



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CÂMPUS PALMAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

MARCELLA CARVALHO MARIANO

**AVALIAÇÃO DOS EFEITOS ECOTOXICOLÓGICOS DO INSETICIDA
FIPRONIL SOBRE AS ESPÉCIES *SINELLA CURVISETA* E *FOLSOMIA
CANDIDA* (HEXAPODA, COLLEMBOLA) EM SOLO NATURAL DE
ECOSSISTEMA TROPICAL**

Palmas/TO
2022

MARCELLA CARVALHO MARIANO

Avaliação dos efeitos ecotoxicológicos do inseticida fipronil sobre as espécies *Sinella curviseta* e *Folsomia candida* (Hexapoda, Collembola) em solo natural de ecossistema tropical

Monografia foi avaliada e apresentada à UFT – Universidade Federal do Tocantins – Campus Universitário de Palmas, Curso de Engenharia ambiental para obtenção do título de Avaliação dos efeitos ecotoxicológicos do inseticida fipronil sobre as espécies *Sinella curviseta* e *Folsomia candida* (Hexapoda, Collembola) em solo natural de ecossistema tropical e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Orientadora: Prof(a) Dr(a): Vanessa Bezerra Menezes de Oliveira

Palmas/TO
2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

- M333a Mariano, Marcella Carvalho .
Avaliação dos efeitos ecotoxicológicos do inseticida fipronil sobre as espécies *Sinella curviseta* e *Folsomia candida* (Hexapoda, Collembola) em solo natural de ecossistema tropical. / Marcella Carvalho Mariano. – Palmas, TO, 2022.
30 f.
- Monografia Graduação - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Engenharia Ambiental, 2022.
Orientadora : Vanessa Bezerra Menezes de Oliveira
1. Collembola. 2. Agrotóxicos. 3. Latossolo. 4. Fenilpirazóis. I. Título

CDD 628

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

FOLHA DE APROVAÇÃO

Marcella Carvalho Mariano

**Avaliação dos efeitos ecotoxicológicos do inseticida fipronil sobre as espécies de colêmbolo
Sinella curviseta e *Folsomia candida* (Hexapoda, Collembola) em solo natural de
ecossistema tropical**

Monografia foi avaliada e apresentada à UFT – Universidade Federal do Tocantins – Campus Universitário de Palmas, Curso de Engenharia ambiental para obtenção do título de Avaliação dos efeitos ecotoxicológicos do inseticida fipronil sobre as espécies de colêmbolo *Sinella curviseta* e *Folsomia candida* (Hexapoda, Collembola) em solo natural de ecossistema tropical e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Data de aprovação: 06 / 06 / 2022

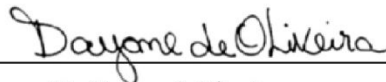
Banca Examinadora

Documento assinado digitalmente
VANESSA BEZERRA DE MENEZES OLIVEIRA
Data: 12/07/2022 09:49:21-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof(a). Dr(a). Vanessa Bezerra de Menezes Oliveira,
UFT.

Documento assinado digitalmente
PAULA BENEVIDES DE MORAIS
Data: 12/07/2022 08:20:34-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof(a). Dr(a). Paula Benevides de Moraes, UFT.



Me. Dayane de Oliveira.

Palmas/TO, 2022

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado tantas oportunidades e por ter me dado forças pra enfrentar todos os obstáculos que surgiram no meu caminho ao longo desses anos, .

Aos meus pais, Joseny e Júnior, por me incentivarem e acreditarem em mim, por serem meu porto seguro, estarem sempre ao meu lado.

Aos meus avós, José e Jurani, pelo com muito carinho e preocupação, sempre me demostrarem tanto amor e felicidade por minhas conquistas.

Aos meus amigos, em especial Sarah e Tamires, por todas as palavras de amor e carinho, sempre me falando que eu posso, consigo e me ajudarem nessa jornada que foi o TCC.

Aos meus colegas de laboratório que me ajudaram nos testes, no que precisei. Em especial Victória, Luana, Luanda, Pedro e Thaynara. E agradeço por último mas não menos importante a minha orientadora por cada lição, aprendizado e por tanta paciência.

RESUMO

Mesmo com o uso restrito na união europeia o ingrediente ativo (i.a) fipronil ainda é bastante utilizado no Brasil, por conta de ser um inseticida com um amplo espectro de ação. É um composto bastante utilizado nas culturas de cana-de-açúcar para combater os danos causados por organismo predadores desses plantios. Porém, pouco se sabe sobre como esse xenobiotico afeta os organismos presentes no solo. Com o objetivo de avaliar o efeito do agrotóxico REGENT® 800 WG (i.a. fipronil) sobre invertebrados do solo, ensaios para a avaliação da reprodução das espécies de colêmbolo *F. candida* e *S. curviseta*, foram realizados em latossolo. As concentrações escolhidas para os testes foram 0,21; 0,31; 0,46; 0,69; 1,04 mg de fipronil. kg⁻¹ de solo para *F. candida* e 0,69; 1,04; 1,56; 2,33; 3,50 mg de fipronil. kg⁻¹ de solo para *S. curviseta*. Sendo 1,04 mg.kg⁻¹ o valor recomendado para combater o besouro *Migdoulos fryanus* em plantios de cana-de-açúcar. Os resultados obtidos demonstraram que *F. candida* obteve efeito significativo a partir da concentração 0,69 mg.kg⁻¹ (metade da dose recomendada) tendo ocorrido uma diminuição de 53% na reprodução e obteve mortalidade 46%. Enquanto a espécie *S. curviseta* não obteve resultado estatístico significativo. Demonstrando que organismos-não-alvo são bastante afetados por compostos utilizados para eliminar organismo predadores de culturas agrárias. Foi analisado que organismos de mesmo grupos podem ter sensibilidades diferentes.

Palavras-chaves: Collembola, agrotóxicos, fenilpirazóis, latossolo, invertebrados terrestres.

ABSTRACT

Even with restricted use in the European Union, the active ingredient (a.i.) fipronil is still widely used in Brazil, because it is an insecticide with a broad spectrum of action. It is a compound widely used in sugarcane crops to combat the damage caused by predatory organisms in these plantations. However, little is known about how it affects soil organisms. In order to observe the effects of the pesticide REGENT 800 WG (i.a. fipronil) on soil invertebrates, tests to evaluate the reproduction of the springtail species *F. candida* and *S. curviseta* were carried out in oxisol. The concentrations chosen for the tests were 0.21; 0.31; 0.46; 0.69; 1.04 mg of fipronil. kg⁻¹ of soil for *F. candida* and 0.69; 1.04; 1.56; 2.33; 3.50 mg of fipronil. kg⁻¹ of soil for *S. curviseta*, which were based on the recommended dose for application in sugarcane crops, in order to eliminate the damage caused to crops by the beetle *Midgdolus fryanus*. The results obtained showed that *F. candida* were significantly affected at the concentration of 0.69 mg fipronil.kg⁻¹ of soil (half the recommended dose), with a 53% decrease in reproduction and 46% mortality. While the species *S. curviseta* did not show negative effects at the concentrations tested. Demonstrating that non-target organisms are greatly affected by compounds used to eliminate predatory organisms from agricultural crops. It was analyzed that organisms from the same groups may have different sensitivities.

Key-words: Collembola. pesticides. fenilpirazole. Latosol. terrestrial invertebrates.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Coleta do solo natural	18
Figura 2- Indivíduos adultos de colêmbolo <i>Folsomia candida</i> fotografados com a ajuda de microscópio estéreo em aumento de 0,8x	19
Figura 3- Indivíduos adultos de colêmbolo <i>Sinella Curviseta</i> fotografados com a ajuda de microscópio estéreo em aumento de 0,8x	19
Figura 4- - Teste crônico (reprodução) com fipronil em solo natural. As barras verticais representam o número de juvenis e adultos de <i>Folsomia candida</i> , após 28 dias de exposição. Asterisco * demonstra diferença significativa com relação ao grupo controle (teste de <i>Dunnnett</i> , $p < 0,01$).....	20
Figura 5- Teste crônico (reprodução) com fipronil em solo natural. As barras verticais representam o número de juvenis e adultos de <i>Sinella curviseta</i> , após 28 dias de exposição.....	21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –Características do solo.....	22
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APA	Área de proteção ambiental
CE50	Concentração de efeito a 50% dos organismos produzidos
CL50	Concentração letal a 50% dos organismos sobreviventes
CENO	Concentração de Efeito Não Observado
CEO	Concentração de Efeito Observado
CV	Coefficiente de variação
i.a.	Ingrediente ativo
R.V.	Revolução verde
SAT	Solo artificial tropical
SN	Solo natural
UE	União europeia
UFT	Universidade Federal do Tocantins

LISTA DE SÍMBOLOS

<i>Kg</i>	Quilograma
<i>mg. kg-1</i>	miligramas por kilogramo

SUMÁRIO

Resumo	6
Abstract	7
Lista de figuras	8
Lista de tabelas	9
Lista de abreviaturas e siglas	10
Lista símbolos	11
1. Introdução	13
2. Revisão Bibliografica	14
2.1. Agricultura no Brasil	14
2.2. Agrotóxicos nos últimos 10 anos e seus efeitos sobre organismos não-alvo.....	15
2.3. Fipronil.....	17
2.4. Collembola.....	18
2.5. Ensaio ecotóxicológicos terrestre.....	19
3. Objetivos	19
3.3. Objetivo geral.....	19
3.4. Objetivos específicos	20
4. Material e métodos	20
4.1. Coleta do solo.....	20
4.2. Organismo teste.....	21
4.3. Substância teste	22
4.4. Experimento.....	22
5. Resultados e Discussões	23
6. Considerações finais	25
Referências bibliograficas	26

1 INTRODUÇÃO

A atividade agropecuária no Brasil está entre as principais bases econômicas nacionais, colocando o país entre os maiores produtores agropecuários do mundo. O estado do Tocantins destaca-se como o maior produtor de grãos da região norte do país, especialmente de soja, arroz, milho e feijão, tendo a área plantada apresentado crescimento de 180% nos últimos 10 anos, de acordo com os órgãos estaduais (SEAGRO, 2022). Porém, para que o atual modelo de cultivo consiga manter a produtividade crescente, o setor agrícola mundial recorre ao uso intensivo de insumos químicos, como fertilizantes sintéticos e agrotóxicos (PIGNATI et al., 2017). Os agrotóxicos são produtos utilizados na agricultura para combater pragas (ex.: insetos, nematóides, ácaros, dentre outros) e doenças que causam danos aos plantios. Porém, esses produtos podem gerar graves consequências ambientais e aos trabalhadores do campo (BRASIL, 2002).

