



**UDESC**

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC  
CENTRO DE EDUCAÇÃO SUPERIOR DO OESTE – UDESC/OESTE  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO  
**ÓLEO DE *Cinnamomum zeylanicum* NO  
CONTROLE DE *Alphitobius diaperinus* E  
ECOTOXICIDADE DA CAMA DE  
AVES CONTAMINADA COM  
INSETICIDAS EM SOLOS DE SANTA  
CATARINA**

**MANUELA TESTA**

CHAPECÓ, 2018

**ÓLEO DE *Cinnamomum zeylanicum* NO CONTROLE DE  
*Alphitobius diaperinus* E ECOTOXICIDADE DA CAMA DE AVES  
CONTAMINADA COM INSETICIDAS EM SOLOS DE SANTA  
CATARINA**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração Ciência e Produção Animal, da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), como requisito parcial para obtenção de grau de **Mestre em Zootecnia**.

**Orientador: Dr. Dilmar Baretta**

Co-orientador (es): Dr. Alekssandro Schafer da Silva

Dra. Carolina Riviera Duarte Maluche Baretta

Chapecó, SC, Brasil  
2018

Ficha catalográfica elaborada pelo(a) autor(a), com  
auxílio do programa de geração automática da  
Biblioteca Setorial do CEO/UDESC

Testa, Manuela

ÓLEO DE *Cinnamomum zeylanicum* NO CONTROLE DE  
*Alphitobius diaperinus* E ECOTOXICIDADE DA CAMA DE  
AVES CONTAMINADA COM INSETICIDAS EM SOLOS DE SANTA  
CATARINA / Manuela Testa. - Chapecó, 2018.  
104 p.

Orientador: Dilmar Baretta

Co-orientador: Aleksandro Schafer da Silva

Co-orientadora: Carolina Riviera Duarte Maluche  
Baretta

Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado  
de Santa Catarina, Centro de Educação Superior do  
Oeste, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia,  
Chapecó, 2018.

1. Avicultura. 2. cascudinhos. 3. controle  
alternativo. 4. avaliação ambiental. I. Baretta,  
Dilmar. II. Schafer da Silva, Aleksandro .  
Riviera Duarte Maluche Baretta, Carolina. III.  
Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de  
Educação Superior do Oeste, Programa de Pós-Graduação  
em Zootecnia. IV. Título.

Universidade do Estado de Santa Catarina  
UDESC Oeste  
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Dissertação de Mestrado

**ÓLEO DE *Cinnamomum zeylanicum* NO CONTROLE DE *Alphitobius diaperinus* E ECOTOXICIDADE DA CAMA DE AVES  
CONTAMINADA COM INSETICIDAS EM SOLOS DE SANTA  
CATARINA**

Elaborada por  
**Manuela Testa**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Zootecnia**

Comissão Examinadora:



Dr. Dilmar Baretta  
(Presidente/Orientador) (UDESC/Oeste)



Dr. Paulo Roger Lopes Alves  
Membro externo PPGZOO (UFFS)



Dr. Luís Carlos Iuñes de Oliveira Filho  
Membro externo PPGZOO (UDESC/CAV)

Chapecó, 28 de fevereiro de 2018.

*“Quando a sabedoria entrar no seu coração, e o conhecimento se tornar agradável para a sua alma, o raciocínio o guardará e o discernimento o protegerá”*

— Provérbios 2: 10, 11

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Jeová Deus por ser tão bondoso e maravilhoso, renovando minha fé diariamente e me mantendo firme diante as adversidades que a vida traz.

A minha mãe, pai e irmão por ser o melhor que á em mim, obrigada por estarem tão presentes mesmo distantes, sempre me encorajando a buscar meus sonhos.

Ao meu marido Rafael, ao qual não tenho palavras para agradecer toda a compreensão, carinho e companheirismo, por ser acima de tudo o meu melhor amigo. Obrigada por sempre acreditar em mim e por me encorajar a buscar a felicidade independente do qual insana ela pareça.

Ao meu orientador Dr. Dilmar, pelos ensinamentos e compreensão, pela oportunidade de trabalhar com pessoas incríveis e por ser um grande exemplo de educador.

Aos professores coorientadores Dr. Alekssandro e Dra. Carolina, por auxiliarem na construção do meu conhecimento e por sempre estarem presentes nos momentos de dúvidas.

As minhas queridas amigas ‘ecotóxicas’, Ana Paula Maccari, Talyta Zortéa, Julia Segat e o meu amigo ‘conselheiro’ Márcio Gonçalves, agradeço por ter a oportunidade de trabalhar com pessoas como vocês, que nunca mediram esforços em compartilhar e repassar conhecimento e o mais importante obrigada pela amizade, risadas e conselhos. Em especial agradeço a Julia por desprender do seu tempo para auxiliar na execução deste trabalho, estando disponível para esclarecer dúvidas ou até mesmo para fazer companhia na hora do mate.

A todos os colegas do Laboratório de Solos, ‘os velhos e os novos’, que tornaram esta jornada mais leve com risos e companheirismo. Em especial agradeço a Tamires e a Camila, que me auxiliaram em todas as etapas da dissertação.

Aos meus amigos, fiéis escudeiros, obrigada pela amizade sincera e reconfortante, pelos abraços, risadas, pelas melhores festas, pelas sábias palavras em qualquer circunstância ou simplesmente por dividirem um sofá em silêncio. Ao meu lado eu tenho os melhores que alguém poderia desejar.

A UDESC pelo ensino de qualidade e por disponibilizar educadores excelentes que além da formação, me ensinaram a cultivar um grande amor pela minha profissão.

Enfim, a todos que de alguma maneira colaboraram não apenas nos experimentos, mas em toda a minha caminhada humana e profissional.

***Muito Obrigado!***

## RESUMO

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia  
Universidade do Estado de Santa Catarina

# ÓLEO DE *Cinnamomum zeylanicum* NO CONTROLE DE *Alphitobius diaperinus* E ECOTOXICIDADE DA CAMA DE AVES CONTAMINADA COM INSETICIDAS EM SOLOS DE SANTA CATARINA

AUTOR: Manuela Testa  
ORIENTADOR: Dilmar Baretta  
Chapecó, 28 de fevereiro de 2018

Os cascudinhos (*Alphitobius diaperinus*) apresentam resistência aos princípios ativos presentes nos produtos comerciais e a interação destes com a cama de aves devem ser estudadas, uma vez que o principal destino da cama é o seu uso como adubo orgânico. O objetivo deste estudo foi avaliar se o óleo essencial de *Cinnamomum zeylanicum* é capaz de reduzir as infestações de *A. diaperinus* em condições experimentais, sem causar toxicidade para pintainhos expostos à cama tratada com inseticidas e se esta cama apresenta efeito tóxico para organismos indicadores de qualidade do solo. Este trabalho foi dividido em duas etapas, a primeira consistiu na avaliação do potencial como inseticida do óleo essencial de *C. zeylanicum*, onde o delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro repetições, sendo os tratamentos: controle solvente utilizando o diluente Dimetil Sulfóxido a 5% (diluente do óleo); Controle químico utilizando a Cipermetrina na dose 5 g m<sup>-2</sup>; Óleo essencial de *C. zeylanicum* à 5% com apenas uma pulverização; e Óleo essencial de *C. zeylanicum* à 5% com duas pulverizações. Cada unidade experimental foi infestada com 150 cascudinhos adultos e cinco pintainhos. Aos 15 dias de vida dos pintainhos foi coletado sangue para as análises bioquímicas, assim como fragmentos de fígado para análises histopatológicas. A contagem de cascudinhos ocorreu 40 dias após o tratamento e foi feita através de armadilhas tipo *TupeTrap*. Para a segunda etapa foram realizados ensaios ecotoxicológicos, em três coletas de cama de aves contaminadas com inseticidas e os testes realizados em dois solos naturais, o Neossolo Quartzarênico órtico típico (Neossolo) e o Latossolo Vermelho distrófico (Latossolo). Foi realizado o teste de reprodução com colêmbolos da espécie *Folsomia candida* e enquitreídeos da espécie *Enchytraeus crypticus*. As doses definidas para o Neossolo foram 0; 5; 10; 20; 30; 40; 60 t ha<sup>-1</sup> de cama de aves e para o Latossolo foram 0; 10; 20; 40; 60; 80; 100 t ha<sup>-1</sup> de cama de aves. Os tratamentos realizados na cama de aves para controle do *A. diaperinus* não causaram alterações das variáveis bioquímicas e também não causaram lesões histopatológicas. Os tratamentos com óleo essencial de *C. zeylanicum* a 5% com uma e duas pulverizações foram eficientes na redução da infestação de cascudinhos comparada ao controle solvente. Já o tratamento com cipermetrina não foi eficiente para controlar a infestação pelo *A. diaperinus*. Nos testes ecotoxicológicos para ambos os organismos avaliados foi observado efeito pelo aumento das doses de cama de aves, sendo os enquitreídeos mais resistentes, apresentando estímulo da reprodução para os ensaios realizados no Latossolo. Os testes realizados no Neossolo apresentaram resultados mais tóxicos para ambos os organismos avaliados. A comparação entre os tempos de coleta da cama de aves apontou maior persistência da cipermetrina aplicada na cama, para ambos

os solos. Essas informações podem auxiliar nas pesquisas para encontrar inseticidas alternativos, com moléculas eficazes no controle de pragas e que não apresentem efeito tóxico aos organismos não alvo, contribuindo para uma melhor gestão de resíduos orgânicos.

**Palavras-Chave:** Avicultura, cascudinhos, controle alternativo, avaliação ambiental, *Folsomia candida*, *Enchytraeus crypticus*.



## ABSTRACT

Master's Dissertation  
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia  
Universidade do Estado de Santa Catarina

### ***Cinnamomum zeylanicum* OIL IN CONTROL OF *Alphitobius diaperinus* AND ECOTOXICITY OF THE POULTRY LITTER CONTAMINATED WITH INSECTICIDES IN SOILS OF SANTA CATARINA**

AUTHOR: Manuela Testa  
ADVISER: Dilmar Baretta  
Chapecó, February 28 2018

The lesser mealworm are resistant to the active principles present in commercial products, and their interaction with the poultry litter should be studied, since the main destination of the litter is its use as an organic fertilizer. The objective of this study was to evaluate if the essential oil of *Cinnamomum zeylanicum* is able to reduce infestations of *A. diaperinus* under experimental conditions without causing toxicity to broiler chicks exposed to litter treated with insecticides and if this litter presents toxic effect to organisms indicating quality from soil. This work was divided in two stages, the first consisted of the evaluation of the potential as insecticide of the essential oil of *C. zeylanicum*, where the design was completely randomized, with four replications, being the treatments: solvent control using the diluent Dimethyl Sulfoxide at 5 % (oil diluent); Chemical control using 5 mg m<sup>-2</sup> Cypermethrin; Essential oil of *C. zeylanicum* at 5% with only one spray; and *C. zeylanicum* essential oil at 5% with two sprays. Each experimental unit was infested with 150 lesser mealworm adults and five broiler chicks. At 15 days of the broiler chick's life, blood was collected for biochemical analysis, as well as liver fragments for histopathological analysis. Using *TupeTrap* devices, we counted lesser mealworm 40 days after treatment. For the second stage, ecotoxicological tests were carried out, three collections of poultry litter contaminated with insecticides were carried out and the tests carried out on two natural soils, the Oxisol and the Entisol. The breeding test was carried out with the following soil quality indicator organisms, *Folsomia candida* and *Enchytraeus crypticus*. The doses defined for the Oxisol were 0; 5; 10; 20; 30; 40; 60 t ha<sup>-1</sup> of poultry litter and for the Entisol were 0; 10; 20; 40; 60; 80; 100 t ha<sup>-1</sup> poultry litter. Treatments performed in the poultry litter to control *A. diaperinus* did not cause changes in biochemical variables and did not cause histopathological lesions. The treatments with 5% *C. zeylanicum* essential oil with one and two sprays were efficient in the reduction of the infestation of lesser mealworm compared to the solvent control. Cypermethrin treatment was not effective in controlling *A. diaperinus* infestation. In the ecotoxicological tests for both organisms evaluated was observed an effect by the increase of the doses of poultry litter, being the enchytraeid more resistant, presenting stimulus of the reproduction for the tests realized in the Entisol. The tests performed in the Oxisol presented more toxic results for both evaluated organisms. The comparison between the times of collection of the poultry litter pointed to greater persistence of the cypermethrin applied in the litter, for both soils. This information may aid in research to find alternative insecticides, with effective pest control molecules that do not present toxic effects to non-target organisms, contributing to better management of organic wastes.

