

RESSALVA

Atendendo solicitação do autor, o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 17/12/2022.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE ENGENHARIA

CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA

EDIVALDO WILSON DE LIMA

**METABOLISMO MICROBIANO DE ISOLADOS DE SOLOS CULTIVADOS COM
CANA-DE-AÇÚCAR NA PRESENÇA DE TEBUTHIURON**

Ilha Solteira

2020

EDIVALDO WILSON DE LIMA

**METABOLISMO MICROBIANO DE ISOLADOS DE SOLOS CULTIVADOS COM
CANA-DE-AÇÚCAR NA PRESENÇA DE TEBUTHIURON**

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

Prof. Dr. Paulo Renato Matos Lopes
Orientador

Ilha Solteira

2020

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

L732m Lima, Edivaldo Wilson de.
Metabolismo microbiano de isolados de solos cultivados com cana-de-açúcar na presença de tebuthiuron / Edivaldo Wilson de Lima. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2020
51 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidades: Sistema de Produção, 2020.

Orientador: Paulo Renato Matos Lopes
Inclui bibliografia

1. Respirometria. 2. Biodegradação. 3. Bioprospecção. 4. Herbicida. 5. Modelagem matemática.


Raiane da Silva Santos

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Metabolismo microbiano de isolados de solos cultivados com cana-de-açúcar na presença de tebutiuron

AUTOR: EDIVALDO WILSON DE LIMA

ORIENTADOR: PAULO RENATO MATOS LOPES

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

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Paulo R. Lopes".

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

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Leandro Tropaldi".

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

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Matheus M. Roberto".

Prof. Dr. MATHEUS MANTUANELLI ROBERTO (Participação Virtual)
Núcleo de Pesquisa em Ciências Ambientais / Centro Universitario da Fundação Herminio Ometto - FHO

Ilha Solteira, 17 de dezembro de 2020

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, por sua proteção e iluminação em cada momento de minha vida. Pela saúde minha e de minha família. E poder caminhar sempre sob sua proteção.

Também agradeço, pelo apoio de minha família, pela força, confiança e fé e ajuda ao longo de todo o período do mestrado. Sem o apoio da minha família, a minha mãe Maria José pela vida, pelo carinho e incentivo, meu pai Nivaldo que onde estiver olha por mim, minha querida irmã Elisângela, as minhas sobrinhas Eloise e Eloá, meu cunhado Maichi, minha sogra Lourdes e meu sogro Irineu pelo carinho e apoio gigante, minha madrinha Iraides pelo amor e orações. Agradeço a todos pelas preces e orações sem as quais eu não teria conseguido chegar a concretizar a primeira parte desta longa jornada. Muito obrigado a todos pelo incentivo.

Agradeço aos meus pais por nunca terem deixado de acreditar em mim, por nunca me deixarem desistir e por tudo terem feito para me apoiar no decorrer do meu percurso acadêmico. Não há palavras que descrevam tamanha minha gratidão a todos vocês.

A minha doce esposa Nayara que é meu apoio, meu norte, sempre ao meu lado, minha filha Giovana que é o presente de Deus em nossas vidas, a sua existência é a minha maior motivação para persistir sempre.

As minhas grandes amigas Débora e Vanessa que sempre caminharam comigo em pensamentos, lembranças, exemplos de persistência, determinação e incentivo incondicional em cada fase de nossas histórias.

A Dona Cleuza, exemplo de mãe, mulher, ser humano inspirador, presente nessa trajetória de muitos anos, nos momentos mais difíceis foi apoio, para o meu caminhar e de muitos outros amigos que assim o fizeram. Sou eternamente grato por me sentir parte desta família linda.

As pessoas valorosas que conheci em Dracena e em Ilha Solteira, em especial a todos os alunos da pós, aos amigos do GAIA, em especial, Bruno Brunaldi, Laura, Munick, Thalia e meus amigos parceiros de caminhada Yanca minha hermanita, Bruninho parceiro das idas e vindas de Ilha Solteira, na realização das disciplinas e do grande apoio.

Ao Bruno Pinheiro Brunaldi, companheiro de GAIA e de pesquisa, que colaborou imensamente com os dados de bioprospecção e de forma ativa em minha pesquisa.

Ao Bruninho, pequeno na estatura, mas gigante no conhecimento. Pela ajuda na estatística e orientação na modelagem matemática.

Aos amigos da pós graduação que contribuíram ao me auxiliarem na condução de meu experimento em especial ao Bruninho, Tati, Chagas, Matheus Maceió, meu muito obrigado.

Agradeço imensamente ao meu orientador Paulo Lopes. Tive o grande prazer e honra de ser seu orientando. Professor Paulo, em suas orientações e direcionamentos, sempre com paciência e compreensão pude aprender um pouco do seu vasto conhecimento. Com o coração repleto de muita gratidão, devo esta conquista, em grande parte ao seu apoio incondicional. De coração, muitíssimo obrigado.

Ao professor Reges Heinrichs, por ter permitido a utilização dos equipamentos e do laboratório para condução do experimento.

Aos técnicos Heloisa, Mirian, Andreia, Ariane, Lucas, Edison e demais técnicos por ter auxiliado durante a preparação e condução do experimento.

Ao professor Ronaldo Cintra, pela ajuda com os dados meteorológicos.

Ao professor Evandro pelo apoio em minha pesquisa.

À professora Carol Bonini e seu esposo professor Alfredo pelo incentivo e apoio em buscar a conquista de um sonho antes inatingível.