De acordo com a “Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES)”, a expansão desenfreada das áreas agrícolas é a principal maneira pela qual os agrotóxicos atingem o ecossistema, e espera-se que o uso destas substâncias dobre até 2050 (IPBES, 2018). O Brasil está em primeiro lugar no consumo de agrotóxicos desde 2008 (CARNEIRO, 2015) e a quantidade comercializada destas substâncias no país em 2020 foi de 686,35 mil toneladas de ingrediente ativo (IBAMA, 2021). E este consumo foi continuamente crescente na última década (em torno de 34%), padrão este que vem sendo seguido em todas as regiões do país. Embora a região Norte ainda seja a de menor consumo de agrotóxicos no Brasil, de 2010 a 2018 este consumo teve aumento de 350% com ênfase para os estados do Pará e Tocantins, os dois com maiores consumos da região (IBAMA, 2019).

Embora o solo seja o principal destino direto e indireto da maior parte dos agrotóxicos aplicados na agricultura, pode-se afirmar que poucos são os estudos disponíveis sobre o comportamento dos agrotóxicos em solos tropicais, tanto em relação às concentrações encontradas, quanto aos potenciais impactos negativos à qualidade do solo e, mais especificamente, à comunidade biótica (BERNARDINO, 2019). Os agrotóxicos são divididos por classes de uso, conforme o modo de ação de seus ingredientes ativos. Os inseticidas são a terceira maior classe de agrotóxicos vendida no Brasil (IBAMA, 2019) ficando atrás apenas dos herbicidas (1º lugar) e fungicidas (2º lugar). Dentre os inseticidas mais utilizados está o fipronil, largamente aplicado em cultivos de cana-de-açúcar no Brasil para combater o besouro *Migdolus fryanus*. Na Europa o uso desta substância foi restringido principalmente por apresentar alta toxicidade a abelhas (EUROPEAN COMMISSION, 2013).

O Fipronil é uma molécula de amplo espectro de ação, pertencente à classe dos fenilpirazóis, sendo o primeiro praguicida com mecanismo de ação atuante especificamente no Sistema Nervoso Central de insetos através do bloqueio dos canais de cloreto regulados pelos receptores do ácido gama aminobutírico (GABA), resultando em paralisia, convulsões e morte dos parasitos (BARROS et al., 2012). Desta forma, além de muito eficiente na eliminação de pragas, o fipronil afeta também organismos não-alvo como abelhas, colêmbolos, minhocas, dentre outros (PISA et al., 2014).

Os invertebrados do solo têm sido amplamente utilizados como bioindicadores de contaminação devido à sensibilidade e grande importância destes organismos para a manutenção da qualidade do ecossistema (GRANZOTO, 2018). Diversos autores já constataram que concentrações ambientalmente relevantes de agrotóxicos podem causar efeitos nocivos em diferentes níveis de organização biológica de organismos como microcrustáceos aquáticos, anfíbios, invertebrados de solo e abelhas, dentre outros (GRIPP *et al.*, 2017; MANSANO *et al.*, 2016; MENEZES-OLIVEIRA; BIANCHI; ESPÍNDOLA, 2018; TADEI *et al.*, 2019).

Oscolêmbolos são pequenos artrópodes, ápteros, encontrados em todo o mundo, com mais de 9000 espécies conhecidas (Fonte: collembola.org). Estes organismos possuem papel funcional nos ecossistemas, participando de processos de decomposição da massa vegetal e na formação da microestrutura do solo, além de serem reguladores biológicos (TURBÉ *et al.*, 2010). A utilização de colêmbolos em ensaios ecotoxicológicos já é bastante difundida, com protocolos internacionais para a utilização de algumas espécies como a *Folsomia candida* e a *Folsomia fimetaria* no intuito de estimar os efeitos de poluentes ambientais sobre organismos terrestres não alvo (FOUNTAIN e HOPKIN, 2005; KROGH, 2008).

No entanto, embora as espécies padrão sejam bastante sensíveis a diferentes compostos, ecotoxicologistas do solo encorajam a utilização de outras espécies com atributos funcionais diferentes para que seja possível comparar a sensibilidade dos organismos e de fato conseguir entender quão protetivo é extrapolar os resultados obtidos para o ambiente. Assim sendo, outras espécies, como a *Sinella curviseta* e *Proisotoma minuta*, dentre outras, vêm sendo propostas para ensaios ecotoxicológicos e já é possível perceber que, em alguns casos, a sensibilidade de espécies do mesmo grupo taxonômico ao mesmo tipo de contaminante, pode ser bem diferente (LIU *et al.*, 2018).

Outro fator que sabidamente afeta a sensibilidade dos organismos a diferentes contaminantes são as propriedades específicas do solo. Características como textura, conteúdo de matéria orgânica, pH, e capacidade de troca catiônica são alguns dos principais fatores que influenciam nessa sensibilidade (AMORIM *et al.*, 2005; JÄNSCH; AMORIM; RÖMBKE, 2005). Assim sendo, o objetivo central deste estudo foi avaliar a sensibilidade de duas espécies de colêmbolo, sendo elas a *Folsomia candida* e a *Sinella curviseta* expostas ao inseticida fipronil, por meio da formulação comercial Regent® 800 WG, em solo natural de ecossistema tropical (latossolo vermelho), coletado na região do Lajeado, estado de Tocantins.

2 Revisão Bibliográfica

2.1 Agricultura no Brasil

No final da década de 60, houve um aumento na produção e exportação de produtos agrícolas, época em que ocorreu a Revolução Verde (RV), que estendeu o uso da tecnologia no campo a partir do incentivo da utilização de agrotóxicos, fertilizantes, máquinas agrícolas e sementes geneticamente modificadas (SILVA; FALCHETTI, 2011). Segundo Meirelles (1996) essa revolução no Brasil se deu por meio do aumento da importação de produtos químicos, da instalação de indústrias produtoras e

formuladoras de agrotóxicos e do estímulo do governo através do crédito rural para o consumo de agrotóxicos e fertilizantes.

A implantação de um novo padrão tecnológico a partir da RV ocasionou no Brasil a inserção de sistemas de monoculturas com uso intensivo de fertilizantes e agrotóxicos (ROMEIRO, 1998). Conseqüentemente, em algumas áreas, o uso e a ocupação de áreas agricultáveis vêm ocorrendo de forma desordenada e acelerada, sem a devida preocupação ambiental. Considera-se que as inovações trazidas pela RV foram cruciais, não apenas para aumentar a produção e os lucros, mas também para diminuir as despesas e manter-se num mercado que usufruía da maior oferta e, por isto, tornava-se cada vez mais competitivo. A modernização do setor rural estimulou os micro-produtores rurais a proverem suas propriedades destes aparatos químicos para aumentarem a produção e, com isto, não ficarem de fora da concorrência do mercado agrícola (MARTINS, 2015).

O país está entre os grandes produtores agrícolas mundiais, que reúne características como competitividade e área disponível para prover a demanda de alimentos e fibras no mundo (ANDEF, 2009). Entretanto, no cenário agrícola, especialmente na produção de cereais, a atividade somente será competitiva quando atingir elevado nível de tecnologia em toda cadeia produtiva com a finalidade de baixar o custo final de produção, no entanto, lamentavelmente inserido neste “pacote tecnológico”, a utilização de produtos agrotóxicos tem sido crescente (PERES *et al.*, 2005).

Dentre os principais cultivos agrícolas do Brasil está a cana-de-açúcar, destacando-se com um dos maiores em todo o mundo. Estudos da Conab (2022) mostram que no Brasil a produtividade em 2022/23 teve a média nacional de 72.608 kg/ha para esta cultura. De acordo com a agência nacional de águas (2015), o setor canavieiro movimenta cerca de 2% do Produto Interno Bruto (PIB) e é considerado uma das principais fontes de cogeração de energia elétrica nacional. Além de ser uma importante fonte energética, outros produtos advindos do caldo da cana e da sua biomassa estão presentes de forma direta ou indireta na economia como, por exemplo, o açúcar utilizado praticamente em todos os ramos industriais e na alimentação humana, produção de ração animal, fabricação de cachaça, remédios, dentre outros (NEVES, 2010).

Com o aumento da demanda dos biocombustíveis e o fortalecimento do setor sucroenergético houve uma pressão para o aumento da produção, demandando maiores quantidades em um período de tempo cada vez menor. Essa produtividade intensa na lavoura de cana-de-açúcar só foi possível devido à implementação agrícola como, por exemplo, a utilização de agrotóxicos e fertilizantes sintéticos. No entanto, essas substâncias podem ocasionar sérios impactos ao meio ambiente, dentre os quais podemos citar a degradação do solo e poluição dos sistemas terrestres (CAMELINI, 2011; DUARTE, 2013).

2.2 Agrotóxicos no Brasil nos últimos 10 anos e seus efeitos sobre organismos não-alvo

De acordo com a lei 7802/89 agrotóxicos são os produtos e os agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e

beneficiamento de produtos agrícolas, a fim de preservar os plantios da ação danosa de seres vivos considerados nocivos. Sendo eles divididos em diferentes classes de acordo com a finalidade, podendo ser: herbicidas, fungicidas, algicidas e inseticidas.

Com a expansão de áreas cultivadas no território nacional, a utilização de substâncias químicas sintéticas com propriedades praguicidas tem se intensificado nos últimos anos, assim como a crescente produção e exportação de insumos agrícolas que abrangem principalmente grãos e cereais (PIGNATI et al., 2017). O SINDIVEG (2022) mostrou que de 2020 a 2021, houve um aumento de cerca de 9,1% de área por hectare tratada por agrotóxicos.

O Brasil é um dos países que mais consomem agrotóxicos no mundo. Em 2018, a indústria de agrotóxicos registrou um acréscimo de 20 % no faturamento, quando comparado a 2017, acumulando cerca de 10,8 bilhões de dólares. Observa-se também uma “flexibilização” para liberação destes produtos, pois apenas em 2021 foram aprovados 562 novos produtos (mas apenas 8 são princípios ativos inéditos, os demais são cópias dos existentes), sendo este o maior número já registrado (MAPA, 2022). Entre esses, mais de 44 são produtos banidos na União Europeia (UE) (ANVISA), o que demonstra diferenças entre a regulação de agrotóxicos no Brasil e na UE. Além disso, há diferenças nos índices máximos de resíduos de agrotóxicos na água. Enquanto a União Europeia limita a quantidade máxima de resíduos do herbicida glifosato na água potável em 0,1 µg/L, o Brasil permite 280 µg/L (BOMBARDI, 2017; CONAMA, 2005).

No início de 2019, existiam no Brasil cerca de 13.300 registros de agrotóxicos (AENDA, 2019). Em termos de ingredientes ativos, em 2020, haviam 517 cujo uso era autorizado no Brasil e 97 que haviam sido banidos (ANVISA, 2017). Dentre os autorizados, dez ingredientes responderam por cerca de 70% do total consumido. Essa quantidade de ingredientes ativos se deve também por conta dos diferentes cultivos, que possuem diferentes “pragas”.

Apenas três cultivos (soja, milho e cana-de-açúcar) correspondem a cerca de três quartos do total de agrotóxicos consumidos no Brasil. Por este motivo, produtores de agrotóxicos e produtores rurais que trabalham com estas culturas possuem fortes incentivos de mobilização contra regulações mais restritas, especialmente de ingredientes ativos utilizados em suas lavouras (MORAES, 2019).

Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2017) alguns dos princípios ativos autorizados para o controle de pragas em lavoura de cana-de-açúcar são: fipronil, bifentrina, imidacloprid, endosulfan e carbofurano. Segundo o Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Vegetal (SINDIVEG), de 2012 a 2014, cerca de 10% do total de agrotóxicos comercializados no Brasil foram destinados ao setor sucroalcooleiro.

Ao aplicarem esses compostos na agricultura para o controle de pragas, grande parte dos agrotóxicos são movidos para o ambiente terrestre. O solo é o ambiente que recebe a maior parcela dos resíduos excedentes, o deslocamento das moléculas acontece principalmente pela evaporação, lixiviação e escoamento superficial (WEBER, 1994; STEFFEN, 2011; SILVA, 2004). Com a

alteração que ocorre no solo a biota é comprometida, pois a exposição leva ao contato com contaminantes, trazendo consequências negativas para os organismos (SOUSA; ANDRÉA, 2011). Os agrotóxicos podem ainda provocar diversos efeitos indesejáveis, como atingir organismos não-alvos, alterar a dinâmica bioquímica natural, provocar um desequilíbrio ecológico e comprometer a qualidade da água de muitos mananciais e bacias hidrográficas (SPADOTTO et al., 2004; BELCHIOR et al., 2014; MARCATO, 2014), ocasionando efeitos adversos a esses organismos. Causando consequências expressivas para as comunidades de organismos que compõem o ecossistema, como microcrustáceos, moluscos e peixes (PERES et al. 2003; PIGNATI, 2007, AMÉRICO et al., 2015). Além de organismos aquáticos, os agrotóxicos afetam de maneira significativa organismos terrestres como por exemplo as minhocas (SILVA et al. 2016), os colêmbolos (ARAÚJO, 2021). Diante disso, se torna indispensável a utilização de testes ecotoxicológicos para diagnosticar a situação e fornecer informações viáveis quanto aos (MACHADO, 2016).

2.3 Fipronil

O fipronil cuja fórmula molecular é representada por $C_{12}H_4Cl_2F_6N_4OS$, com nome químico (RS) - 5-amino-1- [2,6-dichloro-4-(trifluoromethyl)phenyl] - 4 - (trifluoromethylsulfinyl)- 1H-pyrazole - 3-carbonitrile, apresenta-se na forma de pó à 20°C, com peso molecular de 437,1 g.mol⁻¹ e densidade de 1,477-1,626 g.mL⁻¹ (BARRIGOSI; LANNA; FERREIRA, 2005). Utilizado na agricultura por ser um inseticida fenilpirazólico de grande eficácia, apresenta capacidade de atuação em vasta gama de insetos. Aplicado em muitas culturas, principalmente canaveira, esse produto tem como finalidade impedir o ataque de insetos às lavouras (CAPPELINI, 2018). É comercializado como ingrediente ativo em cerca de 80 formulações comerciais e tem uso liberado para diversas culturas no Brasil, como batata, cana-de-açúcar e milho (AGROFIT, 2022).

De acordo com o IBAMA, no Brasil este ingrediente ativo teve cerca de 2.000 toneladas vendidas em 2020, sendo 310 toneladas a mais que em 2018. Esse aumento pode estar relacionado com o fato de que alguns insetos desenvolveram resistência a alguns grupos químicos como os organofosforados, carbamatos e piretróides, colocando o fipronil como uma alternativa para controle químico destes insetos (BOBE *et al.*, 1997). Este inseticida é recomendado para o uso agrícola e veterinário devido ao seu amplo espectro de ação (TINGLE *et al.*, 2003; FAUDER *et al.*, 2007), além de ser utilizado no controle de pragas domésticas, como baratas, mosquitos, pulgas, carrapatos e piolhos de cães, gatos e bovinos (AAJOUND; RAVANEL; TISSUT, 2003; CHATON *et al.*, 2002; MYDLARZ, JONES, HARVELL, 2006). No entanto, o fipronil é altamente tóxico para alguns organismos e há poucas informações sobre a toxicidade para organismos não-alvo que vivem no solo (ALVES *et al.*, 2014).

O fipronil é uma molécula altamente ativa e tem um efeito prejudicial no sistema nervoso dos invertebrados (artrópodes), bloqueando a captação de íons nas células e causando hiperexcitação e morte celular (RHONE-POULENE 1995; ÇELIK *et al.* 2014). Além do produto original, o fipronil sofre

alterações metabólicas e degradações abióticas em diversos produtos (SAN MIGUEL *et al.*, 2008). A baixa tolerância à luminosidade torna o fipronil um agente fotolábil, gerando frequentemente metabólitos, sendo estes divididos em quatro moléculas principais, que surgem a partir dos processos de degradação, sendo eles o fipronil sulfeto (redução), fipronil sulfona (oxidação), fipronil amina (hidrólise) e fipronil desulfínil (fotólise) (PEI *et al.*, 2004).

Já estão sendo desenvolvidos testes para demonstrar o efeito da ação do fipronil em organismos terrestres, como em camundongos (OLIVEIRA, 2010), minhocas (AZEVEDO, 2019) e colêmbolos (TINA, 2021), que mostram os efeitos nocivos que podem ocorrer em organismos não alvo em ambientes terrestres (COSTA *et al.*, 2015; NUNES; ESPÍNDOLA, 2012).

Além disso, efeitos negativos da exposição ao fipronil também foram observados em organismos aquáticos como cladóceros, oligoquetas, odonatos e anfíbios, entre outros (BOSCOLO *et al.*, 2017, MOREIRA *et al.*, 2020, PISA *et al.*, 2015, SILVA *et al.*, 2020). Foram realizados testes em que se pôde detectar impactos negativos na sobrevivência e reprodução da espécie de collembola *Folsomia candida* em concentrações inferiores às recomendadas para aplicação em campos agrícolas (ALVES *et al.*, 2014, OLIVEIRA, 2017).

Collembola

Collembola é uma das classes mais abundantes no ambiente terrestre. Estes organismos são comumente estudados para avaliar a qualidade de solos contaminados (SANDIFER e HOPKIN, 1997; AN *et al.*, 2013; WINCK *et al.*, 2017). Os colêmbolos são pequenos artrópodes pertencentes à classe Collembola, possuem tamanho entre 0,2 a 9 mm, corpo alongado, podendo ser de coloração branca ou escuros, cabeça pequena com antenas curtas, aparato bucal do tipo mastigador e um apêndice saltatório, chamado de fúrcula, que permite saltos de aproximadamente 10 cm de altura (GALLO *et al.*, 2002).

Esta classe tem como espécie recomendada para ensaios ecotoxicológicos a *Folsomia candida*, utilizada de acordo com o protocolo ISO 11267/2019 (SMIT e VAN GESTEL, 1996; FOUNTAIN e HOPKIN, 2005; ZORTÉA *et al.*, 2018, BUCH *et al.*, 2016). Portanto, o estudo da resposta de Collembola a solos contaminados é de grande interesse (SOUSA *et al.*, 2006; SALMON *et al.*, 2014). As populações de *F. candida* são formadas exclusivamente por fêmeas partenogênicas, ou seja, as fêmeas produzem ovos sem fertilização e dão origem somente a novas fêmeas, processo chamado de telitoquia (um tipo de partenogênese). Atinge a maturidade entre 10 e 12 dias de vida, medindo entre 1,5 a 3,0 mm de comprimento, é de cor branca ou de cor amarelada (BELLINGER, 1996).

A utilização de diferentes espécies de colêmbolos pode fornecer para as análises uma visão ampla e ao mesmo tempo precisa, do quanto um agente estressor pode afetar os organismos nas diferentes camadas do solo, de diversas formas e em distintas espécies de organismos. Apesar de ainda não ser padronizada, *Sinella cuviseta* (colêmbolo) começou recentemente a ser utilizada em ensaios (XU *et al.*, 2009; BANDOW *et al.*, 2014).

Sinella curviseta Brook (Collembola: Entomobryidae) e *F. candida* (Collembola: Isotomidae), frequentemente colonizam habitats semelhantes e apresentam grandes similaridades em desintoxicação e

metabolismo xenobiótico, no metabolismo de ácidos nucleicos, progresso do sistema imunológico, sinalização, porém apresentam diferenças físicas, em sua distribuição e em sua reprodução (XU *et al.*, 2008; BANDOW *et al.*, 2014).

2.5 Ensaios ecotoxicológicos terrestres

A ecotoxicologia engloba inúmeras áreas da pesquisa, sendo uma maneira de observar nos ecossistemas os resultados de diversas combinações de um infinito número de processos, que podem ser observados em vários níveis de organização. É a ciência responsável por gerar conhecimento que subsidia a formulação segura de dispositivos legais, normas, programas e diretrizes gerenciais para enfrentar questões de risco ecotoxicológico possível e real, gerados pela inclusão de agentes químicos no ambiente (ZAGATTO, 2006).

Essa ciência teve início na década de 30 e os primeiros estudos foram de avaliação dos efeitos de contaminantes em organismos aquáticos (ZAGATTO, 2006), sendo a área terrestre uma ciência mais recente. No solo, a ecotoxicologia é também um método eficiente para estimar o perigo potencial de substâncias (TEREKHOVA, 2011). Seu impacto geralmente é mensurado através de *endpoints*, como reprodução, através das concentrações de efeito, ou letalidade, através das concentrações letais, utilizando diversos organismos, dentre os quais estão os colêmbolos (AMORIM *et al.*, 2012).

Já existem metodologias mundialmente padronizadas e validadas de ensaios para avaliar os efeitos toxicológicos de agrotóxicos e produtos químicos industriais. Desde 1984 a Organization for Economic Cooperation and Development (OCDE), publicou testes com invertebrados do solo, microrganismos e plantas. Alguns testes também foram desenvolvidos pela International Organization for Standardization (ISO) (ZORTÉA, 2017).

Embora o número e a complexidade de testes voltados para a ecotoxicologia terrestre tenham crescido nos últimos 20 anos, a padronização internacional em grande escala dos mesmos começou há pouco mais de 10 anos. Até 1995, as normas internacionais existentes para organismos de solo eram os testes de toxicidade aguda para minhocas e para plantas (RÖMBKE; KNACKER, 2003).

Os ensaios ecotoxicológicos são de alta relevância para avaliar a qualidade do solo, são apontados como ensaios rápidos e com baixo custo, o que faz com que se tornem uma alternativa relevante tanto para estabelecer os níveis aceitáveis de compostos químicos tóxicos como também para contribuir no planejamento e execução de estratégias de processos de biorremediação (DORES-SILVA, COTTA, LANDGRAF E REZENDE, 2019; COTTA, LEMOS & LIMA, 2020).