**Keywords:** Poultry farming, lesser mealworm, alternative control, environmental assessment, *Folsomia candida*, *Enchytraeus crypticus*.

## SUMÁRIO

1. CAPITULO I.....	13
1.1. REVISÃO DE LITERATURA.....	13
1.1.1. Avicultura no Brasil .....	13
1.1.2. O cascudinho e seu controle .....	14
1.1.3. O inseticida cipermetrina.....	16
1.1.4. Inseticidas e meio ambiente.....	17
1.1.5. Óleos essenciais no controle de cascudinho .....	18
1.1.6. Óleo essencial de canela ( <i>C. zeylanicum</i> ) .....	19
1.1.7. Organismos indicadores de qualidade do solo .....	20
1.1.8. Ecotoxicologia terrestre como ferramenta de avaliação ambiental .....	21
2. CAPÍTULO II.....	23
2.1 ARTIGO I - <i>Cinnamomum zeylanicum</i> Essential Oil Reduces Infestation by <i>Alphitobius diaperinus</i> in Poultry Litter.....	24
ABSTRACT .....	24
INTRODUCTION .....	26
MATERIAL AND METHODS.....	27
RESULTS .....	30
DISCUSSION.....	30
CONCLUSIONS .....	33
REFERENCES .....	33
2.2 MANUSCRITO I - Toxicidade da cama de aves contaminada com inseticidas usados no controle de cascudinhos em <i>Folsomia candida</i> .....	41
RESUMO .....	41
ABSTRACT .....	42
INTRODUÇÃO.....	42
MATERIAL E MÉTODOS.....	44
RESULTADOS .....	47
DISCUSSÃO .....	49
CONCLUSÕES .....	54
REFERÊNCIAS .....	54
2.3 MANUSCRITO II - Avaliação ecotoxicológica da cama de aves na reprodução de <i>Enchytraeus crypticus</i> em solos de Santa Catarina .....	70
RESUMO .....	70
ABSTRACT .....	71
INTRODUÇÃO.....	71

MATERIAL E MÉTODOS.....	73
RESULTADOS .....	76
DISCUSSÃO.....	77
CONCLUSÕES.....	79
REFERÊNCIAS .....	80
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	93
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	94
5. ANEXOS.....	103

## 1. CAPÍTULO I

### 1.1. REVISÃO DE LITERATURA

#### 1.1.1. Avicultura no Brasil

O setor agropecuário brasileiro apresenta uma cadeia de produção eficiente e tecnológica, sendo conhecido mundialmente por seu rigor no sistema de fiscalização e produção; principalmente, no que se refere à produção animal. A cadeia de produção animal brasileira atende grande parte do mercado global, seja com a exportação de proteína animal *in natura* ou processada; onde, no ano de 2016 produziu 24 mil toneladas, sendo que Santa Catarina teve participação de 13% do total produzido (IBGE, 2017). O estado é responsável pela maior produção de carne suína no país e ocupa o segundo lugar na produção de carne de frangos, com pouca participação no setor da carne bovina (IBGE, 2017).

De acordo com as projeções da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), o setor avícola brasileiro deverá ser capaz de atender à crescente demanda mundial e suas exportações devem continuar expandindo (OCDE – FAO, 2015), uma vez que a carne de frango ocupa o segundo lugar no consumo mundial, com o seu ciclo produtivo que favorece a produção em larga escala (ARANDA et al., 2017) e o Brasil ocupando a primeira posição do ranking mundial de países exportadores de proteína de aves (ABPA, 2017).

Em 2016 foram abatidos em Santa Catarina 870,7 milhões de frangos, com participação do estado na produção nacional de frangos de corte de 14,9% no número de animais abatidos e de 16,0% na produção de carne (CEPA, 2017). O estado de Santa Catarina se destaca também nas exportações brasileiras de carne de frango, ocupando a 2ª colocação no ranking nacional onde, no 1º bimestre de 2017, o aumento foi de 3,7% em quantidade e 22,5% em valor, comparativamente ao 1º bimestre de 2016 (CEPA, 2017).

Com estas projeções de crescimento na produção e com o Brasil ocupando posições de destaque em âmbito mundial, cada vez mais as empresas integradoras buscam aperfeiçoar e tecnificar os galpões de produção. No entanto, alguns desafios permanecem, entre eles estão os problemas de pragas associados ao *Alphitobius diaperinus* (Panzer)

(Coleoptera: Tenebrionidae), popularmente conhecido como cascudinho (RUEDA e AXTELL, 1997; PRADO et al., 2013). No decorrer dos anos o período de vazio sanitário entre lotes foi reduzido e o número de lotes alojados na mesma cama aumentou. Estes fatores associados propiciam o aumento do conteúdo de material orgânico na cama de aves, mantendo um habitat ideal para a proliferação dos cascudinhos (SILVA et al., 2001; UEMURA et al., 2008; WOLF et al., 2014; 2015).

### 1.1.2. O cascudinho e seu controle

O *A. diaperinus* popularmente conhecido como cascudinho, é frequentemente encontrado na cama dos galpões avícolas em todo o mundo e é considerado uma das principais pragas da avicultura, acarretando em grandes estragos no sistema de produção. Dentre os danos causados pela infestação do inseto, inclui-se a morte dos pintainhos, pois na busca por alimento o inseto perfura a pele da base das patas se alimentando do exsudato sanguíneo da ave (WOJCIEHOVSKI et al., 2015).

Esta espécie serve como vetor de vários patógenos importantes que acometem as aves no período de produção, tais como *Salmonella* sp., *Proteus vulgaris*, *P. mirabilis*, *Enterobacter agglomerans*, *E. gergoviae*, *E. sakasaki*, *Citrobacter diversus*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* e *Clostridium perfringens* (SILVA et al., 2005; SEGABINAZI et al., 2005; VITTORI et al., 2006; CHERNAKI-LEFFER et al., 2011; PRADO et al., 2013); sendo que os principais danos relacionados à infestação refere-se à diminuição no ganho de peso diário e aumento na conversão alimentar (HAMM et al., 2006). Além de reduzir os índices zootécnicos, quando as aves se alimentam dos cascudinhos aumenta a chance de ocorrer lesões do trato digestivo superior, podendo causar mortalidade dos pintainhos (WOLF et al., 2014), acarretando também na contaminação das carcaças durante a extração do papo e da moela no processamento das mesmas no frigorífico (WOJCIEHOVSKI et al., 2015). Outro ponto importante que deve ser levado em consideração é que o comportamento de ciscar das aves torna o animal mais suscetível à irritação do trato respiratório (WOLF et al., 2014).

Uma forma de acompanhar o estado fisiológico das aves é através de exames bioquímicos séricos. As concentrações de alguns compostos no sangue refletem a capacidade do organismo em manter o equilíbrio durante alguns processos metabólicos, deste modo, os parâmetros bioquímicos são indicadores do estado fisiológico dos animais (CARDOSO e TESSARI, 2003). Os constituintes bioquímicos do sangue refletem as

condições de saúde dos animais, sendo influenciada por diversos fatores, como tipo de nutrição, clima e manejo. Desta forma, a determinação destes parâmetros deve ocorrer nas condições que o animal foi mantido (MINAFRA et al., 2010), podendo auxiliar na caracterização dos danos causados por diversos patógenos e parasitas, entre eles o cascudinho. A análise de eletrólitos e diferentes enzimas no soro sanguíneo oferecem informações valiosas para o diagnóstico de uma série de condições mórbidas (LEHNINGER et al., 2002).

Além dos danos citados nas aves, os cascudinhos causam danos às instalações avícolas, pois as larvas destroem as cortinas de isolamento usadas para proteção térmica das aves, prejudicando o ambiente e o conforto das mesmas, que irão ter um maior gasto energético com a regulação para se manter em conforto térmico, diminuindo o ganho de peso (SILVA et al., 2005; ALVES et al., 2006; OVIEDO-RONDÓN, 2008; JAPP et al., 2010; JACOMINI et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2016). O controle do *A. diaperinus* não é eficiente e é considerado difícil, pois, este inseto tem poucos predadores naturais, e os métodos de controle biológico e químico são ineficientes, já que aviários propiciam um ambiente ideal para a procriação destes organismos, que inclui a elevada quantidade de material orgânico com alta temperatura, umidade e abrigos nas instalações (JAPP et al., 2010). Além disso, o cascudinho apresenta comportamento de fuga e críptico (SZCZEPANIK et al., 2018), que consiste em um mecanismo de defesa encontrado na natureza, caracterizado por um animal que apresenta semelhança visual com o seu habitat (ALVES et al., 2004).

O manejo de retirar a cama dos aviários como tentativa de eliminar os cascudinhos é realizado pelos avicultores, mas, principalmente, serve como fonte de dispersão e reinfestação do mesmo (CALIBEO-HAYES et al., 2005). Para seu controle, o tratamento mais utilizado é o químico, com a aplicação de inseticidas a base de piretróides e organofosforados (DIAS et al., 2013). Este tipo de controle químico é muitas vezes preventivo (OLIVEIRA et al., 2014), sendo realizado durante o vazio sanitário como estratégia mais rentável a curto prazo para os produtores de frangos de corte (OLIVEIRA et al., 2016). Além disso, o uso de um mesmo inseticida com doses superiores à recomendada em período prolongado pode resultar na seleção de insetos resistentes (JAPP et al., 2010; CHERNAKI-LEFFER et al., 2011).

A utilização destes compostos pode deixar resíduos nas carcaças e muito dos produtos comerciais apresentam baixa efetividade no controle do cascudinho, pois os organismos alvo desenvolveram resistência ao princípio ativo do produto, e estes

produtos, na sua maioria são prejudiciais ao meio ambiente se utilizados sem controle adequado de doses (ALVES et al., 2010; SINGH; JOHNSON, 2015). Outra variável relacionada à eficiência do tratamento químico são as formas de aplicação e o estágio de desenvolvimento do inseto (CHERNAKI-LEFFER et al., 2012).

Para superar esses problemas, pesquisas estão sendo desenvolvidas à procura de novas soluções, e uma delas é o uso de substâncias de origem vegetal (SZCZEPANIK et al., 2018), que são de fácil obtenção, com rápida degradação e sem risco de resíduos na carcaça (PRADO et al., 2013; VOLPATO et al., 2016a; JACOMINI et al., 2016), podendo apresentar-se como alternativas ao controle dos cascudinhos.

### **1.1.3 O inseticida cipermetrina**

A aplicação de inseticidas piretróides para o controle de *A. diaperinus* é a prática mais comumente adotada pela indústria avícola em todo o mundo. A cipermetrina é um inseticida sintético da classe dos piretróides, utilizado no controle dos ectoparasitas que infestam bovinos, ovinos, aves e alguns animais de companhia (VELISEK et al., 2006; ALVES et al., 2010).

Os inseticidas piretróides sofrem rápida degradação após a sua aplicação em ambientes externos, devido à luz, calor e microrganismos, agindo nos insetos com rapidez, causando sua paralisia imediata e mortalidade (SANTOS et al., 2007). Alguns piretróides causam alterações bioquímicas, fisiológicas e também induzem modulações hematológicas (ATAMANALP et al., 2002). Os efeitos sistêmicos da cipermetrina são direcionados ao sistema nervoso inibindo a ação da acetilcolinesterase (EATON et al., 2008), podendo causar também mutações genéticas, distúrbios imunológicos e estresse oxidativo resultante da exposição a este composto químico (IDRISET al., 2012; OKDA et al., 2017).