Aos professores Matheus Mantuanelli Roberto e Ronaldo Viana, pela imensa contribuição com seus conhecimentos na minha qualificação. Todas as informações foram de grande relevância para o resultado final dessa dissertação.

Aos professores Matheus Mantuanelli Roberto e Leandro Tropaldi, por terem aceitado esse convite em participar da minha banca de defesa de mestrado, e contribuir grandemente com essa pesquisa. Desde já, meu muito obrigado.

Por fim, agradeço a Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas da Unesp, campus Dracena por ter sido o local que permitiu a excelente execução do meu experimento e todos os professores, funcionários e colegas que de alguma maneira contribuíram com essa pesquisa. Muito obrigado.

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

“A nossa maior glória não reside no fato de nunca cairmos, mas sim em levantarmo-nos sempre depois de cada queda.” Oliver Goldsmith.

RESUMO

A cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.), devido a sua produção em larga escala, necessita da aplicação de produtos químicos para o controle de plantas daninhas. Assim, é comum o uso de herbicidas principalmente pela sua eficiência e baixo custo. Neste sentido, o tebuthiuron é um dos herbicidas mais usados no cultivo da cana-de-açúcar no país. Embora os pesticidas possam ter um efeito benéfico sobre a produtividade agrícola, deve-se considerar o risco potencial desses compostos químicos no ambiente, o que tem despertado o interesse científico para sua degradação e seu comportamento ambiental junto aos compostos relacionados. Em vista dos efeitos adversos da sua utilização, como toxicidade para espécies não-alvo e produção de compostos intermediários no ambiente, ele tem chamado a atenção para melhor compreensão da persistência no ambiente e no desenvolvimento de métodos eficientes de descontaminação. Logo, o presente trabalho propôs compreender a ação de isolados microbianos de dois sistemas de cultivos na biodegradação do herbicida tebuthiuron. Primeiramente, foram isoladas linhagens potencialmente biodegradadoras de tebuthiuron a partir de amostras de solo em área cultivada com cana-de-açúcar em sistema convencional (ICV) e de cultivo mínimo (ICM). Assim, ensaios respirométricos foram conduzidos com solo associado a três doses do herbicida (ausência, 0,5T e 1,0T) e a quatro inóculos microbianos (ausência, ICM, ICV e ICM-ICV). O experimento foi conduzido por 91 dias, sendo os resultados analisados estatisticamente e elaborados modelos matemáticos da cinética do metabolismo microbiano. Os resultados revelaram que as linhagens bioprospectadas foram capazes de degradar a molécula de tebuthiuron no solo. Na presença da maior concentração do herbicida, houve uma maior atividade microbiana na produção de CO₂. Os tratamentos que utilizaram os inóculos consorciados (ICV-ICM) apresentaram uma maior taxa respiratória quando presente a dose do herbicida recomendada no produto comercial. Além disso, o estudo cinético evidenciou o maior potencial de metabolismo do tebuthiuron pelos inóculos bioprospectados em solo de sistema convencional de cultivo de cana-de-açúcar com histórico de aplicação de tebuthiuron. Vale ressaltar que as curvas de respiração microbiana ao longo do tempo ajustaram-se ao modelo de Gompertz que estimou a cinética de biodegradação do tebuthiuron sob ação dos diferentes inóculos microbianos. Neste sentido, o estudo destaca-se como o pioneiro na demonstração de modelos matemáticos adaptados à cinética de degradação microbiana do tebuthiuron.

Palavras chave: Respirometria. Biodegradação. Bioprospecção. Herbicida. Modelagem matemática.

ABSTRACT

Sugarcane (*Saccharum* spp.) large-scale production requires the application of chemicals to control weeds. Thus, it is common to use herbicides mainly for their efficiency and low cost. Tebuthiuron is one of the most widely used herbicides in sugarcane crops in Brazil. Although pesticides can have a beneficial effect on agricultural productivity, the potential risk of chemical components in the environment must be considered, which has aroused scientific interest for their degradation and environmental behavior with related compounds. About these adverse effects such as toxicity to non-target species and intermediate compounds generation, it has drawn attention to a better understanding of persistence in environment and the development of efficient decontamination methods. Therefore, the present research proposed comprises microbial action from two cultivation systems in the biodegradation of tebuthiuron. Firstly, potentially biodegradable tebuthiuron strains were isolated from soil samples in an area cultivated with sugarcane in conventional (ICV) and no-tillage (ICM) systems. Thus, respirometric tests were conducted with soil associated with three herbicide doses (zero, 0.5T and 1.0T) and four microbial inocula (absent, ICM, ICV and ICM-ICV). Experiment was performed for 91 days and results were analyzed statistically and also used in a mathematical modelling. Results revealed that bioprospected strains were able to degrade the tebuthiuron molecule in soil. In the presence of the highest herbicide concentration, there was a greater microbial activity in CO₂ production. Treatments that used the intercropped inoculants (ICV-ICM) presented a higher respiratory rate when present the recommended dose of the herbicide. Moreover, the kinetic study showed the greatest potential for metabolism of tebuthiuron by the bioprospecting inoculum in soil of sugarcane cultivation in conventional system with a history tebuthiuron application (ICV). Furthermore, microbial respiration curves over time adjusted to the Gompertz model that estimated the tebuthiuron biodegradation kinetics under the action of different microbial inoculums. Therefore, this study stands out as the pioneer in demonstrating mathematical models adapted to the tebuthiuron microbial degradation kinetics.