A ecotoxicologia terrestre é a compreensão dos efeitos de substâncias químicas sobre os ecossistemas edáficos em curtos e longos prazos, a observação dos efeitos de xenobióticos nos organismos terrestres é feita com o objetivo de proteger o funcionamento e a estrutura desses ecossistemas (ANDRÉA, 2012). O desafio atual da ecotoxicologia terrestre ao que se refere à avaliação de áreas contaminadas é a integração os efeitos das propriedades físicas e químicas de solos naturais, as variações na diversidade, sensibilidade de espécies e a interação entre os organismos que fazem parte de diversos níveis tróficos e estruturais (KUPMAIN, 2009).

3. Objetivos

3.3 Objetivo Geral

Avaliar do efeitos tóxicos do inseticida Regent® 800WG, levando em consideração seu ingrediente ativo, o fipronil, sobre os organismos *Sinella curviseta* e *Folsomia candida*, em solo natural (latossolo vermelho) proveniente do bioma Cerrado, coletado na área de proteção ambiental do Lajeado, no estado do Tocantins.

3.4 Objetivos Específicos

- Avaliação dos efeitos do inseticida fipronil, por meio do produto comercial Regent 800WG, sobre a reprodução e sobrevivência da espécie de colêmbolo *F. candida*, em latossolo vermelho.
- Avaliação dos efeitos do inseticida fipronil, por meio do produto comercial Regent 800WG, sobre a reprodução sobrevivência da espécie de colêmbolo *S. curviseta*, em latossolo vermelho.

4. Material e métodos

4.1. Coleta do solo

O solo natural foi coletado na APA do Lajeado, no sítio Seis pétalas em Taquaruçu, em área de latossolo vermelho. Para os testes de toxicidade, retirou-se o solo da camada superior (até 20 cm de profundidade) de um fragmento de mata nativa preservado e isento de contaminação. Para utilização nos ensaios ecotoxicológicos o solo foi conduzido ao laboratório, onde foi desfaunado, por meio de três ciclos de congelamento e descongelamento do mesmo. Em seguida, o solo foi peneirado, utilizando-se de uma malha com abertura de 2 mm, e seco em temperatura ambiente, conforme protocolo ABNT NBR ISO 11267 (2019).

Tabela 1- Características do solo.

Parâmetros	Solo Natural
pH	4,5
Umidade	30,6%
MO	4,34%
Silte	6,5%
Areia	69,0%

Argila 24,5%

Fonte: Autora, 2022

Figura 1: Coleta do solo natural



Fonte: Compilação da autora, 2022.

4.2. Organismos teste

As espécies testadas foram os colêmbolos *Folsomia candida*, conforme a norma técnica ABNT-NBR ISO 11267/2019 e *Sinella curviseta* considerando as adaptações ao protocolo propostas por Bandow *et al.*, (2014). Ambas as espécies já têm os cultivos bem estabelecidos no Laboratório de Saneamento Ambiental (LABSAN) da Universidade Federal do Tocantins – campus de Palmas. Os organismos são mantidos separadamente em recipientes plásticos (ca. 200 mL) contendo uma fina camada (aprox. 1 cm) de gesso de secagem rápida e carvão ativado na proporção de 8:1. A alimentação dos colêmbolos se dá 3 vezes por semana utilizando fermento biológico (*Saccharomyces cerevisiae*). Água destilada é fornecida para repor a umidade dos cultivos, sempre que necessário. Os cultivos são mantidos em câmaras BOD climatizadas ($20 \pm 1^\circ\text{C}$) e foto período de 16 h:8 h de luz:escuro.

Figura 2: Indivíduos adultos de colêmbolo *Folsomia candida* fotografados com a utilização de microscópio estéreo em aumento de 0,8x.



Fonte: Compilação da autora, 2022.

Figura 3: Indivíduos adultos de colêmbolo *Sinella Curviseta* fotografados com a utilização de microscópio estéreo em aumento de 0,8x.



Fonte: Compilação da autora, 2022.

4.3 Substância teste

O produto teste é o inseticida Regent® 800 WG (BASF), doravante Regent, cujo ingrediente ativo é o fipronil, do grupo químico fenilpirazol. A formulação comercial em granulado dispersível possui 80% (g/kg) de fipronil e os outros 20% são de ingredientes desconhecidos. O produto pode ser aplicado em diversas culturas agrícolas, mas neste trabalho será utilizada a referência da aplicação do mesmo em sulcos de plantio de cana-de-açúcar, a fim de eliminar insetos prejudiciais à cultura, como *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera) e *Migdolus fityanus* (Coleoptera).

4.4. Desenho experimental

Para avaliar os efeitos do inseticida fipronil sobre a reprodução de *F. candida* foram utilizadas as

concentrações: 0,21; 0,31; 0,46; 0,69; 1,04 mg de fipronil.Kg⁻¹ de solo seco, já para a espécie *S. curviseta* foram utilizadas as concentrações 0,69; 1,04; 1,56; 2,33; 3,5 mg de fipronil.Kg⁻¹ de solo seco, sendo estas concentrações escolhidas utilizando como referência a dose recomendada para eliminar o besouro *Mygdoulos fryanus* (1,04 mg.kg⁻¹) nas culturas de cana-de-açúcar, podendo ser aplicada em até duas vezes no plantio. *F. candida* foi adicionada ao recipiente testes com 12 dias, enquanto para *S. curviseta* foram adicionados 20 adultos entre 20 a 23 dias. Os testes decorreram nas mesmas condições de temperatura e luminosidade utilizadas para o cultivo. Os recipientes- teste foram abertos semanalmente para provimento de alimento (fermento biológico) e água destilada, quando necessário. Após 28 dias, o conteúdo do pote foi esvaziado para outro recipiente no qual foi adicionada água e algumas gotas de tinta preta. Após uma agitação suave os indivíduos vivos flutuaram na superfície, os adultos sobreviventes e juvenis produzidos foram contabilizados. Os recipientes foram fotografados para posterior contagem utilizando do software ImageJ.

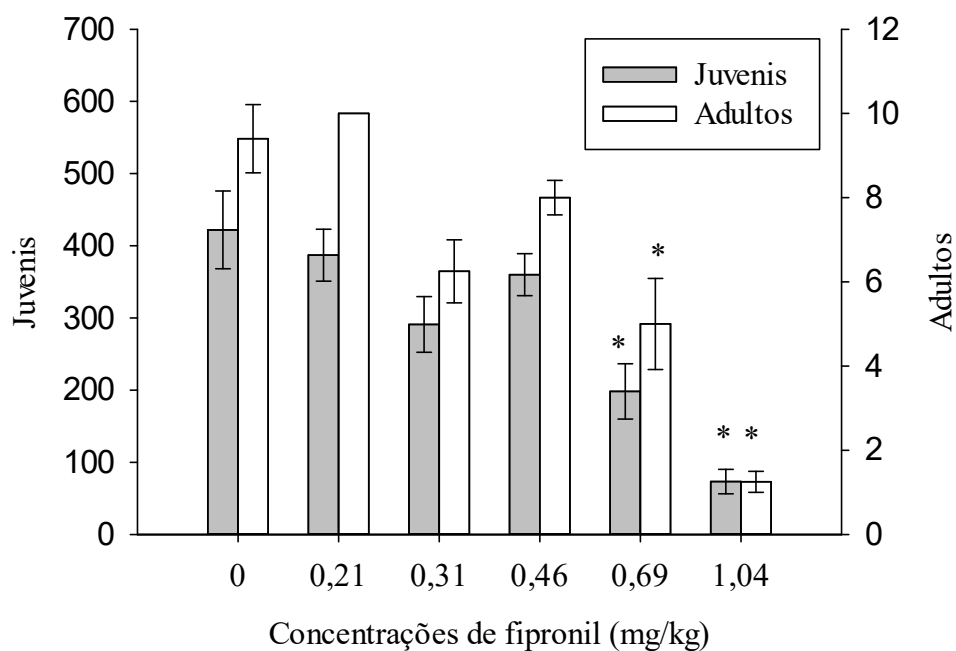
Para avaliar se houve efeitos significativos sobre a reprodução de cada uma das espécies- teste entre os diferentes tratamentos com o inseticida e o tratamento controle (sem contaminação), análises de variância unidirecional (ANOVA), seguidas de comparações post hoc (teste de Dunnett) foram realizadas, obtendo-se assim a CENO (Concentração de Efeitos Não Observável) e a CEO (Concentração de Efeito Observável) para cada espécie testada. Sempre que possível, as concentrações que obtiveram 50 % de redução na reprodução (Concentração de efeito; CE50) e na mortalidade dos organismos (Concentração letal; CL50), assim como os intervalos de confiança a 95% foram calculadas por meio de regressões não lineares (Environment Canada, 2007).

5 Resultados e Discussões

Todos os ensaios ecotoxicológicos cumpriram os critérios de validação de acordo com a norma ABNT NBR ISO 11267 (ISO, 2019). Ou seja, no grupo controle apresentaram taxa de mortalidade menor que 20%, taxa de variação entre as réplicas menor do que 30% e no mínimo 100 juvenis por réplica. A taxa de sobrevivência dos colêmbolos adultos no solo controle foi em média 94% para ambos os testes e o coeficiente de variação (CV) foi inferior a 30 % (CV = 26,74 para *F. candida* e CV = 19,18 para *S. curviseta*).

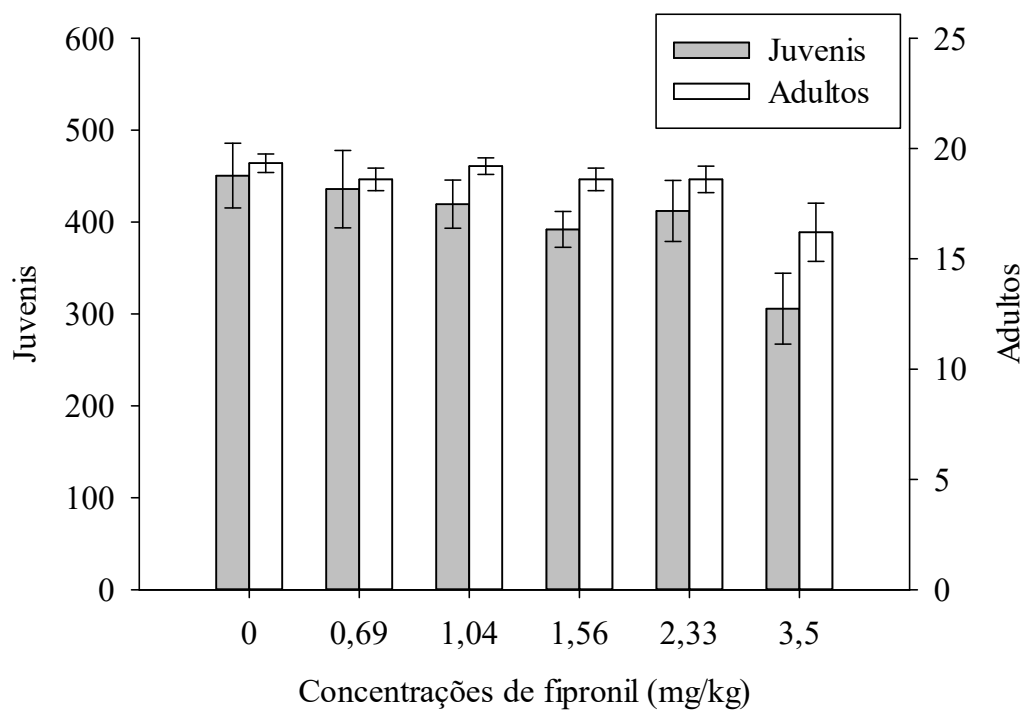
Os resultados demonstraram que houve uma redução significativa ($p < 0,01$) no número de juvenis e de adultos da espécie *F. candida* somente nas maiores concentrações de fipronil (0,69 e 1,04 mg kg⁻¹, respectivamente) testadas (Figura 4). No caso da espécie *S. curviseta*, não foram observados efeitos significativos para as concentrações testadas (Figura 5).