Vários pesquisadores relataram a baixa efetividade dos produtos comerciais à base de cipermetrina no controle do *A. diaperinus* (LAMBKIN, 2005; HAMM et al., 2006; CHERNAKI-LEFFER et al., 2011; DIAS et al., 2013; LAMBKIN e FURLONG, 2014; SINGH e JOHNSON, 2015), efeito que pode estar ligado a resistência dos organismos à cipermetrina. Outro fator importante que deve ser levado em consideração é que a forma e momento da aplicação dos inseticidas afeta a sua ação, pois a alcalinidade da cama pode promover a desestabilização do princípio ativo dos produtos utilizados no manejo de controle do *A. diaperinus* (GEDEN et al., 1998).



Os principais efeitos negativos relacionado ao uso intensivo de inseticidas é a sua ação sobre organismos não alvo (ZORZENON et al., 2003) e os inseticidas a base de piretróides incluindo a cipermetrina, são um dos compostos mais poluentes nos ecossistemas (HADI e YASSIN, 2016). Em relação à cipermetrina existem poucas informações disponíveis a respeito dos efeitos no ambiente (MONTANHA e PIMPÃO, 2012), sendo conhecida como uma droga capaz de causar efeitos ecotoxicológicos, afetando negativamente indicadores biológicos da fauna do solo (ZORTÉA et al., 2015).

#### **1.1.4 Inseticidas e meio ambiente**

Juntamente com o aumento da produção avícola ocorre um aumento da geração de cama de aves, o que tem sido motivo de preocupação em relação ao impacto ambiental, sendo necessário pensar em alternativas de manejo para este resíduo. O principal destino da cama de aves é o seu uso na adubação orgânica de áreas agrícolas, sendo uma prática desejável por se tratar de um recurso interno da propriedade, rico em nutrientes (MIERZWA-HERSZTEK et al., 2016). No entanto, tal alternativa deve ser utilizada de forma consciente respeitando as indicações dos órgãos ambientais, pois, se trata de um material que contém alguns compostos tóxicos que podem poluir o solo e a água (AGYARKO-MINTAH et al., 2017).

A cama de aves é composta por excretas, maravalha, penas e resíduos do processo de produção, tais como ração e produtos utilizados no manejo do lote. Um dos principais manejos realizados na cama é o controle de *A. diaperinus*, que para tal são utilizados produtos inseticidas, na sua maioria a base de piretróides e os componentes destes produtos aplicados podem deixar resíduos na cama de aves. Os efeitos tóxicos dos piretróides não se restringem aos organismos alvo, a toxicidade também é exercida sobre organismos que detêm de funções importantes para o equilíbrio dos ecossistemas (CARVALHO, 2017). No meio ambiente, os piretróides, assim como outros praguicidas, contaminam o ar, a terra e a água provocando efeitos adversos que atingem toda a cadeia produtiva, tornando-se um importante material de estudo ecotoxicológico (ZORTÉA et al., 2015).

Vários inseticidas foram proibidos de circular no mercado por apresentarem na sua composição, compostos químicos persistentes e bioacumuláveis, sendo substituídos por produtos químicos menos bioacumulativos. Esta prática vem sendo estimulada com o intuito de reduzir a toxicidade de resíduos químicos presentes nos alimentos, bem como

reduzir o acúmulo de produtos químicos no meio ambiente e sua toxicidade para a biota do solo (OLIVEIRA et al., 2016; CARVALHO, 2017). De fato, a proibição de compostos persistentes na agricultura diminuiu a aplicação de alguns inseticidas em muitas regiões, mas não foi o fim das preocupações sobre os efeitos tóxicos desses compostos, pois os solos são os principais reservatórios de compostos químicos persistentes (CARVALHO, 2017). Desta forma, estudos de campo ou laboratório conduzidos sobre condições experimentais controlada, utilizando organismos e considerando o padrão de excreção do composto original e seus metabólitos, são de grande importância para prever o impacto da utilização destes compostos no ambiente (SLANA et al., 2017).

### 1.1.5 Óleos essenciais no controle de cascudinho

Atualmente, existe um grande interesse no uso de extratos de plantas como alternativa aos inseticidas químicos para controle de pragas naturais. Diversas plantas possuem uma gama de compostos secundários, que possuem função ecológica causando repelência contra animais herbívoros, mosquitos e outros artrópodes (BALANDRIN et al., 1985). Os óleos essenciais isolados de muitas espécies de plantas apresentam ampla atividade antimicrobiana, antifúngica e inseticida, além de serem utilizados como compostos alternativos para os antibióticos e inseticidas sintéticos atualmente utilizados (NERIO et al., 2010; SZCZEPANIK et al., 2018).

Muitas moléculas de plantas são eficazes contra estirpes de organismos sensíveis a produtos químicos, bem como os resistentes a eles (RAUT e KARUPPAYIL, 2014), podendo ter efeitos inseticidas agudos e crônicos além de ação repelente (VILANI et al., 2017). Os óleos essenciais de plantas como *Azadirachta indica*, *Cymbopogon*, *Artemisia vulgaris*, *Cinnamomum zeylanicum*, *Origanum vulgare* e *Melaleuca alternifolia* podem ser usados contra diversas pragas e doenças, uma vez que, ao contrário dos inseticidas convencionais, não apresentam efeitos nocivos sobre a saúde humana e baixo impacto para o meio ambiente (KOUL et al., 2008).

Os modos de ação dos óleos essenciais incluem a interrupção das funções fisiológicas do sistema GABAérgico (TONG e COATS, 2012), principal neurotransmissor inibitório do sistema nervoso central e sistema aminérgico (ENAN, 2001; 2005), bem como a inibição das ações da acetilcolinesterase (RYAN e BYRNE, 1975; LÓPEZ e PASCUAL-VILLALOBOS, 2010) no sistema nervoso do inseto. Os produtos com origens naturais são considerados bons candidatos à substituição dos tratamentos comumente utilizados, porque são eficazes contra uma grande variedade de insetos e

microrganismos (MARQUES et al., 2013; PRADO et al., 2013), com baixa toxicidade e mais degradáveis (VOLPATO et al., 2016a).

### 1.1.6 Óleo essencial de canela (*C. zeylanicum*)

O *C. zeylanicum* (canela) é uma espécie popularmente encontrada no mundo todo, sendo conhecida como canela e utilizada como especiaria. Pertence à família Lauraceae, e apresenta boas qualidades sensoriais como levemente doce, quente e amargo, além de ser fortemente aromática (BARROS et al., 2016). Os óleos essenciais de *C. zeylanicum* são produtos destilados provenientes da casca, folhas, flores ou brotos e a composição química destes óleos pode variar de acordo com a parte da planta utilizada para o processo de destilação (FREIRE et al., 2011).

O óleo essencial extraído da casca do *C. zeylanicum* apresenta diversos efeitos biológicos como analgésicos, antissépticos, adstringentes, homeostáticos, antibacteriano, antifúngico, repelente, antiparasitário e inseticida (CHENG et al., 2006; MOREIRA et al., 2007; BASSOLÉ e JULIANI, 2012; VOLPATO et al., 2016a), características estas atribuídas aos seus constituintes químicos, que incluem os monoterpenóides, linalol, cinamaldeído, eugenol e metil eugenol. Os monoterpenóides encontrados nos óleos essenciais extraídos de plantas apresentam ação inseticida agindo no sistema nervoso central dos insetos, o que prejudica seu desenvolvimento (CORRÊA e SALGADO, 2011; TONG e COAST, 2012). Os componentes mais ativos encontrados no óleo essencial de *C. zeylanicum* é o cinamaldeído, o linalol e o metil eugenol, caracterizados como responsáveis pela ação de repelência do óleo (SINGH et al., 2007).

Segundo Volpato et al. (2016a), o óleo essencial de *C. zeylanicum* pode ser considerado um produto natural promissor para controle de *A. diaperinus*. A avaliação da ação inseticida do óleo essencial de *C. zeylanicum* também foi avaliado por Correa et al. (2015), mostrando que este óleo tem potencial para o controle de *Sitophilus zeamais*, que são insetos resistentes à inseticidas tradicionais e ainda utilizam mecanismos fisiológicos e comportamentais para inibir as ações do óleo. Outros efeitos do óleo essencial de *C. zeylanicum* têm sido reportados na literatura, como acaricida e fungicida (CHENG et al., 2006; MONDAL e KHALEQUZZAMAN, 2010; MDOE et al., 2014; SANTOS et al., 2017), além do seu efeito inseticida.

### 1.1.7 Organismos indicadores de qualidade do solo

Os organismos da fauna edáfica são responsáveis por funções de extrema importância para o equilíbrio do ecossistema, as quais envolve a ciclagem de nutrientes, decomposição da matéria orgânica, controle da proliferação de fungos, além de manter o equilíbrio das características físico-químicas dos solos. O potencial ecotoxicológico de compostos químicos devem ser avaliados em estudos de efeitos ambientais em organismos não alvo pertencentes à fauna do solo (SLANA et al., 2017), e de papel importante para a manutenção dos serviços ecossistêmicos. Nestes estudos são utilizados organismos indicadores, que em função de suas características, apresentam um limite de tolerância ecológica muito pequena, assim, quando expostos a determinados contaminantes são capazes de apresentar alguma alteração fisiológica, morfológica ou comportamental (MAGALHÃES e FERRÃO FILHO, 2008).

Os organismos que habitam o solo são sensíveis às modificações que ocorrem no meio, sendo utilizados na investigação do efeito de agentes estressores e servindo de suporte as determinações de possíveis riscos ecológicos (BARETTA et al., 2010). A perda de funções ecológicas pode ser revelada por indicadores de qualidade do solo, que podem ser usados para monitorar o efeito do impacto de um manejo, distúrbio ou ação sobre os organismos do solo (VASCONCELLOS et al., 2013).

Sabe-se que invertebrados terrestres são organismos não alvo, com um papel importante na manutenção da qualidade do solo e podem ser afetados pela presença de contaminantes (USEPA, 1998). A literatura descreve a utilização de diversas espécies e grupos de organismos classificados como bioindicadores de qualidade do solo tais como: colêmbolos, minhocas, ácaros, isópodos, diplópodos, entre outros (NIEMEYER et al., 2009; BARETTA et al., 2010; SEGAT et al., 2015; ZORTÉA et al., 2015; MACCARI et al., 2016; ZORTÉA et al., 2017a), capazes de detectar impactos ambientais sobre o mesmo. Os colêmbolos e os enquitreídeos destacam-se como organismos usados nos testes ecotoxicológicos por serem sensíveis a alterações ambientais e com potencial para serem utilizados como bioindicadores em testes com resíduos (GREENSLADE e VAUGHAN 2003; CASTRO-FERREIRA et al., 2012).

Além disso, desempenham um importante papel na mineralização da matéria orgânica do solo, nos processos de decomposição, bioturbação e ciclagem de nutrientes (JÄNSCH, 2005; DIDDEN e RÖMBKE, 2001). Ao realizar ensaios avaliando a condição destas comunidades no meio, os dados obtidos facilitam as tomadas de decisões sobre qual a melhor maneira de estimular o processo de recuperação do ecossistema através do

monitoramento do solo (VASCONCELLOS et al., 2013) e ajudam a determinar o impacto da utilização de resíduos sobre essas comunidades que nele habitam.

### **1.1.8 Ecotoxicologia terrestre como ferramenta de avaliação ambiental**

A ecotoxicologia terrestre é uma ciência relativamente nova, cujo maior desenvolvimento científico se deu a partir da década de 90, se concentrando na Europa, Estados Unidos e Canadá (ZAGATTO e BERTOLETTI, 2008), e possibilita a compreensão dos efeitos em curto e longo prazo de substâncias químicas sobre os ecossistemas edáficos, por meio da observação dos efeitos de xenobióticos nos organismos terrestres com o objetivo de proteger o funcionamento e a estrutura desses ecossistemas (ANDRÉA, 2012).