Keywords: Respirometry. Biodegradation. Bioprospecting. Herbicide. Mathematical Modeling.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura molecular do herbicida tebuthiuron.....	19
Figura 2 - Variáveis climáticas do ano de 2019 na região de Dracena-SP.....	22
Figura 3 - Constatação do crescimento microbiano em meio CN-T. Direita: meio estéril. Esquerda: com inoculação da amostra após 9 dias e com mais três dias de incubação.....	30
Figura 4 - Placas de Petri com crescimento de linhagens microbianas após o cultivo de bioprospecção. Sistema de cultivo mínimo (a, b, c) e Sistema convencional (d, e, f)	31
Figura 5 - Produção diária de CO ₂ durante 91 dias de biodegradação.....	32
Figura 6 - Produção média diária de CO ₂ após 91 dias de biodegradação.....	33
Figura 7 - Produção acumulada de CO ₂ durante 91 dias de biodegradação.....	35
Figura 8 - Modelo de Gompertz na produção de CO ₂ a partir do metabolismo microbiano...39	
Figura 9 - Traçado 2D de contorno difuso para a variabilidade espacial da produção de CO ₂ a partir do metabolismo microbiano do tebuthiuron.....	42
Figura 10 - Diagramas de Pareto em relação à produção de CO ₂ quanto à origem dos inóculos microbianos: ICM–cultivo mínimo e ICV–cultivo convencional.....	43

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Propriedades físicas e químicas do solo para os ensaios respirométricos.....25
- Tabela 2** - Composição dos ensaios respirométricos de monitoramento da biodegradação microbiana do tebuthiuron com os isolados microbianos.....27
- Tabela 3** - Constatação do crescimento microbiano em meio CN-T. Direita: meio estéril. Esquerda: com inoculação da amostra após 9 dias e com mais três dias de incubação.....37
- Tabela 4** - Parâmetros e adequação do modelo Gompertz para a produção de CO₂ a partir do metabolismo microbiano do tebuthiuron.....40

LISTA DE ABREVIATURAS

α	Assíntota superior ou máximo de geração de CO ₂
AIC	Critério de Informação de Akaike
β	Ponto de inflexão da curva de Gompertz
BIC	Critério de Informação Bayesian
CM	Sistema de cultivo mínimo
CV	Sistema de cultivo convencional
ICM	Inóculo isolado em sistema de cultivo mínimo
ICV	Inóculo isolado em sistema convencional
GCO _{2max} t	Tempo de pico da geração de CO ₂
κ	Taxa específica de geração de CO ₂
T	Tebuthiuron
T1	Controle (Ausência total de inóculos e doses de tebuthiuron)
R _{adj} ²	Coefficiente de determinação ajustado
UFC	unidade formadora de colônia
0,5T	Meia dose (12,5 mg L ⁻¹) do produto comercial Combine [®] 500 SC
1,0T	Uma dose (25 mg L ⁻¹) do produto comercial Combine [®] 500 SC

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1	Cana-de-Açúcar	16
2.2	Impacto Ambiental de Herbicidas	16
2.3	Tebuthiuron	17
2.4	Biorremediação.....	18
3	OBJETIVOS	19
3.1	Geral	19
3.2	Específicos.....	19
4	MATERIAL E MÉTODOS	20
4.1	Coleta do Solo de Cultivo de Cana-de-açúcar.....	20
4.2	Herbicida Tebuthiuron.....	21
4.3	Meios de Cultura	21
4.3.1	Caldo nutriente e ágar nutriente	21
4.3.2	Meio mineral mínimo.....	22
4.4	Isolamento de Potenciais Cepas Biodegradadoras	22
4.4.1	Verificação do crescimento microbiano na bioprospecção.....	22
4.5	Coleta de Solo para os Ensaio Respirométricos	23
4.6	Ensaio Respirométricos	24
4.6.1	Análise quantitativa da respirometria.....	25
4.7	Análise Estatística e Modelagem Matemática.....	26
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5.1	Isolamento de Potenciais Cepas Biodegradadoras	28
5.2	Monitoramento da Atividade Microbiana - Biodegradação	29
5.2.1	Produção diária de CO ₂	29
5.2.2	Produção média diária de CO ₂	32
5.2.3	Produção acumulada de CO ₂	33
5.3	Análise Estatística e Modelagem Matemática.....	37
5.3.1	Modelo cinético de Gompertz.....	37

5.3.2 Variabilidade espacial na cinética de produção de CO ₂	40
6 CONCLUSÕES.....	44
REFERÊNCIAS.....	45

1 INTRODUÇÃO

A produção de cana-de-açúcar possui grande importância nacional devido à sua alta produtividade, com destaque nos setores energético e econômico. Nesta cultura, as plantas invasoras representam o maior fator biótico com capacidade de interferir negativamente na produtividade, pois competem pelos recursos disponíveis e elevam os custos de produção pelos tratos culturais (MACIEL *et al.*, 2008; BERGMANN, 2019).

Assim, visando uma alta produtividade em cultivos agrícolas o método químico é o mais empregado para o controle de plantas daninhas. Neste sentido, o Brasil é o líder do ranking da utilização de pesticidas, ressaltando sua utilização ao longo de todo ano para inúmeras culturas (NASCIMENTO, 2016).

O aumento na demanda global por alimentos intensificou o uso de herbicidas nas lavouras, o que promoveu o lançamento intensificado desses compostos no ambiente, cujo potencial de deslocamento no solo ocasiona impactos ambientais maiores. A contaminação das águas superficiais e subterrâneas pelos processos de lixiviação e percolação em áreas agrícolas maximiza o impacto ao meio ambiente e à saúde humana (MACIEL *et al.*, 2008).