Figura 4- Teste crônico (reprodução) com fipronil em solo natural. As barras verticais representam o número de juvenis (cinza) e adultos (brancas) de *Folsomia candida*, após 28 dias de exposição. Asterisco * demonstra diferença significativa com relação ao grupo controle (teste de Dunnett, $p < 0,01$).



Fonte: Compilação da autora, 2022.

Figura 5- Teste crônico (reprodução) com fipronil em solo natural. As barras verticais representam o número de juvenis (cinza) e adultos (branco) de *Sinella curviseta*, após 28 dias de exposição.



Fonte: Compilação da autora, 2022.

O resultado alcançado para a espécie *F. candida* foi que o CENO se encontra na concentração 0,46 mg.kg⁻¹. Enquanto o CEO e o CL50 estão na concentração de 0,69 mg i.a kg⁻¹ solo seco. Para essa

espécie o valor encontrado em CE50 foi de 0,65 mg kg⁻¹. Mostrando o quanto esse agrótoxico mesmo em pequenas quantidades podem afetar essa espécie, causando impactos na sobrevivência e reprodução. Além disto, os valores encontrados para *F.candida* estão próximos aos observados por Bandeira *et al.* (2019) obteve CE50 = 0,80 (0,53–1,07) mg kg⁻¹ e semelhantes a Araújo (2021) CE50= 0,80 (0,632-1,264), ambos em solo SAT.

Os resultados obtidos demonstraram que a espécie de colêmbolo *S. cuviseta* apresentou menor sensibilidade quando exposta ao inseticida fipronil (i.a.) nas doses testadas, visto que não houve diferença significativa na reprodução (ANOVA one way, p= 0,071) dos organismos entre a dose mais alta (3,5 mg.kg⁻¹) e a dose controle, sabendo que o grupo controle remete as condições ideais de reprodução do organismo. Diante dos resultados obtidos na quantificação dos organismos decorridos os 28 dias de exposição, não foi possível determinar CE50 e CL50 como conjunto de dados obtido.

No teste feito com *F. candida* e em latossolo foi constatado que a diminuição da reprodução foi de acordo com a mortalidade dos adultos, indicando que ocorreu um efeito agudo. Quando comparado com TRIQUES *et al.* (2021) é verificada essa mesma tendência, em que foi obtido CE50 e CL50 sendo ele 0,19 mg.kg⁻¹(0,12- 0,27) e 0,21 mg.kg⁻¹(0,13-0,29) respectivamente, estando ambas no mesmo intervalo de confiança.

Em testes com entissolo e latossolo utilizando o i.a. fipronil, demonstraram que este i.a. tem toxicidade maior em entissolo, porém a reprodução da espécie *F. candida* foi maior neste solo arenoso (HENNIG *et al.*, 2022).

O estudo realizado por BANDOW *et al.* (2014) mostra que *F. candida* demonstra sensibilidade maior que com o que *S. curviseta*, corroborando com o que foi visto nestes resultados. FERREIRA *et al.* (2022) demonstraram que mesmo sendo utilizado compostos divergentes, tendo eles testado o agrotóxico clorantraniliprole, as espécies permanecem com reações distintas, sendo *S. cuviseta* menos sensível.

As alterações químicas provocadas por agrotóxicos no solo podem ser verificadas em características como: pH do solo; concentração de matéria orgânica, entre outros (ALFARO SOTO *et al.*, 2017). Segundo TINA (2021) as propriedades químicas e físicas do solo, principalmente a quantidade de argila e matéria orgânica, podem vir a influenciar na distribuição de agrotóxicos no solo, podendo afetar também o comportamento dos colêmbolos na presença dos inseticidas.

NATAL-DA-LUZ *et al.* (2008), avaliaram a influência das propriedades do solo sobre o comportamento dos colêmbolos e das minhocas, utilizando um SAT com diferentes teores de MO (2, 5 e 10%). Os autores concluíram que a textura do solo e o teor de matéria orgânica influenciam significativamente na resposta destes organismos, pois os organismos exibiram uma forte tendência a evitar solos de textura mais fina e com menor teor de matéria orgânica. Quando analisados solos argilosos e solos arenosos, foi constatado uma menor toxicidade de agrotóxicos em colêmbolos, o que também foi observado por DOMENE *et al.* (2012), HENNING *et al.* (2020) e BERNARDINO *et al.* (2021). Em testes com entissolo e latossolo utilizando o i.a. fipronil, demonstraram que este i.a. tem toxicidade maior em entissolo, porém a reprodução da espécie *F. candida* foi maior neste solo arenoso (HENNIG *et al.*, 2022). Enquanto Tina (2019) encontrou MO de 3,2% para latossolo e 2,2% para neossolo, tendo ela constatado

que os i,a, (fipronil, imidacloprid e clotianidina) testados por ela tiveram comportamentos diferentes em cada tipo de solo, tendo o latossolo um resultado significativo no teste de fuga de colêmbolos, enquanto no neossolo não foi constatada uma resposta significativa. O que corrobora com o que foi encontrado nos resultados deste trabalho.

5. Considerações Finais

Os resultados demonstram o potencial tóxico de REGENT 800WG (fipronil) em 1/2 dose recomendada, para a espécie de colêmbolo *F. candida*, demonstrando alteração em sua reprodução e sobrevivência. Já para espécie *S. curviseta* não houve efeito significativo quando colocada em contato com composto. Demonstrado grande diferença entre as espécies testadas, sendo *S. curviseta* menos sensível, corroborando a hipótese de que organismos do mesmo grupo podem apresentar diferentes sensibilidades e, portanto, é imprescindível a avaliação dos efeitos dos agrotóxicos em diferentes espécies do mesmo grupo e de grupos funcionais distinto, de forma a conseguir extrapolar de maneira mais segura os resultados obtidos.

REFERÊNCIAS

AAJOURD, A.; RAVANEL, P.; TISSUT, M. **Fipronil metabolism and dissipation in a simplified aquatic ecosystem**. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2003. AHEMAD, M.; SAGHIR KHAN, M. Comparative study of the growth parameters of legumes grown in fipronil-stressed soils. EurAsian Journal of Biosciences, v. 36, p. 29– 36, 2011

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). Plano de recursos hídricos e do enquadramento dos corpos hídricos superficiais da bacia hidrográfica do rio Paranaíba. Brasília, DF, 2015. 73 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). **Regularização de produtos agrotóxicos: monografias autorizadas**. 2017. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/registros-eautorizacoes/agrotoxicos/produtos/monografia-de-agrotoxicos/autorizadas>>. Acesso em: 3 maio 2022.

ALFARO-SOTO, M.; BASSO, J. B.; KLANG, C. H. **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. 1ed. Bauru, SP: Canal 6, v. 1, p. 103-124, 2017.

ALVES, P.R.L., EJBEN CARDOSO, A.M. MARTINES, J.P. SOUSA, A. PASINI. **Agrotóxicos de cobertura de sementes em colêmbolos em dois testes laboratoriais ecotoxicológicos**. Ecotoxicol. Ambiente. Saf. 105C (2014), pp. 65- 71, 10.1016 / j.ecoenv.2014.04.010.

AMÉRICO, J. H. P. *et al.* **O uso de agrotóxicos e os impactos nos ecossistemas aquáticos**. ANAP Brasil, Tupã, v. 8, n. 3, p. 101-115, 2015. DOI 10.17271/1984324081320151149

AMORIM, M.J.B.; PEREIRA, C.; MENEZES-OLIVEIRA, V.B.; CAMPOS B.; SOARES A.M.V.M.; LOUREIRO, S. **Assessing single and joint effects of chemicals on the survival and reproduction of *Folsomia candida* (Collembola) in soil**. Environmental Pollution, v. 160, p. 145-52, 2012.

AMORIM, M.J.B., RÖMBKE, J., SCHEFFCZYK, A. *et al.* **Effects of Different Soil Types on the Collembolans *Folsomia candida* and *Hypogastrura assimilis* Using the Herbicide Phenmedipham**. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 49, 343–352 (2005). <https://doi.org/10.1007/s00244-004-0220-z>.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE DEFESA VEGETAL. **Sumário sobre a legislação federal sobre agrotóxicos**. Disponível em: <<http://www.andef.com.br/legislacao/sumario.htm>>. Acesso em: 01 de maio de 2022.

ANDRÉA, M. M. **Abordagens em ecotoxicologia terrestre no Brasil**. In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE ECOTOXICOLOGIA, 882., 2012. Porto de Galinhas - PE. Anais... Porto de Galinhas: Sociedade Brasileira de Ecotoxicologia, 2012. p. 1

ANDRÉA, M. M. **O uso de minhocas como bioindicadores de contaminação de solos**. Acta Zoológica Mexicana, n. 2, p. 95-107, 2010. doi: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57515556007>.

ARAÚJO, RAFAEL SOARES DE. **Toxicidade de imidacloprido para colêmbolos folsomia candida: efeitos individuais e de misturas com fipronil ou clotianidina.** Universidade Federal da Fronteira Sul, 2021.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE DEFESA VEGETAL (ANDEF) **Tecnologia em primeiro lugar: o Brasil a caminho de se tornar o maior produtor mundial de grãos.** Revista Defesa Vegetal. Maio de 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO. **16837:2012.** Qualidade do solo — Efeitos de poluentes em Enchytraeidae (Enchytraeus sp.) — **Determinação de efeitos sobre reprodução e sobrevivência.** 2012. 22 páginas.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 11267:2019. **Qualidade do solo- Inibição da reprodução de Collembola (Folsomia candida) por poluentes do solo.** 2019. 22 páginas.

AZEVEDO A.R. DE, CORONAS MV. (2019). **Uso de testes de fuga com minhocas Eisenia andrei e Eisenia fetida para identificação da toxicidade de agrotóxicos no Brasil: uma breve revisão da literatura.** Ciência e Nat 40:18–26. <https://doi.org/10.5902/2179460X35495>.

BARRIGOSI, J. A. F.; LANNA, A. C.; FERREIRA, E. **Inseticidas registrados para a cultura do arroz e análise de parâmetros indicadores de seu comportamento no ambiente. Embrapa Arroz e Feijão.** Circular Técnica, 2005.