É uma ferramenta utilizada para analisar ambientes contaminados, tornando-se cada vez mais importante, auxiliando na interpretação de análises de risco, detectando os efeitos aditivos, antagonísticos e sinérgicos dos contaminantes sob os organismos bioindicadores de qualidade do solo (ALVES et al., 2015, SEGAT et al., 2015). Seu impacto geralmente é mensurado através da avaliação das concentrações que possam causar efeito crônico ou agudo utilizando diversos organismos, dentre os quais estão os colêmbolos (MACCARI et al., 2016), as minhocas (GROTH et al., 2016), os enquitreídeos (CASTRO-FERREIRA et al., 2012), os isópodos (NIEMEYER et al., 2009), além de ácaros (CHELINHO et al., 2013).

Os resultados obtidos a partir de testes ecotoxicológicos indicam o efeito da fração biodisponível dos contaminantes, complementando as análises químicas tradicionais (CESAR et al., 2014). Desta maneira é importante que qualquer método de monitoramento seja padronizado e baseado em sistemas ecológicos bem estabelecidos visto que os resultados das avaliações podem ter implicações legais em diversos países (RÖMBKE et al., 2006), o que torna necessário que os testes devam ser realizados de acordo com a padronização internacional das diretrizes (LIESS e BEKETOV, 2011; HOKE et al., 2016).

Já existem relatos na literatura dos efeitos tóxicos da cipermetrina em ambientes aquáticos (SANTOS et al., 2007; MONTANHA e PIMPÃO, 2012), já para a fauna edáfica são poucos os dados encontrados. Em um estudo realizado por ZORTÉA et al. (2015), foi encontrado toxidez em todas as doses de cipermetrina aplicada diretamente no solo mas, os autores ressaltam a importância de se realizar ensaios ecotoxicológicos

avaliando o efeito deste produto após a sua aplicação na cama de aves, que por fim, tem como destino o solo no manejo de adubação. A ecotoxicologia também é utilizada para avaliar novos produtos que estão em fase de pesquisa ou que estão inseridos no mercado, como os inseticidas a base de óleos vegetais e estes apresentam resultados satisfatórios com baixa ou até nula toxicidade aos organismos da fauna edáfica, como no caso do óleo essencial de andiroba e de copaíba (ZORTÉA et al., 2017b), do óleo essencial de canela (VOLPATO et al., 2016a) e do óleo essencial de melaleuca (VOLPATO et al., 2016b).

## 2. CAPÍTULO II

### ARTIGOS e MANUSCRITOS

Os resultados desta dissertação são apresentados na forma de um artigo publicado na Revista Acta Scientiae Veterinariae (Artigo I) e mais dois Manuscritos prévios, com sua formatação de acordo com as orientações das revistas aos quais serão submetidos:

O Artigo I está publicado e formatado conforme normas da Revista Acta Scientiae Veterinariae (ANEXO I)

#### **ARTIGO I – *Cinnamomum zeylanicum* Essential Oil Reduces Infestation by *Alphitobius diaperinus* in Poultry Litter**

Os Manuscritos I e II estão formatados conforme as normas da Revista Brasileira de Ciência do Solo.

#### **MANUSCRITO I - Toxicidade da cama de aves contaminada com inseticidas usados no controle de cascudinhos em *Folsomia candida***

#### **MANUSCRITO II - Avaliação ecotoxicológica da cama de aves na reprodução de *Enchytraeus crypticus* em solos de Santa Catarina**

## 2.1 ARTIGO I

**De acordo com as normas: Acta Scientiae Veterinariae**

***Cinnamomum zeylanicum* Essential Oil Reduces Infestation by *Alphitobius diaperinus* in Poultry Litter**

Manuela Testa<sup>1</sup>, Julia Corá Segat<sup>1</sup>, Rafael Alan Baggio<sup>1</sup>, Gabriela Miotto Galli<sup>1</sup>,  
Carolina Riviera Duarte Maluche Baretta<sup>2</sup>, Ricardo Evandro Mendes<sup>3</sup>, Aleksandro  
Schafer da Silva<sup>1</sup> & Dilmar Baretta<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Departament and Graduate Program of Animal Science, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Chapecó, Santa Catarina, Brazil. <sup>2</sup>Department of Exact and Environmental Sciences, Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ), Chapecó, Santa Catarina, Brazil. <sup>3</sup>Laboratory of Animal Pathology, Instituto Federal Catarinense (IFC), Concórdia, Santa Catarina, Brazil.  
CORRESPONDENCE: D. Baretta [dilmar.baretta@udesc.br – Tel +55 (49) 2049- 9537].  
Departamento de Zootecnia, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Rua Beloni Trombeta Zanini n. 680E, Bairro Santo Antônio, CEP 89815-630. Chapecó, SC, Brazil.

### ABSTRACT

**Background:** Even though insecticides are managed and the period of sanitary emptiness in poultry is respected, the elimination of *Alphitobius diaperinus* may not be successful. The use of essential oils of plant origin presents as a good alternative in the substitution of insecticides with synthetic molecules, since they are easy to obtain, with rapid degradation and without risk of residues for non-target organisms. The main objective of the present study was to examine whether *Cinnamomum zeylanicum* oil reduces



*Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae) (Panzer) infestations under experimental conditions, without causing toxicity to broilers chicks exposed to treated litter.

**Material, Methods & Results:** The experimental design was completely randomized, with four replications per treatment. The treatments were as follows: solvent control using the diluent Dimethyl Sulfoxide 5% (oil diluent); chemical control using 5 g/m<sup>2</sup> cypermethrin; one spray of *C. zeylanicum* 5% oil; and two sprays of *C. zeylanicum* 5% oil. Each experimental unit was infested with 150 lesser mealworm adults. At 15 days of the broiler chick's life, blood was collected for biochemical analysis (alanine aminotransferase, aspartate aminotransferase, alkaline phosphatase, total protein, albumin, globulin, triglycerides and uric acid), and liver fragments were isolated for histopathological analysis. Using *TupeTrap* devices, we counted lesser mealworm 40 days after treatment. The treatments did not alter biochemical variables and did not cause histopathological lesions in liver. The treatments with *C. zeylanicum* 5% oil with one and two sprays efficiently reduced lesser mealworm infestation compared with solvent control. Cypermethrin treatment had no effect.

**Discussion:** Many of the commercial products present low effectiveness in the control of *A. diaperinus*, since the target organisms develop resistance to the product. In the present study, we used a higher cypermethrin dose than that recommended by the manufacturer, in order to increase efficacy in the face of possible resistance. Even so, cypermethrin did not efficiently control the organism. The effectiveness of the essential oil of *C. zeylanicum* tested can be attributed to the compounds found in greater quantity in the oil composition, such as cinnamaldehyde (41.27%), linalool (13.05%) and methyl eugenol (10, 87%), characterized as responsible for the action of oil repellency. Monoterpenoid compounds found in essential oils extracted from plants have insecticidal action acting on the central

nervous system of insects, which impairs their development, being characterized as neurotoxic compounds. The results found with the essential oil of *C. zeylanicum* are of great importance, since the control of *A. diaperinus* is not efficient because this organism has behavior that favors reinfestation in the poultry houses, such as shelter in cracks, in the draperies, below the feeders and in the soil. The biochemical analyzes of the blood can be important tools to assist in the monitoring of broilers health, in the diagnosis and treatment of diseases, and therefore the results presented are of great importance since they assist in the search for alternative methods for the control of *A. diaperinus*, where we can affirm that the essential oil of *C. zeylanicum* does not cause toxicity to broilers. Based on these results we can affirm that essential oil of *C. zeylanicum*, 5%, is an effective substitute for existing commercially-available insecticides.

**Keywords:** alternative control, cinnamon oil, insecticide, lesser mealworm.

## INTRODUCTION

The lesser mealworm (*A. diaperinus*) is a major nuisance in poultry farming, disrupting the production chain, causing reductions in broilers weight gain, depreciating the value of facilities, and acting as disease vectors for pathogens such as fungi, viruses and bacteria [5]. Considered a difficult-to-manage pest, lesser mealworms are often treated with pyrethroid insecticides, such as cypermethrin, and organophosphates such as chlorpyrifos [19].

Currently, there is a great interest in the use of plant extracts to control natural pests, as alternatives to commercially-available insecticides. Among them, cinnamon essential oil (*C. zeylanicum*) stands out for its biological effects in analgesics, antiseptics, astringents, homeostatics, antibacterials, antifungals, repellents, antiparasitics, and

insecticides [4, 2, 27]. These attributes are due to their chemical constituents, including cinnamaldehyde [24].

Recently, studies have highlighted the efficiency of alternative treatments for pest and parasite control in animal production that have no effects on non-target organisms [27, 14]. Based on these results, we carried out the present study to examine whether *C. zeylanicum* oil can reduce infestations by *A. diaperinus* under experimental conditions: that is, whether we could reduce lesser mealworm infestation in broilers chicks and poultry litter without causing toxicity to the animals.

## MATERIAL AND METHODS

### *Cinnamomum zeylanicum* and cypermethrin

The *C. zeylanicum* oil used has a composition as previously described by Volpato *et al.* [27]. Cypermethrin was also purchased commercially in a flask containing 20 g of cypermethrin in 100 ml of the product. It was used as a chemical control.

### *Poultry litter and Alphetobius diaperinus*

The poultry litter used was from an experimental shed, located on the western campus of the State University of Santa Catarina (UDESC), using pine wood (*Pinus elliottii*) as an absorbent substrate for broilers excreta. There were six lots, each used for up of 45 days. After collection, poultry litter was composted with the objective of simulating the type of management carried out on rural properties: the bed was wrapped in layers and covered by black tarpaulin for 7 days.

After this process, the litter was distributed to the boxes with dimensions of 0.035 m<sup>3</sup> (experimental unit), simulating the poultry houses environment. One hundred fifty adult specimens of *A. diaperinus* were distributed in each experimental unit. The *A.*

*diaperinus* were collected in a property located in the western region of Santa Catarina/Brazil, and in the laboratory. They underwent a 30-day adaptation process under conditions that simulate their actual survival conditions (plastic containers with the same litter used in the experiment and later used in the experimental units).

### *Treatments*

The design was a completely randomized, with four replications per treatment. Litters containing *A. diaperinus* were sprayed, and after a grace period of five days, the chicks were transferred to the litters. The treatments were as follow: A) solvent control (5% dimethyl sulfoxide); B) chemical control, with cypermethrin at 5 g m<sup>-2</sup> [9]; C) one spray of *C. zeylanicum* essential oil 5%; and D) two sprays of 5% *C. zeylanicum* essential oil. The 5% dilution was chosen based on previously-reported results by Volpato *et al.* [27]. In treatment D, the second spray occurred on the 15th day after the first spray.

### *Animals, diet and management*

One hundred seventy eggs from Cobb laying hens were incubated, with the expectation of a 70% hatching ratio of males/females. After hatching the broilers were sexed and allocated to the experimental units. In each experimental unit, we allocated three males and two females, totaling 60 broilers chicks per day. The broilers received feed and water *ad libitum*, according to animal welfare regulations, with temperature and light controlled according to the requirements of the lineage. The experimental ration described in Table 1 was calculated to meet the broilers nutritional requirements. The litter was changed twice a day, water was changed whenever the drinking troughs were dirty, or when the temperature exceeded a level desirable for bird consumption. The feeders were filled whenever necessary.

### *Sample collection*

On the 25th day of the experiment, corresponding to day of life 15, all broilers were anesthetized with inhaled isoflurane (in an anesthetic chamber), followed by blood collection for biochemical analysis. Blood was placed in tubes without anticoagulant and centrifuged at 5600 g for 10 min. The serum was collected, stored in microtubes and frozen (-20°C) until analysis. Broilers chicks were then sacrificed by cervical dislocation. Liver tissue samples were collected (left and right lobes) for histopathological analysis.