Somado a isso, diversas transformações podem ocorrer quando pesticidas são lançados no meio ambiente. Esta série de reações pode modificar ou degradar partes da sua molécula e, desta forma, alterar sua estrutura química, e gerar outros compostos intermediários (AZANIA *et al.*, 2005). No processo de degradação, o resultado ideal seria originar compostos com menor efeito tóxico que a molécula original, mas em muitos casos os compostos gerados podem ter efeito ainda mais nocivo ao meio ambiente (VILLAVERDE *et al.*, 2017).

Dentre os herbicidas empregados na produção de cana-de-açúcar, destacam-se o tebuthiuron, a hexazinona, o diuron e a ametrina (BRASIL, 2020).

O tebuthiuron possui ação pré-emergente, que atua na fotossíntese ao interromper o transporte de elétrons no fotossistema II nas plantas. Assim, o modo de ação é pela inibição da fotossíntese, se ligando ao sítio de ligação da plastoquinona QB, e proteína D1 do fotossistema II. Há ainda nesse processo um bloqueio de transporte de elétrons, que resulta na paralisação da fixação de CO₂ e produção de ATP e NADHP₂, elementos fundamentais para a sobrevivência da planta. Desta forma, é induzida a morte da planta invasora (BRASIL, 2020; WANG *et al.*, 2019; OLIVEIRA JR. *et al.*, 2011). Sua molécula (N-t5-(1,1-dimetil)etil)-1,3,4-tiadazol-2-il-N, N-dimetilureia) pertence ao grupo das ureias substituídas, sendo seletivo e de ação sistêmica (MORTON; HOFFMAN, 1976; BRASIL, 2020). Possui alta solubilidade em água e, portanto, torna-se altamente persistente no solo e em águas superficiais e subterrâneas o que ocasiona uma elevada toxicidade ambiental. Esta molécula está registrada sob registro

nº 00718701, sendo classificada como classe II (BRASIL, 2020). Desta forma, pelas suas características químicas, meia vida alta e ser largamente utilizado, o tebuthiuron representa um dos principais contaminantes em áreas agrícolas. Sua meia vida é de 15 meses (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011), em outros estudos pode-se encontrar resíduos após 24 meses ou mais, posterior a sua aplicação (HUSSAIN *et al.*, 2015; PRETE *et al.*, 2017; IBAMA, 2019).

Logo, a biorremediação apresenta-se como estratégia ecologicamente viável no tratamento de áreas impactadas com resíduos orgânicos, como os aplicados na lavoura de cana-de-açúcar. Seu principal fundamento baseia-se na aceleração dos processos biológicos de degradação, estimulando a ação de microrganismos sobre compostos orgânicos a fim de metabolizá-los em moléculas menos tóxicas (VILLAVERDE *et al.*, 2017; FRANCISCO; QUEIROZ, 2018).

Vários estudos já relataram o impacto do tebuthiuron residual em diferentes ecossistemas aquáticos e no entorno da área plantada com cana-de-açúcar (MICKELSON *et al.*, 2001; DONALD *et al.*, 2004; SIBER *et al.*, 2009; LEWIS *et al.*, 2012; FLORES *et al.*, 2013), assim como a sua bioacumulação nos organismos, impactando negativamente na biodiversidade de espécies vegetais e animais em diferentes ecossistemas (DAM *et al.*, 2004; SIBER *et al.*, 2009; WAN *et al.*, 2014; QIAO *et al.*, 2014). Assim, há prejuízo à saúde humana devido a ingestão de alimentos contaminados ou através do contato com contaminante (BOUWMAN *et al.*, 2012).

Diante do exposto, surge como alternativa a utilização de cepas de microrganismos bioprospectados com o intuito de diminuir os efeitos tóxicos deste herbicida. A microbiota natural do solo possui um alto potencial para degradar e transformar pesticidas em moléculas orgânicas menos tóxicas e/ou inertes (VILLAVERDE *et al.*, 2017). O modelo de remediação utilizando a própria capacidade do ambiente denomina-se atenuação natural. Logo, sua eficiência pode ser melhorada por técnicas que minimizam os efeitos negativos de moléculas poluentes (CARDOSO, 2016; MORILLO; VILLAVERDE, 2017).

Diferentes fatores podem interferir na taxa de metabolização de moléculas de interesse, como o substrato; a atividade de hidrólise enzimática dos microrganismos biodegradadores, os parâmetros físicos e químicos do solo; temperatura; entre outros (MARCATO; YABUKI; FONTANETTI, 2014). Na literatura científica, não há estudos específicos de microrganismos que possam degradar o tebuthiuron relacionados à cinética de mineralização do herbicida no solo *in situ* ou em laboratório.

Desta forma, relatar a produção de CO₂ a partir do metabolismo do tebuthiuron por isolados microbianos de solo com cultivo de cana-de-açúcar se faz importante para suprir essa lacuna de conhecimento. Assim, nesse estudo são fornecidos parâmetros e modelos matemáticos até então inexistentes para este herbicida, a fim de nortear futuramente investigações de bioprocessos.

6 CONCLUSÕES

A metodologia de bioprospecção microbiana utilizada permitiu o isolamento de linhagens altamente viáveis como potencial ferramenta na remediação de solo com elevada concentração do herbicida tebuthiuron.

Assim, a presença de tebuthiuron em maiores concentrações elevou a atividade microbiana de isolados de sistemas de cultivo mínimo e convencional, o que confirmou a seletividade desses inóculos na degradação desta molécula quando utilizados isoladamente. Contudo, a produção acumulada de CO₂ do inóculo consorciado não se alterou de acordo com a dose de tebuthiuron, mas foi menor na ausência do herbicida.

