Acesso em: 20 mar. 2021.

VASCONCELO, S. M. A.; JAKELAITIS, A.; PEREIRA, L. S.; OLIVEIRA, G. S.; SOUSA, G. D.; LIMA, S. F. Seleção de espécies tolerantes para a fitorremediação de solo contaminado com imazapic. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Recife, v. 19, n. 2, p. 149–158, 2020.

VASILYEVA, G.; KONDRASHINA, V.; STRIJAKOVA, E.; ORTEGA-CALVO, J. J. Adsorptive bioremediation of soil highly contaminated with crude oil. **Science of The Total Environment**, Amsterdam, v. 706, p. 135739, 2020.

VILLAVERDE, J.; RUBIO-BELLIDO, M.; MERCHÁN, F.; MORILLO, E. Bioremediation of diuron contaminated soils by a novel degrading microbial consortium. **Journal of Environmental Management**, London, v. 1, n. 188, p. 379-386, 2017.

VIOTTI, M. A. P.; COSTA, T. F.; AMARAL, W. D. M.; RODRIGUES, D. C. G. A. Biorremediação de solo contaminado por óleo lubrificante usado em biopilha de bancada. **Cadernos UniFOA**, Volta Redonda, v. 12, n. 34, p. 5–14, 2017.

WEI, Z.; LE, Q. V.; 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.

YADAV, K. K.; GUPTA, N.; KUMAR, A.; REECE, L. M.; SINGH, N.; REZANIA, S.; KHAN, S. A. Mechanistic understanding and holistic approach of phytoremediation: A review on application and future prospects. **Ecological Engineering**, Oxford, v. 120, p. 274–298, 2018.

ZORTÉA, T.; BARETTA, D.; MACCARI, A. P.; SEGAT, J. C.; BOIAGO, E. S.; SOUZA, J. P.; SILVA, A. S. Influence of cypermethrin on avoidance behavior, survival and reproduction of *Folsomia candida* in soil. **Chemosphere**, Oxford, v. 122, p. 94-98, 2015.

ZORTÉA, T.; SEGAT, J. C.; MACCARI, A. P.; SOUSA, J. P.; SILVA, A. S.; BARETTA, D. Toxicity of four veterinary pharmaceuticals on the survival and reproduction of *Folsomia candida* in tropical soils. **Chemosphere**, Oxford, v. 173, p. 460-465, 2017.

APÊNDICE

Apêndice A – Fotos do desenvolvimento vegetal de *M. pruriens* (ARTIGO 1)

FIGURA 12 – *Mucuna pruriens* no tratamento controle



Fonte: Dados da própria autora (2020).

Figura 13 – *Mucuna pruriens* no tratamento 0,50-0,75 VT



Fonte: Dados da própria autora (2020).

Apêndice B – Fotos do desenvolvimento vegetal de *C. juncea* (ARTIGO 2)

FIGURA 14 – *Crotalaria juncea* no tratamento controle



Fonte: Dados da própria autora (2020).

FIGURA 15 – *Crotalaria juncea* no tratamento 0,00-1,00 VT



Fonte: Dados da própria autora (2020).

FIGURA 16 – Perda de folhas da *C. juncea* no tratamento 2,00-0,50 VT



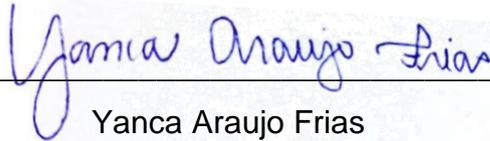
Fonte: Dados da própria autora (2020).

FIGURA 17 – Sementes sem emergência de *C. juncea* no tratamento 0,50-1,00 VT



Fonte: Dados da própria autora (2020).

**DESEMPENHO DE *Mucuna pruriens* NA FITORREMEDIAÇÃO DE SOLO COM
VINHAÇA E TEBUTHIURON**



Yanca Araujo Frias

Discente



Prof. Dr. Paulo Renato Matos Lopes

Orientador



Prof. Dr. Rafael Simões Tomaz

Co-Orientador

Ilha Solteira-SP
Fevereiro de 2021