Fifteen days after broilers removal (corresponding to the 40th day after starting the experiment), two *TupeTrap* devices were installed in each experimental unit to verify the effectiveness of the treatments in reducing *A. diaperinus* infestation. The trap was adapted from Safrit & Axtell [20], using a PVC pipe (3.8 cm in diameter and 12 cm in length) with cardboard twisted inside the barrel. The traps were left for 15 days, after which time they were removed and placed in labeled plastic bags. They were frozen in order to kill the collected organisms and to facilitate counting.

### *Serum biochemistry*

Alanine aminotransferase (ALT), aspartate aminotransferase (AST) and alkaline phosphatase (FA), as well as the levels of total proteins, albumin, uric acid and triglycerides were analyzed using commercial kits (Analisa®)<sup>1</sup>, and were read on a semi-automatic equipment (Bioplus 2000®)<sup>2</sup>. Serum globulin levels were calculated as total proteins - albumin.

### *Liver histopathology*

Liver histology was examined from in 3 mm sagittal sections fixed in 10% buffered formalin. Slides were stained with hematoxylin and eosin (H&E) for

histopathological analysis. They were evaluated by a pathologist who was blinded to treatment arm.

#### *Statistical analysis*

First, the data were submitted to the normality test. Those that did not present normality (beetle count, alkaline phosphatase and triglycerides) were transformed to logarithmic form ( $\log x$ ). Subsequently, the analysis of variance was performed, followed by the Tukey test ( $P < 0.05$ ).

## **RESULTS**

The amount of *A. diaperinus* collected in the *TupeTrap* traps were significantly different among groups ( $P < 0.05$ ), with the highest values in the control and cypermethrin treatments. There was a significant reduction of organisms in both treatments with *C. zeylanicum* oil (Figure 1).

Biochemical serum analysis of chicks exposed to cypermethrin and *C. zeylanicum* 5% oil are displayed in Table 2. ALT, AST, FA, total proteins, albumin, globulins, uric acid and triglycerides did not differ significantly ( $P < 0.05$ ) among treatments. On histopathological analysis, no cell lesion was observed regardless of treatment; observed cells maintained normal architecture.

## **DISCUSSION**

Many commercial products have low effectiveness in the control of *A. diaperinus*, since the target organism develops resistance [25]. This phenomenon was also described by Chernaki-Leffer et al. [6], who found high resistance of *A. diaperinus* to cypermethrin. Resistance to organophosphate insecticides and pyrethroids by *A. diaperinus* has been

reported frequently in the literature [6, 9, 12]. In the present study, we used a higher cypermethrin dose than that recommended by the manufacturer, in order to increase efficacy in the face of possible resistance. Even so, cypermethrin did not efficiently control the organism.

The mode and timing of insecticide application affects the action of the insecticide. For cypermethrin, cases of re-infestation are common. The use of higher doses of cypermethrin should be questioned, since in addition to its low effectiveness against *A. diaperinus*, cypermethrin causes ecotoxicological effects, negatively affecting biological markers in soil fauna [29]. Thus, it should be used with caution, in doses safe for the ecosystem. In addition to its environmental effects, cypermethrin causes toxic effects to broilers that may manifest as biochemical, histopathological [1] and/or clinico-hematological changes [23].

The insecticidal and larvicidal action of *C. zeylanicum* oil against *A. diaperinus* was first observed *in vitro* [27]. We confirmed this finding in an experiment simulating field conditions. The most active compounds found in the *C. zeylanicum* essential oil tested are cinnamaldehyde (41.27%), linalool (13.05%) and methyl eugenol (10.87%). These are credited as responsible for its repellent properties. Monoterpenoid compounds found in essential oils extracted from plants are insecticidal via their effects on the insect central nervous system, impairing their development [26]. As neurotoxic compounds [28], these agents interrupt the physiological functions of the GABAergic [26] and aminergic systems [10], as well as by inhibition of acetylcholinesterase [13].

Contrary to what was described in the literature [2], that *C. zeylanicum* oil is a repellent, in our study we observed insect mortality. This effect may have been potentiated by a combination of the 30 compounds found in *C. zeylanicum* oil combined with the organic matter present in the poultry litter. The insecticidal action of *C.*

*zeylanicum* oil was also evaluated [8], who showed that the oil controlled *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae), insects that are resistant to traditional insecticides and nevertheless use physiological and behavioral mechanisms to inhibit activity of the oil. The versatility of *C. zeylanicum* oil have been demonstrated in the literature, where it has been shown to work as an acaricide, and a fungicide, in addition to its insecticidal effect [4, 18, 17, 21].

Our results with *C. zeylanicum* oil are important because control of *A. diaperinus* tends to be inefficient. The organism's behavior favors re-infestation in poultry farming: they shelter in cracks, in drapery, below the feeders, and in the soil [7]. Most control treatments involve the use of chemical insecticides with short residual periods. Their use leads to merely temporary population reduction [16].

Data on other essential oils used for the management of *A. diaperinus* can be found in the literature; *C. zeylanicum* oil is currently unavailable on the market. In an experiment using a mix of various essential oils (*Ocimum basilicum* (Lamiales: Lamiaceae), *Carum carvi* (Apiales: Apiaceae), *Laurus nobilis* (Lurales: Lauraceae), *Citrus limon* (Sapindales: Rutaceae), *Origanum vulgare* (Lamiales: Lamiaceae), *Salvia officinalis* (Lamiales: Lamiaceae), and *Thymus vulgaris* (Lamiales: Lamiaceae)) investigators found no significant difference in serum biochemical variables among the treatments evaluated [11]. This result was similar that observed in our study. Serum biochemical analysis is an important tool to assist in the monitoring of broilers health, in the diagnosis and treatment of diseases, and animal health maintenance in general [22]. Our results are important because they contribute to the search for alternative methods of *A. diaperinus* control. We can affirm that *C. zeylanicum* oil is not toxic to broilers chicks.

The diagnosis of hepatic diseases in broilers is not a very simple practice, as there is not always a correlation between alteration in liver enzyme levels and liver toxicity



[15]. Variations in the serum levels the various enzymes in other studies may be related to the choice of commercial kit, the equipment used, the method of sampling, and methods of obtaining serum [3]. However, based on these data, we verified that none of the treatments were hepatotoxic.

## CONCLUSIONS

We can affirm that essential oil of *C. zeylanicum*, 5%, is an effective substitute for existing commercially-available insecticides. Its insecticidal properties were superior to those of cypermethrin in the control of *A. diaperinus*. It was not toxic to broilers chicks, even when used in poultry houses in which the broilers were housed.

## MANUFACTURERS

<sup>1</sup> Gold Analisa Diagnóstica. São Paulo, SP, Brazil.

<sup>2</sup> Bioplus Produtos para Laboratórios Ltda. Barueri, SP, Brasil.

**Ethical approval.** This experiment was approved by the Animal Ethics Commission of the State University of Santa Catarina (protocol number 8941181116).

**Declaration of interest.** The authors report no conflicts of interest. The authors alone are responsible for the content and writing of the paper.

## REFERENCES

**1 Aslam F., Khan A., Khan M.Z., Sharaf S., Gul S.T. & Saleemi M.K. 2010.** Toxicopathological changes induced by cypermethrin in broiler chicks: their attenuation

with vitamin E and selenium. *Experimental and Toxicologic Pathology*. 62: 441–450.

- 2 **Bassolé I.H.N. & Juliani, H.R. 2012.** Essential oils in combination and their antimicrobial properties. *Molecules*. 17: 3989–4006.
- 3 **Borsa A., Kohayagawa A., Boretti L.P., Saito M.E. & Kuibida K. 2006.** Níveis séricos de enzimas de função hepática em frangos de corte de criação industrial clinicamente saudáveis. *Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 58(4): 675-677.
- 4 **Cheng S.S., Liu J.Y., Hsui Y.R. & Chang S.T. 2006.** Chemical polymorphism and antifungal activity of essential oils from leaves of different provenances of indigenous cinnamon (*Cinnamomum osmophloeum*). *Bioresource Technology*. 97: 306–312.
- 5 **Chernaki-Leffer A.M., Ishizuca M.M., Balieiro J.C.C. & Gorniak S.L. 2012.** The laboratory efficacy of cypermethrin dust against lesser mealworm larvae and adults, *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 11(13): 2215-2219.
- 6 **Chernaki-Leffer A.M., Sosa-Gómez D.R., Almeida L.M. & Lopes I.O.N. 2011.** Susceptibility of *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera, Tenebrionidae) to cypermethrin, dichlorvos and triflumuron in southern Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*. 55(1): 125–128.
- 7 **Chernaki-Leffer A.M., Biesdorf S.M., Almeida L.M., Leffer E.V.B. & Vigne, F. 2002.** Isolamento de enterobactérias em *Alphitobius diaperinus* e na cama de aviários no oeste do estado do Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*. 4(3): 243-247.

- 8 Correa Y.D.C.G., Faroni L.R.A., Haddi K., Oliveira, E.E. & Pereira, E.J.G. 2015.** Locomotory and physiological responses induced by clove and cinnamon essential oils in the maize weevil *Sitophilus zeamais*. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 125: 31–37.
- 9 Dias D.A., Vargas A.B. & Almeida F.S. 2013.** Efeitos de dosagem mais concentrada de cipermetrina no controle de cascudinho (Coleoptera: Tenebrionidae) na avicultura. *Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais*. 11(4): 437-442.
- 10 Enan E.E. 2005.** Molecular and pharmacological analysis of an octopamine receptor from american cockroach and fruit fly in response to plant essential oils. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*. 59: 161–171.
- 11 Khattak F., Ronchi A., Castelli P. & Sparks, N. 2014.** Effects of natural blend of essential oil on growth performance, blood biochemistry, cecal morphology, and carcass quality of broiler chickens. *Poultry Science*. 93: 132-137.
- 12 Lambkin T.A. & Furlong M.J. 2014.** Application of Spinosad increases the susceptibility of insecticide-resistant *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae) to pyrethroids. *Journal of Economic Entomology*. 107(4): 1590-1598.
- 13 López M.D. & Pascual-Villalobos M.J. 2010.** Mode of inhibition of acetylcholinesterase by monoterpenoids and implications for pest control. *Industrial Crops and Products*. 31: 284–288.
- 14 Lopes L.Q.S., Santos C.G., Vaucher R.de.A., Raffin R.P., Da Silva A.S., Baretta D., Maccari A.P., Giombelli L.C.D.D., Volpato A., Arruda J., Scheeren C.A., Baldisserotto B. & Santos R.C.V. 2017.** Ecotoxicology of glycerol monolaurate nanocapsules. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 139: 73–77.

- 15 Lumeij J.T. & Westerhof I. 1987.** Blood chemistry for the diagnosis of hepatobiliary disease in birds. A review. *Veterinary Quarterly*. 9(3): 255-261.
- 16 Marques C.R.G., Mikami A.Y., Pissinati A., Piva L.B., Santos O.J.A.P. & Ventura M.U. 2013.** Mortalidade de *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae) por óleos de nim e citronela. *Semina: Ciências Agrárias*. 34(6): 2565-2574.
- 17 Mdoe F.P., Cheng S.S., Msangi S., Nkwengulila G., Chang S.T. & Kweka E.J. 2014.** Activity of *Cinnamomum osmophloeum* leaf essential oil against *Anopheles gambiae* s.s. *Parasites & Vectors*. 7: 209.
- 18 Mondal M. & Khalequzzaman M. 2010.** Toxicity of naturally occurring compounds of plant essential oil against *Tribolium castaneum* (Herbst). *The Journal of Biological Sciences*. 10(1): 10–17.
- 19 Oliveira D.G.P., Cardoso R.R., Mamprim A.P. & Angeli L.F. 2016.** Laboratory and field evaluation of a cypermethrin based insecticide for the control of *Alphitobius diaperinus* Panzer (Coleoptera: Tenebrionidae) and its in-vitro effects on *Beauveria Bassiana* Bals. Vuill. (Hypocreales: Cordycipitaceae). *Brazilian Journal of Poultry Science*. 18: 371-380.
- 20 Safrit R.D. & Axtell R.C. 1984.** Evaluations of sampling methods for darkling beetles (*Alphitobius diaperinus*) in the litter of turkey and broiler houses. *Poultry Science*. 6: 2368-2375.
- 21 Santos D.S.Dos., Boito J.P., Santos R.C.V., Quatrin P.M., Ourique A.F., Reis J.H.Dos., Geber T,R.R., Glombowsky P., Klauck V., Boligon A.A., Baldissera M.D. & Silva A.S. 2017.** Nanostructured cinnamon oil has the potential to control *Rhipicephalus microplus* ticks on cattle. *Experimental and Applied Acarology*. 73: 129-138.