Os modelos matemáticos propostos e o estudo cinético da atividade microbiana foram capazes de propor parâmetros confiáveis para orientar a otimização de processos de biodegradação, tais como: a taxa de crescimento específico, o máximo de geração de CO₂ e tempo final de metabolismo microbiano.

O modelo matemático de Gompertz e o diagrama de Pareto evidenciaram o maior potencial de metabolismo do tebuthiuron pelos inóculo bioprospectados em solo de sistema convencional de cultivo de cana-de-açúcar com histórico de aplicação de tebuthiuron.

Por fim, este estudo relatou como inovação a cinética da biodegradação microbiana do tebuthiuron através da modelagem matemática.

REFERÊNCIAS

- ADAMI, M.; RUDORFF, B. F. T.; FREITAS, R. M.; AGUIAR, D. A.; SUGAWARA, L. M.; MELLO, M. P. Remote sensing time series to evaluate direct land use change of recent expanded sugarcane crop in Brazil. **Sustainability**, New Rochelle, v. 4, n. 4, 574-585, 2012.
- ALVAREZ, R.; DÍAZ, R. A.; BARBERO, N.; SANTANATOGLIA, O. J.; BLOTTA, L. Soil organic carbon, microbial biomass and CO₂-C production from three tillage systems. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v. 33, n. 1, p. 17-28, 1995.
- ASSAD, L. Aproveitamento de resíduos do setor sucroalcooleiro desafia empresas e pesquisadores. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 69, n. 4, p.13-16, out. 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21800/2317-66602017000400005>. Acesso em: 22 de ago. 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 14283**: Resíduos em solos - Determinação da biodegradação pelo método respirométrico. Rio de Janeiro, p.8, 1999.
- ANDRIGHETTI, M. S., NACHTIGALL, G. R., QUEIROZ, S. C. N. D., FERRACINI, V. L., & AYUB, M. A. Z. Biodegradação de glifosato pela microbiota de solos cultivados com macieira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 38, n. 5, p. 1643-1653, 2014.
- AZANIA, C. A. M.; ROLIM, J. C.; CASAGRANDE, A. A.; LAVORENTI, N. A.; AZANIA, A. A. P. M. Seletividade de herbicidas: I-Utilização do método de testemunhas pareadas em experimento com cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 23, n. 4, p. 661-667, 2005.
- BALBA, M. T.; AL-AWADHI, N.; AL-DAHER, R. Biorremediação de solos contaminados por petróleo: métodos microbiológicos para avaliação de viabilidade e avaliação de campo. **Journal of Microbiological Methods**, Amsterdam, v. 32, p. 155-164, 1998.
- BARTHA, R. E; PRAMER, D. Características de um frasco e método para medir a persistência e os efeitos biológicos dos pesticidas no solo. **Soil Science**, Philadelphia, v. 100, p. 68-70, 1965.
- BERGMANN, G. E. Impacts of pesticide pollution on soil microbial communities, ecosystem function and human health. **Reference Module In Earth Systems and Environmental Sciences**, p.1-12, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-409548-9.11269-2>. Acesso em: 22 de ago. 2020.
- BETANCOURT-PORTELA, J. M.; BAUTISTA-DUARTE, P. A.; NARVÁEZ-FLÓREZ, S.,; PARRA-LOZANO, J. P. Biodegradation of Chlorothalonil Fungicide in Coastal Areas of the Colombian Caribbean Suitable for Banana Crops. **Tecciencia**, [s. l.], v. 13, n. 25, p. 19-28, 2018.
- BOUWMAN, H.; KYLIN, H.; SEREDA, B.; BORNMAN, R. Níveis elevados de DDT no leite materno: Ingestão, risco, duração da lactação e envolvimento do gênero. **Poluição ambiental**, [s. l.], v. 170, p. 63-70, 2012.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **AGROFIT**: Sistema de Agrotóxico Fitosanitário. 2020. Disponível em:

http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 22 de ago. 2020.

BOZDONGAN, H. Model selection and Akaike's Information Criterion (AIC): The general theory and its analytical extensions. **Psychometrika**. New York, v. 52, n. 3, p. 345-370, set. 1987.

CALDARELLI, C. E.; PERDIGÃO, C. A agroindústria canavieira e seus impactos socioeconômicos na Região Centro-sul do Brasil. **Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos**, Curitiba, v. 12, n. 1, p. 35-50, 2018.

CETESB- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Solos: determinação da biodegradação de resíduos: método respirométrico de Bartha. **Norma Técnica L6.350**. São Paulo: CETESB, 1990. p.15.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F. Resistência das plantas daninhas a herbicidas: definições, bases e situação no Brasil e no mundo. **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**, [s. l.], v. 3, p. 9-34, 2008.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar. **Safra 2019/20**, v. 4, n. 3, Brasília, DF, p. 1-77, 2017. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 22 de ago. 2020.

CARDOSO, R. S.; NOVAES, C. P. Variáveis limnológicas e macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores de qualidade da água. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, [s. l.], v. 1, n. 5, 2013.

CORIOLOANO, A. C. F.; MORAIS FILHO, M. C. Biorremediação, uma alternativa na utilização em áreas degradadas pela indústria petrolífera. **Holos**, Natal, v. 7, p.133-133, 12 nov. 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.15628/holos.2016.4278>. Acesso em: 22 de ago. 2020.

COSGROVE, L.; MCGEECHAN, P. L.; HANDLEY, P. S.; ROBSON, G. D. Effect of biostimulation and bioaugmentation on degradation of polyurethane buried in soil. **Applied and environmental microbiology**, Washington, v. 76, n. 3, p. 810-819, 2010

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.