BANDOW C., KARAU N., RÖMBKE J., Interactive effects of pyrimethanil, soil moisture and temperature on Folsomia candida and Sinella curviseta (Collembola), Applied. Soil Ecology, Volume 81, 2014, Pages 22-29, ISSN 0929-1393, <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2014.04.010>.

BARROS, A. L.; FORMAGIO, M.; KASSUYA, C. A. L. **Segurança do Uso do Neuroinseticida Fipronil.** In: 3 SIMPÓSIO DE NEUROCIÊNCIAS DA GRANDE DOURADOS – SINGraD, 2012, Universidade Federal de Grande Dourados – UFGD.

BELCHIOR, D. C. V.; SARAIVA, A. S.; LÓPEZ, A. M. C.; SCHEIDT, G. N. **Impactos de agrotóxicos sobre o meio ambiente e a saúde humana.** Cadernos de Ciência e Tecnologia, Brasília, v. 34, n. 1, p. 135-151, 2014.

BERNARDINO, M. M. **Comportamento e ecotoxicologia de pesticidas no Cerrado.** Dissertação (Mestrado em Agroquímica) - Instituto Federal Goiano. Rio Verde, p. 77. 2019.

BELLINGER, P.F.; CHRISTIANSEN, K.A.; JANSSENS, F. 1996. **Checklist of the Collembola of the World.** <http://www.collembola.org>. Acesso em: 22 de nov de 2021.

BELLINI, B. C.; ZEPPELI BELLINI, B. C.; ZEPPELINI, D. **Registro da fauna de Collembola (Arthropoda, Hexapoda) no Estado da Paraíba, Brasil.** Revista Brasileira de Entomologia, v. 53, n. 3, p. 386-390, 2009NI, D. Registro da fauna de Collembola (Arthropoda, Hexapoda) no Estado da Paraíba, Brasil. Revista Brasileira de Entomologia, v. 53, n. 3, p. 386 - 390, 2009.

BOBÉ, A.; COSTE, C. M.; COOPER, J. **Factors influencing the adsorption of fipronil on soils.** Journal of agricultural and food chemistry, v. 45, n. 12, p. 4861-4865, 1997.

BOMBARDI, L.M. **Geografia do Uso de Agrotóxicos no Brasil e Conexões com a União**

Europeia. São Paulo: FFLCH - USP, 2017.

BOSCOLO, C.N.P., FELÍCIO, A.A., PEREIRA, T.S.B., MARGARIDO, T.C.S., ROSSA-FERES, D., de, C., ALMEIDA, E.A., de, A., FREITAS, J.S., 2017. **Comercial insecticide fipronil alters antioxidant enzymes response and accelerates the metamorphosis in *Physalaemus nattereri* (Anura: Leiuperidae) tadpoles.** Eur. J. Zool. Res. 5, 1—7.

BRASIL. **Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002. Regulamenta a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4074.htm>. Acesso em: 07 mai. 2021.

BROWN, G. G.R *et al.* **Biodiversidade da fauna do solo e sua contribuição para os serviços ambientais.** In: PARRON, L. M. *et al.* Serviços Ambientais em Sistemas Agrícolas e Florestais do Bioma Mata Atlântica. Brasília: Embrapa, 2015. Cap. 10. p. 122-154.

BUCH A.C., J.C. NIEMEYER, M.E.F. CORREIA, E.V. SILVA-FILHO. **Ecotoxicidade do mercúrio para *Folsomia candida* e *Proisotoma minuta* (Collembola: Isotomidae) em solos tropicais: Linha de base para avaliação de risco ecológico.** Ecotoxicol. Environ. Saf, 127 (2016), pp. 22 – 29.

CASSAGNE, N.; BAL-SERIN, M. C.; GERS, C.; GAUQUELIN, T. **Changes in humus properties and collembolan communities following the replanting of beech forests with spruce.** Pedobiologia, v. 48, p. 267-276, 2004.

CAMELINI, J. H. **Regiões competitivas do etanol e vulnerabilidade territorial no Brasil: o caso emblemático de Quirinópolis, GO.** 2011. 129 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

CAPPELINI, L. T.D. *et al.* **Burkholderia thailandensis: the Main Bacteria Biodegrading Fipronil in Fertilized Soil with Assessment by a QuEChERS/GC-MS Method.** Journal of the Brazilian Chemical Society, v. 00, No. 00, p. 1-10, 2018.

CARRILLO, M. P.; BOVI, T. DE S.; NEGRAO, A. F. and ORSI, R. DE O. **Influence of agrochemicals fipronil and imidacloprid on the learning behavior of *Apis mellifera* L. honeybees.** Acta Sci. Anim. Sci. [Online]. 2013, vol.35, n.4, pp.431-434. ISSN 1807-8672. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v35i4.18683>.

CARNEIRO, FERNANDO FERREIRA *et al.* (2015). **“Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde”.** Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio, Fiocruz, Rio de Janeiro/São Paulo, ed. expressão popular, 2015.

ÇELIK A, EKINCI SY, GÜLER G, YILDIRIM S. 2014. **In Vitro genotoxicity of fipronil sister chromatid exchange, cytokinesis block micronucleus test, and comet assay.** DNA Cell Biol. 33(3):148–154. 10.1089/dna.2013.2158

CID Y.P., T.P. FERREIRA, V.S. MAGALHÃES, T.R. CORREIA, F.B. SCOTT. **Fipronil injetável para bovinos: disposição do plasma e eficácia contra *Rhipicephalus microplus***. Veterinario. Parasitol. 220 (2016), pp. 4 - 8.

CHATON, P. F.; RAVANEL, P.; TISSUT, M.; MEYRAN, J. C. **Toxicity and bioaccumulation of fipronil in the nontarget arthropodan fauna associated with subalpine mosquito breeding sites**. Ecotoxicology and Environmental Safety, v. 52, n. 1, p. 8–12, 2002.

CHRISTOFOLETTI, C.A., PEREIRA, C., ANSOAR Y., 2017. **O emprego de agrotóxicos na cultura de cana-de-açúcar**. In: Fontanetti, C.S., Bueno, O.C. (Eds.), Cana-de- Açúcar e Seus Impactos: Uma Visão Acadêmica. Cana16, Rio Claro, pp. 51—61.

COLLEMBOLA, 2021. <Http://collembola.org>. Acesso em: 12/05/2021.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar**. Brasília: Conab, 2020.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2000. Resolução nº 357, 17 de março de 2005. Ministério do Meio Ambiente. Classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, 2005.

CORREIA, M. E. F.; DE OLIVEIRA, L. C. M. **Fauna de solo: aspectos gerais e metodológicos**. Embrapa Agrobiologia-Documents (INFOTECA-E), 2000.

COSTA, D.G da, CAMPOS, T.M.P. De; CESAR, R.G.; CASTILHOS, Z.C.; ROCHA, B.C.R.C. da. **Ecotoxicidade do 2,4-D a oligoquetas em função do tipo de solo**. 2015. Rev. Bras. Herbic. 2015;14:248-255.

COTTA, J.A.O., LEMOS, G. S., LIMA, E. N. (2020). **Ensaio ecotoxicológico de solo contaminado por diesel submetido à degradação pela espécie Eisenia fétida**. Research, Society and Development, 9(2):1-22.

COUTINHO, C. F B *et al.* **Pesticidas: mecanismo de ação, degradação e toxidez**. Pesticidas: r. ecotoxicol. e meio ambiente, v. 15, p. 65-72, 2005.

DOMENE, X. et al. **Applying a GLM-based approach to model the influence of soil properties on the toxicity of phenmedipham to Folsomia candida**. Journal Soils Sediments, 12:888–899, 2012.

DORES-SILVA, P.R., COTTA, J.A.O., LANDGRAF, M.D., REZENDE, M.O.O. (2019). **The application of the vermicomposting process in the bioremediation of diesel contaminated soils**. Journal of Environmental Science and Health, Part B, 54(7):598-604.

DUARTE, C. G. **Planejamento e sustentabilidade: uma proposta de procedimentos com base na avaliação de sustentabilidade e sua aplicação para o caso do etanol de cana-de- açúcar no Plano Decenal de Expansão de Energia**. 2013. Tese (Doutorado em Ciências – Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

EISENHAUER N., S. KÖNIG, ACW SABAIS, C. RENKER, F. BUSCOT, S. SCHEU. **Impactos de minhocas e fungos micorrízicos arbusculares (*Glomus intraradices*) no desempenho**

das plantas não estão inter-relacionados. *Soil Biol. Biochem*, 41 (2009), pp. 561 – 567.

ENVIRONMENT CANADA. **Guidance document on application and interpretation of single-species tests in environmental toxicology.** 1999. E.P.S 1/RM/34. p.203.

EDWARDS, C.A. **Assessing the effects of environmental pollutants on soil organisms, communities, processes and ecosystems.** *European Journal of Soil Biology*. v.38, p.225- 231, 2002.

EUROPEAN COMMISSION, 2013. COMMISSION IMPLEMENTING REGULATION (EU) No 781/2013 of 14 August 2013. Amending Implementing Regulation (EU) No 540/2011, as regards the conditions of approval of the active substance fipronil, and prohibiting the use and sale of seeds treated with plant protection products containing this active substance, 2013.

FAN, F. M.; MESQUITA, M. O.; SANTOS, V. C. F.; LUCAS, E. O.; ZANELLA, R.; PRESTES, O. D. e BANDEIRA, N. M. G. **Resíduos de água e solo de município em região produtora de fumo no Rio Grande do Sul.** *Saúde coletiva, desenvolvimento e (in) sustentabilidade no rural*. p. 89-108, 2018.

FAOUDERJ.L., E. BICHON, P. BRUNSCHWIG, R. LANDELLE, F. ANDRE, B.L. BI ZEC. **Transfer assessment of fipronil residues from feed to cow milk.** *Talanta*, 73 (2007), pp. 710-717.

FARIA, N. M. X.; FASSA, A. G.; FACCHINI, L. A. **Intoxicação por agrotóxicos no Brasil: os sistemas oficiais de informação e desafios para realização de estudos epidemiológicos.** *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 12, n. 1, p. 25-38, 2007. Disponível em: doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-81232007000100008>.

FERREIRA P., GABRIEL A., SOUSA J.P., NATAL-DA-LUZ T. **Representativeness of *Folsomia candida* to assess toxicity of a new generation insecticide in different temperature scenarios,** *Science of The Total Environment*, Volume 837, 2022, 155712, ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155712>.

FONTANETTI, C. S.; NOGAROL, L. R.; SOUZA, R. B.; PEREZ, D. G.; MAZIVIERO, G. **Bioindicators and Biomarkers in the Assessment of Soil Toxicity.** In: Simone Pascucci. (Org.). *Soil Contamination*. 1ªed. Rijeka, Croácia: InTech, p. 143- 168, 2011.

FOUNTAIN, M. T.; HOPKIN, S. P. ***Folsomia candida* (collembola): A “Standard” Soil Arthropod***. *Annual Review of Entomology*, [s.l.], v. 50, n. 1, p.201-222, jan. 2005.