- 22 Schmidt E.M.S., Locatelli-Dittrich R., Santin E. & Paulillo A.C. 2007.** Patologia clínica em aves de produção – uma ferramenta para monitorar a sanidade avícola – revisão. *Archives of Veterinary Science*. 12(3): 9-20.
- 23 Sharaf S., Khan A., Khan M.Z., Aslam F., Saleemi M.K., Mahmood F. 2010.** Clinico-hematological and micronuclear changes induced by cypermethrin in broiler chicks: Their attenuation with vitamin E and selenium. *Experimental and Toxicologic Pathology*. 62(4): 2010.
- 24 Singh G., Maurya S., Delampasona M.P. & Catalan C.A.N.A. 2007.** Comparison of chemical, antioxidant and antimicrobial studies of cinnamon leaf and bark volatile oils, oleoresins and their constituents. *Food and Chemical Toxicology*. 45(9): 1650–1661.
- 25 Singh N. & Johnson D. 2015.** Baseline susceptibility and cross-resistance in adult and larval *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae) collected from poultry farms in Arkansas. *Journal of Economic Entomology*. 108(4): 1994-1999.
- 26 Tong F., Coats J.R. 2015.** Quantitative structure–activity relationships of monoterpenoid binding activities to the housefly GABA receptor. *Pest Management Science*. 68: 1122–1129.
- 27 Volpato A., Baretta D, Zortéa T., Campigotto G., Galli G.A., Glombowsky P., Santos R.C.V., Quantrin P.M., Ourique A.F., Baldissera M.D., Stefani L.M. & Silva, A.S. 2016.** Larvicidal and insecticidal effect of *Cinnamomum zeylanicum* oil (pure and nanostructured) against mealworm (*Alphitobius diaperinus*) and its possible environmental effects. *Journal of Asia-Pacific Entomology*. 19: 1159–1165.
- 28 Xie Y., Huang Q., Wang Z., Cao H. & Zhang D. 2017.** Structure-activity relationships of cinnamaldehyde and eugenol derivatives against plant pathogenic fungi. *Industrial Crops and Products*. 97: 388–394.

- 29 Zortéa T., Baretta D., Maccari A.P., Segat J.C., Boiago E.S., Souza J.P. & Silva A.S. 2015.** Influence of cypermethrin on avoidance behavior, survival and reproduction of *Folsomia candida* in soil. *Chemosphere*. 122: 94-98.

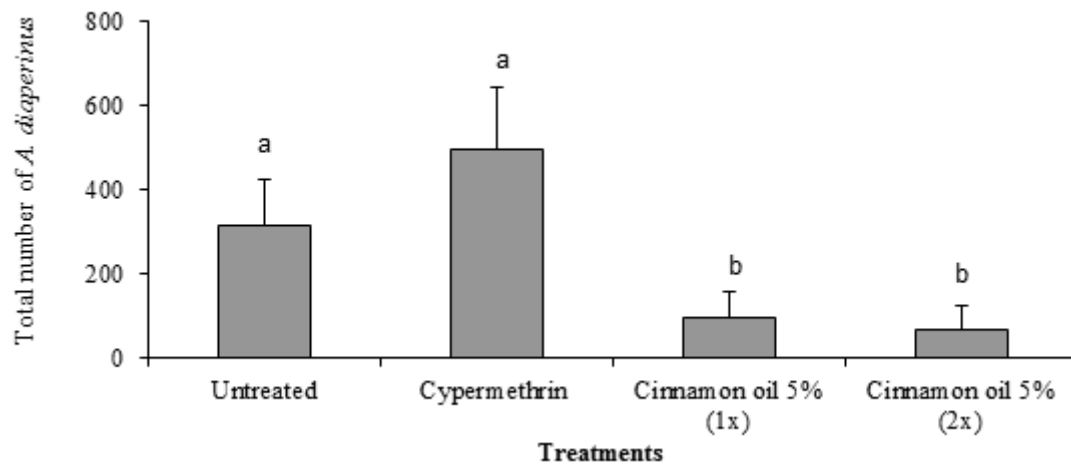
**Table 1.** Composition of experimental diets provided to chicks.

Ingredients	(Kg)
Corn	62.3856
Soybean meal 45%	32.8279
Dicalcium phosphate	17.660
Soybean oil	0.8979
Limestone	0.8236
Salt	0.4331
Mineral and vitaminic supplement	0.4000
DL-Methionine	0.2241
L-Lysine·HCl	0.2013
L-Threonine	0.0405

**Table 2.** Mean values and standard deviation of serum alanine aminotransferase (ALT), aspartate aminotransferase (AST), alkaline phosphatase (AP), total proteins (TP), albumin, globulin, uric acid, and triglyceride of chicks.

Variables	Solvent Control	Cypermethrin	Cinnamom oil 5% (1x)	Cinnamom oil 5% (2x)	P values *
ALT (U/L)	4.12 ± 1.26	3.92 ± 1.49	3.69 ± 1.10	4.0 ± 1.25	0.547
AST (U/L)	218.0 ± 44.4	234.7 ± 33.1	231.3 ± 41.8	204.2 ± 37.3	0.135
AP (U/L)	189.2 ± 122.3	231.3 ± 106.2	191.8 ± 129.6	231.6 ± 118.7	0.369
TP (mg/dL)	2.59 ± 0.29	2.51 ± 0.55	2.65 ± 0.43	2.51 ± 0.50	0.754
Albumin (mg/dL)	1.62 ± 0.10	1.70 ± 0.34	1.64 ± 0.19	1.65 ± 0.39	0.654
Globulin (mg/dL)	0.96 ± 0.25	0.81 ± 0.44	1.01 ± 0.36	0.85 ± 0.40	0.425
Uric acid (mg/dL)	6.42 ± 1.61	6.31 ± 2.11	5.97 ± 2.50	4.93 ± 1.66	0.084
Triglyceride (mg/dL)	78.6 ± 30.9	84.4 ± 30.4	74.1 ± 39.5	58.3 ± 23.4	0.071

\* Averages compared by the Tukey test ( $p < 0.05$ ).



**Figure 1.** Number of live *A. diaperinus* (mean + SD) collected in *TupeTrap* trap in poultry litter contaminated with cypermethrin, *C. zeylanicum* essential oil 5% one application and *C. zeylanicum* 5% essential oil two applications. \* Significant statistical difference by the Tukey test ( $P \leq 0.05$ ).



## 2.2 MANUSCRITO I

### De acordo com as normas: Revista Brasileira de Ciência do Solo

#### Toxicidade da cama de aves contaminada com inseticidas usados no controle de cascudinhos em *Folsomia candida*

Manuela Testa<sup>1</sup> & Dilmar Baretta<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Zootecnia, Universidade do Estado de Santa Catarina, UDESC-Oeste, Chapecó/SC.

#### RESUMO

Os cascudinhos apresentam resistência aos princípios ativos presentes nos produtos comerciais e, a interação destes produtos com a cama de aves deve ser avaliada, uma vez que o principal destino da cama é o seu uso como adubo orgânico em áreas agrícolas. O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito na reprodução de colêmbolos *Folsomia candida* quando expostos a doses crescentes de cama de aves contaminada com um inseticida químico a base de cipermetrina, e um composto fitoterápico a base de óleo essencial de canela usados no controle de cascudinho. Para realização dos testes ecotoxicológicos foram feitas três tempos de coletas de cama de aves contaminadas com inseticidas, os testes foram realizados em dois solos naturais. As doses definidas para o Neossolo foram 0; 5; 10; 20; 30; 40; 60 t ha<sup>-1</sup> de cama de aves e para o Latossolo foram 0; 10; 20; 40; 60; 80; 100 t ha<sup>-1</sup> de cama de aves. Para as comparações entre os tempos de coleta, apenas a cama contaminada com a cipermetrina apresentou resultado significativo para ambos os solos avaliados. Os resultados para o teste de toxicidade crônica indicaram redução no número de juvenis *F. candida* para as três camas de aves avaliadas, sendo mais tóxico conforme o aumento da dose de cama. O resultado diferiu de acordo com as características do solo avaliado, sendo que os efeitos foram mais evidentes para o Neossolo. Deste modo deve ser dada maior atenção para o uso de cama de aves na adubação de áreas com solos arenosos. O estudo evidencia a importância de se realizar testes ecotoxicológicos com diferentes solos naturais, mostrando resultados reais sobre a toxicidade dos resíduos provenientes da produção animal no meio ambiente.

Palavras chave: Cipermetrina, óleo essencial de canela, ecotoxicologia terrestre, colêmbolos, bioindicadores.

## ABSTRACT

The lesser mealworm are resistant to the active principles present in commercial products and the interaction of these products with the poultry litter should be evaluated, since the main destination of the litter is its use as an organic fertilizer in agricultural areas. The objective of the present study was to evaluate the effect on the reproduction of *Folsomia candida* springtails when exposed to increasing doses of poultry litter contaminated with a chemical insecticide based on cypermethrin, and a phytotherapeutic compound based on cinnamon essential oil used in control of lesser mealworm. For the achievement of the ecotoxicological tests were made three collections of poultry litter contaminated with insecticides, the tests were realized in two natural soils. The doses defined for the Oxisol were 0; 5; 10; 20; 30; 40; 60 t ha<sup>-1</sup> of poultry litter and for the Entisol were 0; 10; 20; 40; 60; 80; 100 t ha<sup>-1</sup> poultry litter. For comparisons between collection times, only litter contaminated with cypermethrin presented a significant result for both evaluated soils. The results for the chronic toxicity test indicate a reduction in the number of *F. candida* juveniles for the three evaluated poultry litter, being more toxic as the litter dose increased. The result differed according to the characteristics of the evaluated soil, and the effects were more evident for the Oxisol. Therefore, greater attention should be given to the use of poultry litter when fertilizing areas with sandy soils. The study shows the importance of performing ecotoxicological tests with different natural soils, showing real results on the toxicity of residues from animal production in the environment.

Keywords: Cypermethrin, cinnamon essential oil, terrestrial ecotoxicology, springtails, bioindicators.

## INTRODUÇÃO

O manejo dos cascudinhos (*Alphitobius diaperinus*) nos aviários é considerado oneroso, devido os organismos-alvo apresentarem resistência aos princípios ativos presentes nos produtos comerciais bem como, os aviários proporcionarem condições adequadas de temperatura, umidade e abrigo para a reprodução da espécie. Os prejuízos

causados pelos cascudinhos nos aviários são inúmeros, dentre eles podemos citar o aumento da conversão alimentar do lote, o que afeta diretamente os índices zootécnicos.

Uma grande parte dos produtos utilizados no controle do *A. diaperinus* apresentam na sua composição a cipermetrina. A cipermetrina é um inseticida sintético da classe dos piretróides, potente e de amplo espectro, usada no controle dos ectoparasitas que infestam bovinos, ovinos, aves e alguns animais de companhia (Velisek et al., 2006). Mesmo a cipermetrina sendo amplamente utilizada, a poucas informações disponíveis a respeito dos efeitos destes inseticidas no ambiente e nos solos brasileiros (Montanha e Pimpão, 2012).