DUAH-YENTUMY, S.; KUWATSUKA, S. Microbial degradation of benthiocard, MCPA and 2,4-D herbicides in perfused soils amended with organic matter and chemical fertilizer. **Soil Science Plant Nutrition**, Tokyo, v. 28, p. 19-26, 1982.

DONALD, W. W.; ARCHER, D.; JOHNSON, W. G.; NELSON, K. Zone herbicide application controla as ervas daninhas anuais e reduz o uso residual de herbicida no milho. **Ciência das ervas daninhas**, Viçosa, MG, v. 52, p. 821-833, 2004.

FARIA, A. T.; SARAIVA, D. T.; PEREIRA, A. M.; ROCHA, P. R. R.; DA SILVA, A. A.; SILVA, D. V.; DA SILVA, G. S. Efeitos de herbicidas na atividade da microbiota rizosférica e no crescimento da cana-de-açúcar. **Bioscience Journal**, Darmstadt, v. 30, n. 4, p. 1024-1032, 2014.

FARIA, A. U.; MARIN-MORALES, E.; ANGELIS, D. F. **Manual de protocolos de laboratório**. Rio Claro: Departamento de Bioquímica e Microbiologia - UNESP - IB, 2013.

FARIA, A. T.; GONÇALVES, B. F. D. S.; SARAIVA, D. T.; SOUZA, M. D. F.; SILVA, A. A. D.; SILVA, D. V. Atividade de microorganismos do solo da rizosfera de cultivares de cana-de-açúcar após a pulverização de herbicidas: diurônio, tebutiurão, ametrião e diurônio + hexazinona. **Revista Caatinga**, Mossoro, v. 31, p. 593-601, 2018.

FARIA, M. A.; LOPES, P. R. M.; BIDOIA, E. D.; FERREIRA, L. C.; MONTAGNOLLI, R. N.; PRADO, E. P.; FERRARI, S. Influence of tebutiuron and vinasse under soil microbiota activity in sugarcane crop. **International Journal of Development Research**, Ikot Ekpene, v. 9, n. 7, p. 28861-2886, 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, v. 1, p. 197-210, 2016

FERREIRA, L. C. **Fitorremediação de solo com aplicação de tebutiuron e vinhaça por espécies de interesse agrônomo**. 2019. 68 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira, 2019.

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

FIÚZA, A. M. A.; VILA, M. C. C. Uma visão da biorremediação do solo através da respirometria. **Environment International**, Oxford, v. 31, p. 179-183, 2005.

FOLLET, R. F.; SCHIMEL, D. S. Effect of tillage practices on microbial biomass dynamics. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 53, n. 4, p. 1091-1096, 1989.

FLORES, F.; COLLIER, C. J.; MERCURIO, P.; NEGRI, A. P. Phytotoxicity of four photosystem II herbicides to tropical seagrasses. **PLoS One**, San Francisco, v. 8, 2013.

GARCÍA-DELGADO, C.; BARBA-VICENTE, V.; MARÍN-BENITO, J. M.; IGUAL, J. M.; SÁNCHEZ-MARTÍN, M. J.; RODRÍGUEZ-CRUZ, M. S. Influence of different agricultural management practices on soil microbial community over dissipation time of two herbicides. **Science of The Total Environment**, Amsterdam, n. 646, p. 1478-1488, 2019.

GAW, S. K.; PALMER, G.; KIM, N. D.; WILKINS, A. L. Provas preliminares de que o cobre inibe a degradação do DDT para o DDE em solos de tubulações e de pomares de pedreiras na região de Auckland, Nova Zelândia. **Poluição ambiental**, [s. l.], v. 122, p. 1-5, 2003.

GOLDEMBERG, J.; COELHO, S.; GUARDABASSI, P. The sustainability of ethanol production from sugarcane. **Energy Policy**, London, v. 36, p. 2086-2097, 2008.

GRAVES, D. A.; LANG, C. A.; LEAVITT, M. E. Respirometric analysis of the biodegradation of organic contaminants in soil and water. **Applied biochemistry and biotechnology**, Heidelberg, v. 28, n. 1, p. 813-826, 1991.