GALLO, D. *et al.* **Entomologia Agrícola.** Piracicaba: Fealq, 2002. 920 p.

GANCHEV, D. H.; MARINOV, M. N.; STOYANOV, N. M. 2016. **Toxicity research of some spirohydantoin derivatives towards *Lumbricus terrestris*.** *Journal scientific and applied research*, 10: 30-38.

GHISI, N. C. *et al.* **Evaluation of genotoxicity in *Rhamdia quelen* (Pisces, Siluriformes) after sub-chronic contamination with Fipronil.** *Environmental monitoring and assessment*, v. 180, n. 1, p. 589-599, 2011.

GIST C.S., CROSSLEY D.A., MERCHANT V.A. 1974. **An analysis of life tables for *Sinella curviseta* (Collembola).** *Environ Entomol* 3:840-845

GODOY, A. A.; KUMMROW, F.; PAMPLIN, P. A. Z. 2015. **Ecotoxicological**

evaluation of propranolol hydrochloride and losartan potassium to Lemna minor L. (1753) individually and in binary mixtures. *Ecotoxicology*, 24(5): 1112-1123.

GRANZOTO, MARIANA ROLIM. **Toxicidade do fipronil sobre "Enchytraeus crypticus" em solo natural tropical: teste multigeracional.** 2018. 1 recurso online (69 p.) Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Tecnologia, Limeira, SP.

GRIPP H.S., FREITAS J.S., ALMEIDA E.A., BISINOTI M.C., MOREIRA A.B. 2017.

Biochemical effects of fipronil and its metabolites on lipid peroxidation and enzymatic antioxidant defense in tadpoles (Eupemphix nattereri: Leiuperidae). *Ecotoxicol Environ Saf.* 136:173–179. 10.1016/j.ecoenv.2016.10.027.

HENNIG, TB, ALVES, PRL, TONIOLO, T. *et al.* **Toxicidade do fipronil para *Folsomia candida* em solos tropicais contrastantes e teores de umidade do solo: efeitos sobre a reprodução e crescimento.** *Ecotoxicologia* **31**, 64-74 (2022). <https://doi.org/10.1007/s10646-021-02490-7>

HENNIG, T. B. *et al.* **Toxicity of imidacloprid to collembolans in two tropical soils under different soil moisture.** 2020

HOLDER P.J., A. JONES, CR TYLER, JE CRESSWELL. **Pesticida fipronil como suspeito em mortalidade em massa histórica de abelhas.** *Proc. Nacional Acad. Sci. EUA*, 115 (2018), pp. 13033-13038, 10.1073/pnas.1804934115.

IBAMA. **Painel de Informações sobre a Comercialização de Agrotóxicos e Afins no Brasil – série histórica 2009 - 2020.** www.ibama.gov.br, 2021. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/agrotoxicos/paineis-de-informacoes-de-agrotoxicos#Painel-comercializacao>>. Acesso em: 30/03/2022.

IBAMA. **Relatório de Comercialização de Agrotóxicos** - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 2019.

INPUT. **O papel da cana-de-açúcar no desenvolvimento econômico.** [2016]. Disponível em:https://www.inputbrasil.org/wpcontent/uploads/2016/07/Sumarios_CanadeAcucar_PT_CPI.pdf. Acesso em 06 set 2021.

JÄNSCH S., AMORIM M.J., RÖMBKE J. 2005. **Identification of the ecological requirements of important terrestrial ecotoxicological test species.** *Environ Rev* 13:51–83.

KOBASHI, K.; HARADA, T.; ADASHI, Y.; MORI, M.; IHARA, M.; HAIASAKA, D. 2017. **Comparative ecotoxicity of imidacloprid and dinotefuran to aquatic insects in rice mesocosms.** *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 138: 122-129.

KROGH, P.H. **Test ingwith the Collembolans *Folsomia fimetaria* and *Folsomia candida* and there sultso faringtest.** Danish Environmental Protection Agency Environmental Projectno.1256, p.66. 2009.

KROGH, P.H. **Toxicity testing with the collembolans *Folsomia fimetaria* and *Folsomia candida* and the results of a ringtest.** [s.l.];, 2008. Disponível em: <https://www.oecd.org/chemicalsafety/testing/41389036>. Acesso em: 11 de maio de 2021.

KUPERMAN, R.G.; CHECKAI, R.T.; GARCIA, M.V.B.; RÖMBKE, J.; STEPHENSON, G.L.; SOUSA, J.P. **State of science and the way forward for the ecotoxicological assessment of contaminated land.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.44, n.8, p.811-824, 2009

LIU M, XU J, KROGH PH, SONG J, WU L, LUO Y, KE X. **Assessment of toxicity of heavy metal-contaminated soils toward Collembola in the paddy fields supported by laboratory tests.** Environ Sci Pollut Res Int. 2018 Jun; 25(17):16969-16978. doi: 10.1007/s11356-018-1864-y. Epub 2018 Apr 7. PMID: 29626329.

MACAGNAN, NATANI. **Avaliação dos efeitos letais e subletais dos inseticidas cipermetrina e fipronil em girinos de Physalaemus gracilis (Anura: Leptodactylidae).** Universidade Federal da Fronteira Sul, 2018.

MARCATO, A. C. de C. **Investigação da toxicidade e da capacidade de recuperação do herbicida 2,4-D comercial (2,4-diclorofenoxiacético) empregando brânquias de tilápias, Oreochromis niloticus, como biomarcador.** 2014. 76 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Biológicas, Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2014.

MARTINS A.P., 2009. **Efeitos neurocomportamentais do fipronil administrado em dose única a ratos.** 2009. 86f. Dissertação (Mestrado Ciências) - Departamento de Patologia Experimental, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MARTINS, M. A. R. **O trabalhador rural e os agrotóxicos rural worker and pesticides Direito Agrário e Agroambiental [Recurso eletrônico on-line] organização CONPEDI/UFS;** Coordenadores: Maria Cláudia da Silva Antunes de Souza, Luiz Ernani Bonesso de Araújo, Nivaldo dos Santos – Florianópolis: CONPEDI, 2015.

MEIRELLES, L.C. **Controle de agrotóxicos: estudo de caso do Estado do Rio de Janeiro 1985/1995. Dissertação de mestrado.** Programas de pós-graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1996.

MÖHLER H, FRITSCHY JM, CRESTANI F, HENSCH T, RUDOLPH U. 2004. **Specific GABA (A) circuits in brain development and therapy.** Biochem Pharmacol. 68:1685– 1690. 10.1016/j.bcp.2004.07.025.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo.** Lavras - MG: Ed. UFLA, 2006. 729 p.

MOREIRAR.A., O. ROCHA, T.J. PINTO, S. DA, LCM SILVA, B.V. GOULART, C.C. MONTAGNER, E.L.G. ESPINDOLA. **Response of life history traits to the effects of predation on fish (Kairomones), Fipronil and 2, 4 – D on the neotropical cladoceran Ceriodaphnia silvestrii.** Arco. Ambiente. Contam. Toxicol. (2020), 10.1007/s00244-020- 00754-7.

MUSSURY, R. M.; SCALON, S. P. Q.; GOMES, A. A.; BATISTA, M. R.; SCALON FILHO, H. **Flutuação populacional da mesofauna em fragmentos de mata na região de Dourados, MS.** Ciência e Agrotecnologia, v. 32, n. 2, p. 645-650, 2008.

MYDLARZ, L. D.; JONES, L. E.; HARVELL, C. D. **Innate immunity, environmental and disease ecology of marine and freshwater invertebrates.** Annual Review of Ecology, Evolution, and

Systematics, v. 37, n. 2006, p. 251–288, 2006.

NATAL-DA-LUZ, T.; RÖMBKE, J.; SOUSA, J. P. **Avoidance tests in site-specific risk assessment—influence of soil properties on the avoidance response of collembola and earthworms.** Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal, v. 27, n. 5, p. 1112-1117, 2008.

NATAL-DA-LUZ, T.; RIBEIRO, R.; SOUSA, J.P. **Avoidance tests with collembola and earthworms as early screening tools for site-specific assessment of polluted sites.** Environmental Toxicology and Chemistry, v. 23, p. 2188-2193, 2004.

NA YJ, SW KIM, WM LEE. **A colêmbola *Lobella sokamensis* juvenile como um novo indicador de qualidade do solo da poluição por metais pesados.** Ecol. Índico, 27 (2013), pp. 56 – 60.

NEVES, M. F.; TROMBIN, V. G.; CONSOLI, M. **O mapa sucroenergético do Brasil.** In: SOUSA, E. L. L. de; MACEDO, I. de C. (Coord.). **Etanol e bioeletricidade: a cana-de- açúcar no futuro da matriz energética.** São Paulo: Luc Projetos de Comunicação, 2010. p. 14- 43.

NIVA, C. C. (2019). **Ecotoxicologia terrestre: métodos e aplicações dos ensaios com oligoquetas.** Cintia Carla Niva, George Gardner Brown, editores técnicos. Brasília, DF: EMBRAPA.

NUNES MET, ESPÍNDOLA ELG. **Sensitivity of *Eisenia andrei* (Annelida, Oligochaeta) to a commercial formulation of Abamectin in avoidance tests with artificial substrate and natural soil under tropical conditions.** Ecotoxicology. 2012;21:1063-1071.

OLIVEIRA FILHO, LUÍS CARLOS & BARETTA, D. & ZORTÉA, TALYTA & OLIVE AGROTÓXICOS EM IRA, JAQUELINE & SANTOS, JULIO. (2017). **Resíduo piritoso provoca toxicidade aguda e crônica em collembola e oligochaeta pyritic waste causes chronic and acute toxicity in *Collembola* and *Oligochaeta*.** Scientia Agraria. 18. 64-75. 10.5380/rsa.v17i3.50209.

OLIVEIRA, D DE. **Toxicidade multigeracional do fipronil para *Folsomia candida* em solo natural tropical.** UNICAMP (2017).

OLIVEIRA, JULIANA JACOMINI. **Avaliação da toxidade do herbicida ametrina para *Folsomia candida* e *Enchytraeus crypticus* em latossolo vermelho e solo artificial /** Dissertação de mestrado. Unicamp – Limeira, SP: [s.n.], 2021.

OLIVEIRA, P. R. DE. **Avaliação dos efeitos do fipronil (ingrediente ativo do FRONTLINE®) nos ovários de carrapatos *Rhipicephalus sanguineus* (Latreille, 1806) (Acari: Ixodidae) e no sangue periférico de roedores.** 2010. Tese de Doutorado. INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS.

OSTI, S. C.; VAROLI, F. M. F.; MATUSHIMA, E. R.; BERNARDI, M. M. **Comparative studies of delthametrin acute toxicity in exotic and brasilian fish.** Journal of the Brazilian Society Ecotoxicology, v. 2, n. 2, p.101-106, 2007.