Além dos produtos com moléculas sintéticas, existem inúmeras pesquisas com compostos fitoterápicos, dentre os quais podemos mencionar o uso do óleo essencial de canela (*Cinnamomun zeylanicum*). Volpato et al. (2016), realizaram ensaios *in vitro* com esse óleo e encontraram efetividade na ação inseticida do óleo essencial de *C. zeylanicum* sob cascudinhos. O uso de compostos naturais no manejo de pragas agrícolas é incentivado, pois são eficazes, mais degradáveis e apresentam baixa toxicidade (Szczepanik et al., 2018).

A interação destes produtos com a cama de aves deve ser avaliada, pois o principal destino da cama é o seu uso na adubação orgânica de áreas agrícolas onde, já é comprovado, que a cipermetrina se aplicada diretamente no solo causa toxicidade aos organismos da fauna edáfica (Zortéa et al., 2015a).

Os bioindicadores da qualidade do solo são organismos da fauna edáfica que detêm de funções primordiais para o equilíbrio do meio e que apresentam respostas rápidas ao serem expostos a compostos tóxicos ou a ambientes contaminados. Estes organismos são utilizados pela ecotoxicologia terrestre em avaliações do impacto ambiental do descarte de resíduos no solo, com o objetivo final de proteger a estrutura e funcionamento dos ecossistemas (Van Gestel, 2012).

Os colêmbolos são considerados excelentes bioindicadores, pois detêm de importantes funções como a degradação da matéria orgânica e o controle de fungos no solo, além de atuar no equilíbrio da ciclagem de nutrientes (Baretta et al., 2008). A espécie *Folsomia candida* é utilizada em testes ecotoxicológicos por apresentar metodologias de criação e de desenvolvimento de testes padronizados (ISO 11267, 1999), desta forma os testes podem ser adequados de acordo com as características de solo e exigências de cada país. Esta espécie de colêmbolos já foi utilizada em outros estudos ecotoxicológicos onde foi avaliado o efeito tóxico de produtos utilizados no controle de pragas na produção

animal, sendo que os produtos avaliados afetaram negativamente o desenvolvimento dos *F. candida* (San Miguel et al., 2008; Alves et al., 2014; Zortéa et al., 2017).

Em se tratando de contaminantes do solo oriundos da produção animal, quando associado os resultados dos testes ecotoxicológicos com as análises físico-químicas acaba-se facilitando a tomada de decisão sobre qual o melhor modo de tratar estes compostos que, na sua maioria, são ricos em nutrientes e se utilizados de maneira correta podem trazer grandes benefícios para a cadeia produtiva (Segat et al., 2015; Maccari et al., 2016).

As hipóteses deste trabalho estão baseadas em que (I) ao longo do tempo os inseticidas perdem seu efeito tóxico, assim a cama de aves contaminada será menos tóxica no decorrer dos períodos de avaliação; e (II) a toxicidade da cama de aves será diferente de acordo com o tipo de solo. O objetivo do presente estudo foi avaliar os efeitos na reprodução de colêmbolos *F. candida* quando expostos a doses de cama de aves contaminada com um inseticida químico a base de cipermetrina e um composto fitoterápico a base de óleo essencial de canela usados no controle de cascudinho.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Solo Teste**

Para o estudo foram utilizados dois solos: Neossolo Quartzarênico órtico típico (Neossolo) coletado no município de Araranguá, SC (29° 00' 19,98" S e 49° 31' 03,84" W) e Latossolo Vermelho distrófico (Latossolo) coletado no município de Chapecó, SC (27° 05' 27,4" S e 052° 38' 08,5" W). Ambos os solos foram coletados na camada superficial de 0,0-0,2 m em uma área de floresta sem histórico de aplicação de pesticidas ou atividade pecuária. O solo foi seco em estufa (65 °C) e tamisado em peneira de malha 2 mm para homogeneização.

Como controle para validação dos testes, foi utilizado o Solo Artificial Tropical (SAT) adaptado de Garcia (2004). Este solo consiste em uma mistura de 75 % de areia industrial (fina), 20 % de argila caulínica e 5 % de fibra de coco seca e peneirada (2 mm). Todos os componentes foram misturados de forma homogênea e em seguida o pH foi corrigido com CaCO<sub>3</sub> para que o valor se mantivesse entre 5,5 e 6,5. Para realização dos testes a umidade dos solos naturais e do SAT foi ajustada para 65 % da máxima capacidade de retenção de água (ISO 11465, 1998). A caracterização dos parâmetros

químicos e físicos dos solos naturais utilizados nos testes foi realizada conforme metodologia proposta por Tedesco et al. (1995) (Tabela 1).

### **Amostragem e caracterização da cama de aves**

A cama de aves utilizada foi proveniente de um galpão experimental, localizado no campus Oeste da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), sendo o substrato absorvente das excretas das aves a maravalha de pinus (*Pinus elliottii*). A cama era de seis lotes sendo que cada lote é caracterizado por 45 dias de produção e nesta cama não foi aplicado nenhum produto comercial utilizado no manejo de controle do cascudinho. Para as aves alojadas na cama, não foi realizado o controle de endoparasitas e doenças com medicamentos veterinários. Foi realizada a coleta de uma amostra homogênea de cama de aves e posteriormente a coleta, o material foi submetido ao procedimento de compostagem com objetivo de simular o manejo realizado nas propriedades rurais. O processo de compostagem foi realizado em Laboratório, onde a cama foi acondicionada em leira de 1 x 1 m (altura e largura), posteriormente foi coberta por lona preta e teve duração de sete dias. A caracterização química da cama de aves foi realizada de acordo com o método proposto por Tedesco et al. (1995) (Tabela 2).

### **Tratamentos**

Após o processo de compostagem a cama de aves foi acondicionada em caixas plásticas com dimensões de 0,035 m<sup>3</sup> (unidade experimental), a fim de simular o ambiente dos aviários as unidades experimentais foram preenchidas com 0,10 m de altura de cama de aves e 150 cascudinhos adultos. Em seguida foi realizada a pulverização dos inseticidas utilizados no controle de ectoparasitas, sendo um de origem sintética a base de cipermetrina e outro de origem fitoterápica. A dose pulverizada do inseticida a base de cipermetrina foi definida após uma revisão de literatura, sendo definido a dose de 5 g m<sup>-2</sup> (Dias et al., 2013). O produto fitoterápico era composto por óleo essencial de *C. zeylanicum* e, para este experimento, foi utilizado a concentração de 5 % (Volpato et al., 2016), na dose de 5 g m<sup>-2</sup>.

Como o óleo essencial de *C. zeylanicum* é um produto com características hidrofóbicas foi necessário realizar sua diluição com em um solvente (Dimetil Sulfoxido – DMSO). Para eliminar quaisquer suspeitas da interferência do solvente nos resultados e validar o experimento, foi realizado a pulverização de uma solução a 5 % do solvente

DMSO em uma cama sem tratamento. Para cada cama foi realizado três coletas, uma aos 10, 25 e 45 dias após as pulverizações.

Para realização dos testes ecotoxicológicos os tratamentos consistiram em doses de cama de aves contaminada com os inseticidas. As doses foram definidas após a realização de pré-testes. Para o Neossolo as doses utilizadas foram 0; 5; 10; 20; 30; 40; 60 t ha<sup>-1</sup> de cama de aves e para o Latossolo foram 0; 10; 20; 40; 60; 80; 100 t ha<sup>-1</sup> de cama de aves. Os testes foram conduzidos em delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco repetições.

### **Organismo teste**

O teste foi conduzido com *F. candida*, espécie de colêmbolos internacionalmente padronizada (ISO 11267, 1999). Os organismos foram criados em substrato de gesso, carvão ativado (11:1) e água, com fotoperíodo controlado de 12:12 h (luz:escuro) e mantidos em ambiente com temperatura controlada ( $20 \pm 2$  °C). Semanalmente os organismos foram alimentados com *Saccharomyces cerevisiae* e a umidade do meio de criação corrigida pela adição de água destilada.

### **Testes de reprodução com *F. candida***

A avaliação de reprodução de *F. candida* seguiu as recomendações da ISO 11267 (1999). Para a realização dos testes de reprodução cada unidade experimental consistiu em um recipiente plástico (altura: 0,06 m; diâmetro: 0,065 m) preenchido com 0,03 Kg de solo com a respectiva dose de cama de aves. Cada pote recebeu 10 indivíduos adultos sincronizados (10-12 dias de vida) alimentados com *Saccharomyces cerevisiae* a cada 15 dias. Os recipientes foram abertos semanalmente para aeração e para correção da umidade.

O teste teve duração de 28 dias e após este período os indivíduos juvenis foram contabilizados. Ao conteúdo dos recipientes, foi adicionado água e algumas gotas de tinta preta, após leve agitação os organismos sobreviventes flutuaram, os recipientes teste foram fotografados e os indivíduos contabilizados utilizando o *software* ImageTool (University of Texas Health Science Center, 2002).

### **Análise estatística**

Para avaliar o efeito de cama, os dados de reprodução foram submetidos à análise de variância (ANOVA *One-way*), seguida pelo teste de Dunnett ( $p \leq 0,05$ ), utilizando o

*software* Statística 7.0 (Statística, 2004). A normalidade e homogeneidade das variáveis foram verificadas através do teste de Kolmogorov-Smirnov e Levene, respectivamente. Os valores de CE<sub>20</sub> e CE<sub>50</sub> (Concentração efetiva para os organismos) foram calculados utilizando o modelo Não Linear sendo também estimados a partir do *software* Statística 7.0 (Statística, 2004). Para verificar se houve efeito entre as coletas de cama de aves, foi realizado o teste de significância de Behrens-Fisher ( $p \leq 0,05$ ) (*generalized likelihood ratio test*), conforme sugerido por Natal-da-Luz et al. (2011), onde foi comparado os valores de CE<sub>20</sub> e CE<sub>50</sub> entre as coletas para cada cama e solo avaliados.

## RESULTADOS

### Validação do teste ecotoxicológico

Os testes de reprodução com colêmbolos *F. candida* foram validados de acordo com a ISO 11267 (1999), onde a letalidade de adultos no SAT não foi superior a 20 %, os números de indivíduos juvenis nas réplicas foram superiores a 100 indivíduos e o coeficiente de variação não excedeu a 30 %.

A utilização do DMSO como solvente para o óleo essencial de *C. zeylanicum* não causou efeito ( $p \leq 0,05$ ) na reprodução dos organismos testados em ambos os solos, assim, pode-se afirmar que o solvente não interferiu no teste.

### Reprodução de *F. candida* - Latossolo

Quando expostos a cama de aves contaminada com cipermetrina pode-se observar efeito significativo na redução da reprodução dos colêmbolos, para a primeira coleta os efeitos são a partir de 20 t ha<sup>-1</sup> de cama de aves e na segunda coleta os efeitos significativos são observados a partir de 10 t ha<sup>-1</sup> de cama de aves, para a terceira coleta, a reprodução dos organismos foi afetada a partir da dose de 40 t ha<sup>-1</sup> (Figura 1). Os valores de CE<sub>20</sub> calculados foram 6,6 t ha<sup>-1</sup> para a primeira coleta e 27 t ha<sup>-1</sup> para a terceira coleta, não sendo possível calcular para a segunda coleta de cama (Tabela 2). Para o CE<sub>50</sub> os valores calculados foram 69,2 t ha<sup>-1</sup>, 3,0 t ha<sup>-1</sup> e 68,9 t ha<sup>-1</sup> de cama de aves, sendo para a primeira, segunda e terceira coleta respectivamente. Foi observada diferença entre os tempos de coleta, para o CE<sub>20</sub> foi detectado diferença significativa apenas entre a 1<sup>a</sup> coleta v. 3<sup>a</sup> coleta; ao realizar a comparação entre as coletas com o CE<sub>50</sub> o efeito significativo foi detectado entre a 1<sup>a</sup> v. 2<sup>a</sup> coleta e 2<sup>a</sup> v. 3<sup>a</sup> coleta.