- HENDRIX, P. F.; HAN, C. R.; GROFFMAN, P. M. Soil respiration in conventional and no-tillage agroecosystems under different winter cover crop rotations. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v. 12, n. 2, p. 135-148, 1988.
- HUSSAIN, S.; ARSHAD, M.; SPRINGAEL, D.; SØRENSEN, S.R.; BENDING, G. D.; DEVERS-LAMRANI, M.; MAQBOOL, Z.; LAURENT, M. F. Abiotic and biotic processes governing the fate of phenylurea herbicides in soils: a review. **Critical reviews in environmental science and technology**, New York, v. 45, n. 18, p. 1947-1998, 2015.
- IBAMA - Instituto brasileiro do meio ambiente e dos recursos naturais renováveis. **Manual para requerimento de avaliação ambiental: agrotóxicos e afins**. Brasília: IBAMA, p. 180, 2009.
- ISLAM, F.; WANG, J.; FAROOQ, M.A.; KHAN, M.S.S.; XU, L.; ZHU, J.; ZHOU, W. Potential impact of the herbicide 2,4-dichlorophenoxyacetic acid on humans and ecosystems. **Environment International**, Oxford, v. 111, p. 332-351, 2018.
- JIAN, X.; OLEA, R. A.; YU, Y. S. Semivariogram Modeling by Weighted Least Squares: **Computers & Geosciences**, Oxford, v. 22, p. 387-397, 1996.
- KANISSERY, R. G.; SIMS, G. K. Biostimulation for the greatest degradation of herbicides in the soil. **Applied and Environmental Soil Science**, London, v. 2011, n. e843450, 2011.
- KAPUSTA, P.; SZAREK-LUKASZEWSKA, G.; STEFANOWICZ, A. M. Direct and indirect effects of metal contamination on soil biota in a post-mine and Zn-Pb foundry area (S Poland). **Environmental pollution**, Oxford, v. 159, p. 1516-1522, 2011.
- KHANDARE, S. T.; THAKUR, N. V. Multi-level thresholding and quantization for segmentation of color images. *In*: ZHANG, Y. D.; MANDAL, J. K.; SO-IN, C.; THAKUR, N.V. (ed.) **Smart trends in computing and communications - smart innovation, systems and technologies** Singapore: Springer, 2020. p. 487-496
- KÖPPEN, W. **Climatologia: conunestudio de los climas de latierra**. México: Fondo de Cultura Econômica, 1948. 479 p.
- LEE, S. E. Purification and characterization of a carboxylesterase from a chlorine resistant *Oryzaephilus surinamensis* strain (Coleoptera: Silvanidae). **Australian Journal of Entomology**, Richmond, v. 50, p. 187-19, 2011.
- LEWIS, S. E.; SCHAFFELKE, B.; SHAW, M.; BAINBRIDGE, Z. T.; ROHDE, K. W.; KENNEDY, K. Avaliando os riscos aditivos da exposição a herbicidas PSII à Grande Barreira de Corais. **Boletim 65 de Poluição Marinha**, [s. l.], p. 280-291, 2012.
- LITTELL, R. C.; MILLIKEN, G. A.; STROUP, W. W.; WOLFINGER, R. D. **SAS System for Mixed Models**. Cary: Statistical Analysis System Institute, 2002. 633 p.
- MCELREATH, R. Rethinking: Statistical Rethinking book package. **R package version**, [s. l.], v. 1, 2016.
- MACIEL, C. D. G.; POLETINE, J. P.; VELINI, E. D.; AMARAL, J. G. C.; ZANI, L. P.; SANTOS, R. F.; RODRIGUES, M.; RAIMONDI, M. A.; RIBEIRO, R. B. Possibilidade de

aplicação de misturas de herbicidas de ação total com jato dirigido em mamoneira de porte anão. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 26, n. 2, p. 457-464, 2008.

MARCATO, A. C. C.; YABUKI, A. T.; FONTANETTI, C. S. Nickel exposure promotes osmoregulatory disturbances in *Oreochromis niloticus* gills: histopathological and energy dispersive spectrometry analysis. **Environmental Science and Pollution Research**, Heidelberg, v. 21, n. 22, p. 13095-13102, 2014.

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

MICKELSON, S. K.; BOYD, P.; BAKER, J. L.; AHMED, S. I. Tillage and herbicide incorporation effects on residue cover, runoff, erosion, and herbicide loss. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 60, p. 55-66, 2001.

MORILLO, E.; VILLAVERDE, J. Advanced technologies for the remediation of pesticide-contaminated soils. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 586, p. 576-597, 2017.

MORTON, D. M.; HOFFMAN, D. G. Metabolism of a new herbicide, tebuthiuron {1-[5-(1, 1-dimethylethyl)-1, 3, 4-thiadiazol-2-yl]-1, 3-dimethylurea}, in mouse, rat, rabbit, dog, duck, and fish. **Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A Current Issues**, New York, v. 1, n. 5, p. 757-768, 1976.

NASCIMENTO, A. **Eficácia de herbicidas aplicados em pré-plantio incorporado na cultura da cana-de-açúcar**. 2016. 37 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, UNESP, Ilha Solteira, 2016.

NATIONAL CENTER FOR BIOTECHNOLOGY INFORMATION. **PubChem Substance Record for SID 376227982, TEBUTHIURON, Source: Gulick Lab, Department of Structural Biology, University at Buffalo**. Disponível em: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/substance/376227982>. Acesso em: 22 de ago. 2020.

NETO, M. D. de C.; SOUZA, M. de F.; SILVA, D. V.; FARIA, A. T.; SILVA, A. A. da, PEREIRA, G. A. M.; FREITAS, M. A. M. Lixiviação de imidazolinonas em solos sob um sistema de campo livre. **Arquivos de Agronomia e Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 63, p. 897-906, 2017.

NEVES, A. B. R. **Influência da associação de vinhaça e tebuthiuron na microbiologia e ecotoxicidade de solo cultivado com cana-de-açúcar em manejo orgânico**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônoma) Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Dracena, 2017.

OLIVEIRA, M. F.; BRIGHENTI, A. M. Comportamento dos herbicidas no ambiente. *In*: OLIVEIRA J. R. R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Ominipax, 2011. v. 20, cap. 11.

PELEA, L. P.; FERNÁNDEZ, E. B.; HERRERO, J. V. I.; PALENZUELA, B. V.; HERNÁNDEZ, M. T. C. Predicción de valores genéticos aditivos en genotipos de guayabo (*Psidium guajava*) (Myrtaceae). **Revista del Jardín Botánico Nacional**, [s. l.], v. 40, p. 23-32, 2019.