PACHECO, M; SANTOS, M. A. **Biotransformation, genotoxic, and histopathological effects of environmental contaminants in European eel (*Anguilla Anguilla* L).** Ecotoxicology and Environmental Safety, v. 53, p. 331-347, 2002.

PAN, H.P. *et al.* **Avaliação dos riscos potenciais do RNAi da dieta para um micro- artrópode do solo, *Sinella curviseta* Brook (Collembola: Entomobryidae).** *Frente. Plantar. Sci.* 7, doi: 10.3389

/ fpls.2016.01028 (2016).

PEI, Z.; YITONG, L.; BAOFENG, L.; GAN, J.J. **Dynamics of fipronil residue in vegetable-field ecosystem**. Chemosphere, v.57, p.1691-1969, 2004.

PERES, F.; ROZEMBERG, B.; LUCCA, S. R. **Percepção de riscos no trabalho rural em uma região agrícola do estado do Rio de Janeiro, Brasil: agrotóxicos, saúde e meio ambiente**. Caderno de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 21, n. 6, p. 1836- 1844, nov./dez., 2005.

PIGNATI, W. A.; LIMA, F. A. N. S.; LARA, S. S.; CORREA L. M. L.; BARBOSA, J. R.; LEÃO, L. H. C.; PIGNATTI, M. G. **Distribuição espacial do uso de agrotóxicos no Brasil: uma ferramenta para a Vigilância em Saúde**. Ciência & Saúde Coletiva, v. 22, n. 10, p. 3281–3293, out. 2017.

PISA, L. W. *et al.* **Effects of neonicotinoids and fipronil on non-target invertebrates**. Environmental Science And Pollution Research, [s.l.], v. 22, n. 1, p.68-102, 17 set. 2014. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-014-3471-x>.

RHONE-POULENC. 1995. **Fipronil worldwide technical bulletin**. Lyon: Rhône- Poulenc Agrochimie.

RÖMBKE, J.; KNACKER, T. **Standardisation of terrestrial ecotoxicological effect methods: an example of successful international co-operation**. Journal of Soils and Sediments, v. 3, n. 4, p. 237-238, 2003.

ROMEIRO, A.R. 1998, **Meio ambiente e dinâmica de inovações na agricultura**. São Paulo: 1 ed. Annablume/Fapesp, 277p.

SALMON S., JF PONGE, S. GACHET, L. DEHARVENG, N. LEFEBVRE, F. DELABROSSE. **Ligando espécies, traços e características do habitat de Collembola em escala europeia**. Soil Biol. Biochem, 75 (2014), pp. 73 – 85.

SANDIFER R.D., HOPKIN S.P. **Efeitos da temperatura nas toxicidades relativas de Cd, Cu, Pb e Zn para Folsomia candida (Collembola)**. Ecotoxicol. Environ. Seguro. 37 (1997), pp. 125 – 130.

SAN MIGUEL A., M. RAVETON, G. LEMPÉRIÈRE, P. RAVANEL. **Phenylpyrazoles impact on Folsomia candida (Collembola)**. Soil Biol. Biochem, 40 (2008), pp. 2351-2357.

SANTOS, M. A. T.; AREAS, M. A.; REYES, F. G. R. **Piretróides - uma visão geral**. Alimentos e Nutrição, Araraquara, v. 18, n. 3, p. 339-349, 2007.

SANTOS, J. C. **O Uso do Agrotóxico: O Caso do Cultivo de Abacaxi no Município de Sapé PB.2013**. 57 f. Monografia (Especialização) - Curso de Bacharelado e Licenciatura em Geografia, Geociências, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2013

SARTOR I.F., V.A. SANTARÉM. **Agentes empregados ao controle de ectoparasitos**.

SCHOLES, R. J., MONTANARELLA, L., BRAINICH, E., BRAINICH, E., BARGER, N., TEN BRINK, B., CANTELE, M., ERASMUS, B., FISHER, J., GARDNER, T., HOLLAND, T. G., KOHLER, F., KOTIAHO, S., VON MALTITZ, G., NANGENDO, G., PANDIT, R., PARROTTA, J., POTTS, M. D., PRINCE, S., ... WILLEMEN, L. (Eds.) (2018). **IPBES (2018): Summary for policymakers of the assessment report on land degradation and restoration of the Intergovernmental Science- Policy**

Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. https://www.ipbes.net/system/tdf/spm_3bi_ldr_digital.pdf?file=1&type=node&id=28335

SEAGRO. **Agricultura**. Disponível em: <<https://seagro.to.gov.br/agricultura/>>. Acesso em: 18 de dezembro de 2020.

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E MEIO AMBIENTE (SEPLAN); DBO Engenharia; Naturatins. **Plano de Manejo Parque Estadual do Lajeado**. Goiânia, 2005. 286 f. il. color. Disponível em: <<http://seplan.to.gov.br/>> Acesso em: 18 de maio de 2021.

SILVA, C. M. M. S.; FAY, E. F. **Agrotóxicos e ambiente**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 400 p. ISBN 85-7383-282-7.

SILVA L. C. M., R. A. MOREIRA, T.J.S. PINTO, A. P. OGURA, M.P.C. YOSHII, L. F. P. LOPES, C. C. MONTAGER. **Toxicidade aguda e crônica de formulações de 2,4-D e fipronil (individualmente e em mistura) para o cladóceros neotropical *Ceriodaphnia silvestrii***. *Ecotoxicologia* (2020), 10.1007/s10646-020-02275-4.

Silva, M. R. L. R. da. (2015). **Avaliação da toxicidade celular do herbicida glifosato em *Astyanax spp.*** *Saúde E Meio Ambiente: Revista Interdisciplinar*, 3(2), 62–69. <https://doi.org/10.24302/sma.v3i2.629>

SILVA, R.T.P; FALCHETTI, S.A. **Da revolução agrícola ao desenvolvimento sustentável e os princípios do ambientalismo no brasil**. VIII Convibra Administração- Congresso Virtual Brasileiro de Administração, 2011.

SIMONATO, J. D.; GUEDES, C. L. B.; MARTINEZ, C. B. R. **Biochemical, physiological, and histological changes in the neotropical fish *Prochilodus lineatus* exposed to diesel oil**. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v.69, p. 112 - 120, 2008.

SIQUEIRA, S. L; KRUSE, M. H. L. **Agrotóxicos e saúde humana: contribuição dos profissionais do campo da saúde**. *Rev. esc. enferm. USP* vol.42 no.3 São Paulo Sept. 2008.

SMIT C.E., C.A.M. VAN GESTEL. **Comparação da toxicidade do zinco para o springtail *Folsomia candida* em solos de campo contaminados artificialmente e poluídos**. *Appl. Soil Ecol.*, 3 (1996), pp. 127 – 136

SOUSA A.P.A. de, ANDRÉA M.M. de. **Earthworm (*Eisenia andrei*) avoidance of soils treated with Cypermethrin**. *Sensors*. 2011;11:11056-11063.

SOUSA J.P., T. BOLGER, M.M. DA GAMA, T. LUKKARI, J.-F. PONGE, C. SIMÓN, G. TRASER, AJ VANBERGEN, A. BRENNAN, F. DUBS, E. IVITIS, A. KEATING, S. STOFER, A.D. WATT. **Changes in Collembola richness and diversity along a gradient of land use intensity: a pan-European study**. *Pedobiologia*, 50 (2006), pp. 147 – 156.

STEFFEN, G. P. K.; STEFFEN, R. B.; ANTONIOLLI, Z. I. **Contaminação do solo e da água pelo uso de agrotóxicos**. *Tecno-Lógica*, Vol. 15, n. 1, p. 15-21, 2011.

SPADOTTO, C. A.; GOMES, M. A. F; LUCHINI, L. C.; ANDRÉA, M. M. de. **Monitoramento do risco ambiental de agrotóxicos: princípios e recomendações**. In: Embrapa Meio

Ambiente, São Paulo, 2004.

STEHR, C. M.; MYERS, M. S.; JOHNSON, L. L.; SPENCER, S.; STEIN, J. E.

Toxicopathic liver lesions in English sole and chemical contaminant exposure in Vancouver Harbour, Canada. Marine Environmental Research, v. 57, p. 55-74, 2004.

SWIFT, M.J.; CURE, O. W.; ANDERSON, J. M. **Decomposition in terrestrial ecosystems.** Blackwell Scientific, Oxford, 372p. 1979.

TEREKHOVA, V.A. **Soil Bioassay: Problems and Approaches.** Eurasian Soil Science, v. 44, p. 173-179, 2011.

TINGLE C.C.D., J.A. ROTHER, C.F. DEWHURST, S. LAUER, W.J. KING. **Fipronil: environmental fate, ecotoxicology, and human health concerns.** Rev. Environ. Contam. Toxiol. 176 (2003), pp. 1-66.

TRIQUES, M.C.; OLIVEIRA, D.; GOULART, B.V.; MONTAGNER, C.C.; ESPÍNDULA, E.L.G.; MENEZES-OLIVEIRA, V.B. De. **Assessing single effects of sugarcane pesticides fipronil and 2, 4-D on plants and soil organisms,** *Ecotoxicology and Environmental Safety*, Vol. 208, 2021, 111622, ISSN 0147-6513, <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111622>. TURBÉ A., TONI A., BENITO P., LAVELLE P., RUIZ N., VAN DER PUTTEN W.H.,

WEBER, J. B. Properties and behavior of pesticides in soil. In: HONEYCUTT, R. C.; SCHABACKER, D. J. **Mechanisms of pesticide movement into ground water.** Lewis Publishers. chap.2, p. 15-41, 1994.

WINCK B.R., E.L.S. SÁ, V.M. RIGOTTI, M. CHAUVAT. **Relação entre tipos de uso da terra e diversidade funcional de Collembola epigéico no Sul do Brasil.** *Appl. Soil Ecol.*, 109 (2017), pp. 49 – 59.

XU J, KROGH PH, LUO YM, SONG J, WANG Y, GAO Y, KE X. 2008. **Assessment of toxicity of heavy metal contaminated soils for collembolan in the field and laboratory.** Abstract of the 3rd international conference on soil pollution and remediation, **18. -21. October 2008, Nanjing, China.**

ZAGATTO, P.A. Ecotoxicologia. In: Zagatto, P.A.; Bertoletti, E. **Ecotoxicologia aquática: princípios e aplicações.** São Carlos, RiMa, p. 1-12, 2006.

ZORTÉA T., **Efeitos ecotoxicológicos do fármaco fipronil e produtos derivados de nim (azadirachta indica) sobre organismos bioindicadores de contaminação ambiental.** Universidade do estado de santa catarina, 2017.

ZORTÉA T, REIS T. R. DOS, SERAFINI S., SOUSA J. P. DE, SILVA A. S. DA, BARETTA D., **Ecotoxicological effect of fipronil and its metabolites on Folsomia candida in tropical soils,** *Environmental Toxicology and Pharmacology*, Volume 62, 2018, Pages 203- 209, ISSN 1382-6689, <https://doi.org/10.1016/j.etap.2018.07.011>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1382668918301662>).