- PIRES, F. R.; SOUZA, C. M. D.; CECON, P. R.; SANTOS, J. B. D.; TÓTOLA, M. R.; PROCÓPIO, S. D. O.; 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.
- POSE-JUAN, E.; SÁNCHEZ-MARTÍN, M. J.; HERRERO-HERNÁNDEZ, E.; RODRÍGUEZ-CRUZ, M. S. Application of mesotrione at different doses in an amended soil: dissipation and effect on the soil microbial biomass and activity. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, n. 536, p. 31-38, 2015.
- PRETE, M. C.; DE OLIVEIRA, F. M.; TARLEY, C. R. T. Assessment on the performance of nano-carbon black as an alternative material for extraction of carbendazim, tebuthiuron, hexazinone, diuron and ametryn. **Journal of environmental chemical engineering**, Amsterdam, v. 5, n. 1, p. 93-102, 2017.
- R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, 2016.
- RANI, M. S.; LAKSHMI, K. V.; DEVI, P. S.; MADHURI, R. J.; ARUNA, S.; JYOTHI, K.; NARASIMHA, G.; VENKATESWARLU, K. Isolation and characterization of a chlorpyrifos degrading bacterium from agricultural soil and its growth response. **African Journal of Microbiology Research**, Sapele, v. 2, p. 26-31, 2008.
- ROCHA, R. S.; BEATI, A. 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/evaluation of degradation by-products of herbicide ametrin obtained by advanced oxidative processes. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, Tupã, v. 12, n. 1, p. 52-67, 2018.
- RODRIGUES, M. N.; ALMEIDA, F. S. Tebuthiuron e Hexazinona. *In*: GUIA de herbicidas. Londrina: IAPAR. p. 102-697, 2011
- SIBER, R.; STAMM, C.; REICHERT, P. Modeling potential herbicide loss to surface waters on the Swiss plateau. **Journal of Environmental Management**, Amsterdam, v. 91, n. 1, p. 290-302, 2009.
- SOUTO, K. M.; JACQUES, R. J. S.; AVILA, L. A. D.; MACHADO, S. L. D. O.; ZANELLA, R.; REFATTI, J. P. Biodegradação dos herbicidas imazetapir e imazapique em solo rizosférico de seis espécies vegetais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 10, p. 1790-1796, 2013.
- SPAROVEK, G.; BARRETTO, A.; BERNDDES, G.; MARTINS, S. Environmental, land-use and economic implications of Brazilian sugarcane expansion 1996–2006. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, Dordrecht, v. 14, n. 3, p. 285-298, 20 nov. 2008.
- SZULC, A.; AMBROZEWICZ, D.; SYDOW, M.; LAWNICZAC, L.; PIOTROWSKAOCYPLIK, A.; MARECIK, R.; CHRZANOWSKI, L. The influence of bioaugmentation and biosurfactant addition on bioremediation efficiency of diesel-oil contaminated soil: Feasibility during field studies. **Journal of Environmental Management**, Amsterdam, v. 132, p. 121-128, 2014.

TADDY, M. Stochastic Gradient Descent. **Business Data Science: Combining Machine Learning and Economics to Optimize, Automate, and Accelerate Business Decisions**. New York: McGraw-Hill, 2019. p. 303-307.

TJØRVE, K. M. C.; TJØRVE, E. O uso de modelos Gompertz em análises de crescimento, e nova abordagem de modelos Gompertz: Um acréscimo à família Unified-Richards. **PLoS One**, San Francisco, v. 12, e0178691, 2017.

UNICA - UNIÃO DA AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA DE SÃO PAULO. **Alimento e energia sustentável do brasil para o mundo**. São Paulo, 2019. Disponível em: <https://www.unica.com.br>. Acesso em: 12 ago. 2019.

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

WALTER, A.; DOLZAN, P.; QUILODRÁN, O.; DE OLIVEIRA, J. G.; DA SILVA, C.; PIACENTE, F.; SEGERSTEDT, A. Sustainability assessment of bio-ethanol production in Brazil considering land use change, GHG emissions and socio-economic aspects. **Energy Policy**, London, v. 39, n. 10, p. 5703-5716, out. 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2010.07.043>. Acesso em: 22 de ago. 2020.

WAN, R.; WANG, Z.; XIE, S. Dinâmica das comunidades de bactérias e microorganismos amônia-oxidantes em resposta à atenuação da simazina no solo agrícola. **Ciência do Ambiente Total**, [s. l.], n. 472, p. 502-508, 2014.

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**, Basel, v. 10, n.7, p. 576, 2019.

WOLFINGER, R. D. Covariance estrutura selection in general mixed models. **Communications in Statistics**, [s. l.], v. 22, p. 1079-1106, 1993.

WOLFINGER, R.; CHANG, M. Comparing the SAS GLM and mixed procedures for repeated measures. *In*: ANNUAL SAS USERS GROUP CONFERENCE 20, 1995, Cary. **Proceedings** [...]. Cary: SUG, 1995.

QIAO, J.; ZHANG, C.; LUO, S.; CHEN, W. Bioremediation of highly contaminated oilfield soil: Bioaugmentation for enhancing aromatic compounds removal. **Frontiers of Environmental Science & Engineering**, Beijing, v. 8, n. 2, p. 293-304, 2014.

ZHU, J.; FU, L.; JIN, C.; MENG, Z.; YANG, N. Study on the Isolation of Two Atrazine-Degrading Bacteria and the Development of a Microbial Agent. **Microorganisms**, Basel, v. 7, p. 80, 2019.

ZHU, J.; ZHAO, Y.; RUAN, H.; ZHU, J.; ZHAO, Y.; E RUAN, H. Comparative study on the biodegradation of methyl chlorpyrifos by *Bacillus megaterium* CM-Z19 and *Pseudomonas syringae* CM-Z6. **Proceedings of the Brazilian Academy of Sciences**, Washington, v. 91, p. 3, 2019.