Para o teste com a cama de aves contaminada com óleo essencial de *C. zeylanicum* com uma pulverização, os resultados obtidos para o teste de reprodução dos colêmbolos apontam um comportamento diferente dos dados para cada tempo de coleta da cama de aves. Para a primeira coleta a reprodução foi afetada a partir da dose de 10 t ha<sup>-1</sup> de cama de aves, já para a segunda coleta os efeitos tóxicos são observados a partir da dose de 20 t ha<sup>-1</sup> e para a terceira coleta a reprodução foi afetada significativamente a partir da dose de 40 t ha<sup>-1</sup> (Figura 2). Os valores para CE<sub>20</sub> variaram entre 12,1 e 46,3 t ha<sup>-1</sup> e, para o CE<sub>50</sub> foi calculado o valor de 17,8 t ha<sup>-1</sup> para a primeira coleta, para a segunda e terceira coleta os valores não são apresentados, pois estão acima da maior dose testada (Tabela 3). Para a avaliação entre os tempos de coleta não foi observado efeito significativo para ambos os CE<sub>x</sub> ( $p \leq 0,05$ ).

Os resultados obtidos ao avaliar a cama de aves contaminada com o óleo essencial de *C. zeylanicum* com duas pulverizações apontam redução significativa da reprodução dos colêmbolos. Para a primeira e segunda coleta é observado redução no número de juvenis a partir da dose de 10 t ha<sup>-1</sup> e para a terceira coleta a redução na reprodução dos organismos foi significativa a partir da dose de 40 t ha<sup>-1</sup> de cama de aves (Figura 3). Os valores de CE<sub>20</sub> e CE<sub>50</sub> para a primeira e segunda coleta não foram possíveis de ser calculados devido à conformidade dos dados, mas, para a terceira coleta o valor de CE<sub>20</sub> foi de 7 t ha<sup>-1</sup> de cama de aves, enquanto que o valor para CE<sub>50</sub> foi calculado, mas não é apresentado pois encontrar-se acima da maior dose calculada (Tabela 3). Para ambas as concentrações efetivas, os resultados da avaliação entre os tempos de coleta não foram significativos ( $p \leq 0,05$ ).

### **Reprodução de *F. candida* – Neossolo**

Para os resultados obtidos nos testes com a cama de aves contaminada com a cipermetrina, é possível observar que os efeitos significativos para a primeira coleta foram a partir da dose de 20 t ha<sup>-1</sup> de cama de aves, já com redução total da reprodução dos colêmbolos (Figura 4 A). Para a segunda coleta de cama, a redução no número de juvenis foi significativa a partir de 10 t ha<sup>-1</sup> e para a terceira coleta os efeitos significativos são observados a partir de 5 t ha<sup>-1</sup> (Figura 4 B e C). O valor de CE<sub>20</sub> calculado para a primeira coleta foi de 8,9 t ha<sup>-1</sup>, o valor obtido para a segunda coleta foi de 9,6 t ha<sup>-1</sup> e o menor valor calculado foi 3,3 t ha<sup>-1</sup> sendo este para a terceira coleta (Tabela 4). Para o CE<sub>50</sub> os valores calculados foram 22,3; 11,3 e 6,9 t ha<sup>-1</sup>, sendo para a primeira, segunda e terceira coleta respectivamente e estão apresentados na Tabela 4. Para a avaliação entre os tempos



de coleta foi detectado diferença significativa para ambos os  $CE_x$  avaliados, sendo que para o  $CE_{20}$  as comparações entre 2ª coleta v. 3ª coleta e 1ª coleta v. 3ª coleta foram significativas, já para a avaliação utilizando o  $CE_{50}$  foi observado efeito significativo entre todas as comparações das coletas de cama de aves (1ª v. 2ª coleta; 2ª v. 3ª e 1ª v. 3ª coleta).

Para os testes realizados com a cama de aves e o óleo essencial de *C. zeylanicum* com uma pulverização pode-se observar que, para a primeira coleta a redução no número de juvenis foi observada a partir de 20 t ha<sup>-1</sup>, na segunda coleta os efeitos tóxicos foram significativos a partir da dose de 10 t ha<sup>-1</sup> e para a terceira coleta os efeitos foram significativos já na dose mais baixa, 5 t ha<sup>-1</sup> (Figura 5). Os valores de  $CE_{20}$  foram calculados e são 11,5; 9,8 e 10,7 t ha<sup>-1</sup>, sendo respectivos à primeira, segunda e terceira coleta, para o  $CE_{50}$  os valores são 14,1; 10,5 e 14,5 t ha<sup>-1</sup> de cama de aves, sendo calculados para a primeira, segunda e terceira coleta respectivamente (Tabela 4). Para ambas as concentrações efetivas, os resultados da avaliação entre os tempos de coleta não foram significativos ( $p \leq 0,05$ ).

É possível observar efeito tóxico também ao expor os colêmbolos a doses de cama de aves contaminada com óleo essencial de *C. zeylanicum* com duas pulverizações. Sendo que, para a primeira e terceira coleta os efeitos tóxicos para a reprodução dos organismos foi detectada a partir de 5 t ha<sup>-1</sup> de cama de aves e, os resultados para a segunda coleta foram significativos a partir da dose de 10 t ha<sup>-1</sup> (Figura 6). Os valores de  $CE_{20}$  para a primeira, segunda e terceira coleta foram calculados, sendo eles 11; 9,6 e 9,4 t ha<sup>-1</sup> de cama de aves, para o  $CE_{50}$  os valores calculados são 12; 10,8 e 11,5 correspondendo à primeira, segunda e terceira coleta respectivamente (Tabela 4). Para ambas as concentrações efetivas, os resultados da avaliação entre os tempos de coleta não foram significativos ( $p \leq 0,05$ ).

## DISCUSSÃO

Para as comparações entre os tempos de coleta apenas as camas contaminadas com cipermetrina apresentaram resultados significativos para ambos os solos avaliados. Ao avaliar os valores de  $CE_{20}$  e  $CE_{50}$  para o Neossolo, pode-se observar a maior toxidez da cama de aves contaminada com cipermetrina, no decorrer das três coletas, uma menor quantidade de cama (t ha<sup>-1</sup>) foi necessária para causar redução na reprodução dos colêmbolos. Este efeito está relacionado à molécula da cipermetrina que pode ser fortemente adsorvida pelo solo e liberada com o tempo (Maund et al., 2002) e desta forma

os organismos da fauna edáfica podem se contaminar ou até mesmo bioacumular estes compostos em seus tecidos (Hartnik et al., 2008).

A cipermetrina faz parte da classe dos piretróides e estes são caracterizados pelo baixo poder residual no ambiente (Santos et al., 2007), mas os resultados apresentados neste estudo apontam o contrário. Além disso os efeitos tóxicos dos piretróides sobre organismos não alvo tem sido relatados (Velisek et al., 2007; Hartnik e Styrihave, 2008; Zortéa et al., 2015a,b), estes efeitos podem ser atribuídos ao fato deste composto possuir componentes neurotóxicos, que agem no bloqueio de impulsos nervosos, causando rápida paralisia e morte dos insetos (Santos et al., 2007).

Ao aplicar cipermetrina diretamente no solo Zortéa et al. (2015a), observaram efeito tóxico aos *F. candida* já nas menores doses avaliadas ( $1,5 \text{ g m}^{-2}$ ), sendo que, os valores calculados de  $CL_{50}$  (Concentração letal para 50% dos organismos) foram  $3,68 \text{ g m}^{-2}$  e  $CE_{50}$   $3,01 \text{ g m}^{-2}$ . Em outro estudo Zortéa et al. (2015b), apresentam resultados para o ensaio de fuga com colêmbolos, onde concluíram que a presença de cipermetrina afeta negativamente o comportamento de *F. candida*, observando a fuga dos indivíduos em concentrações a partir de  $7,5 \text{ mg kg}^{-1}$  de solo. No experimento realizado por Volpato et al. (2016), foi aplicado o óleo essencial de *C. zeylanicum* diretamente no solo e avaliado o seu efeito sob *F. candida*, sendo realizado ensaio de toxicidade aguda e crônica, os valores calculados para o  $CL_{50}$  foram  $7,29 \text{ mg kg}^{-1}$  e  $CE_{50}$   $14,81 \text{ mg kg}^{-1}$ . Os valores de toxicidade são diversos entre os estudos, sendo importante considerar as diferenças nas características entre os solos avaliados (Zortéa et al., 2015a), e como visto neste experimento o substrato, cama de aves, também afeta a disponibilidade dos inseticidas.

Os resultados apresentados neste trabalho podem estar relacionados às características da cama de aves, sendo um material reutilizado em mais de um ciclo produtivo (Mushtaq et al., 2018), propiciando um ambiente adequado para ação dos microrganismos e assim, reações como mineralização, volatilização, lixiviação e desnitrificação ocorrem simultaneamente (Rogeri et al., 2015; Rogeri et al., 2016; Lourenço et al., 2016), liberando de forma gradativa e alterando a forma dos compostos presentes na cama de aves (Corrêa e Miele, 2011).

Outros fatores que podem influenciar são o alto volume de material produzido (Oviedo-Rondón, 2008) e a variação na composição química da cama de aves, apresentando matéria orgânica instável, variações no conteúdo de água e de macronutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo (Bhoi e Mishra, 2012; Arthur et al.,

2015). Tais características podem contribuir para a adsorção dos compostos químicos utilizados no controle do cascudinho.

Como se trata de um composto rico em nutrientes, o seu principal destino é a adubação orgânica de áreas agrícolas (Adeli et al., 2017). Sendo assim cada vez mais é dada atenção para o processamento e gestão adequada deste material (Mierzwa-Hersztek et al., 2016), pois a realização de aplicações com quantidades elevadas de cama de aves no solo causa toxidez para os organismos da fauna edáfica, fato este comprovado através dos testes realizados neste trabalho. É possível encontrar na literatura este mesmo efeito sobre os colêmbolos, onde a reprodução de *F. candida* foi afetada significativamente quando expostos a matrizes orgânicas (Domene et al., 2007; Martin et al., 2010; Maccari et al., 2016).

Em quantidades muito elevadas a carga de poluentes presentes nos materiais orgânicos pode causar efeitos tóxicos aos organismos, tornando a interpretação dos resultados de toxicidade mais difíceis (Andrés e Domene, 2005), como nos resultados encontrados no presente estudo. Também é relatado que se não for realizado o manejo de adubação de forma correta, os compostos presentes na cama de aves podem causar a contaminação das águas subterrâneas (Oviedo-Rondón, 2008; He et al., 2012; Crippen et al., 2016).

A redução na reprodução dos *F. candida* pode estar relacionada ao aumento do teor de amônia ( $\text{NH}_3^+$ ) no solo resultante do aumento das doses de cama de aves. A amônia e os nitratos são as duas formas químicas de nitrogênio (N) mais comuns nos resíduos avícolas, sendo o íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) a forma dominante e, com a elevação do pH e umidade é convertido em amônia (Oviedo-Rondón, 2008). Em um experimento com dejetos de suínos Maccari et al. (2016), encontraram toxicidade deste material para a reprodução dos colêmbolos e, relacionaram estes resultados ao N liberado pelo dejetos no decorrer do ensaio. Os valores de N Total (Tabela 2) encontrados na cama de aves avaliada neste estudo são semelhantes aos teores encontrados no dejetos de suínos avaliado por Maccari et al. (2016), em ambos os estudos o N Total do material orgânico variou entre 1,8 % e 3,0 %.

A correlação entre a toxicidade e a presença de amônia nos dejetos também foi relatada por Domene et al. (2007), que observaram efeitos negativos a sobrevivência de *F. candida* expostos a este material, sendo atribuído os altos efeitos de letalidade a baixa estabilidade de resíduos e seu alto teor de N, especialmente amônia. Em outro estudo ecotoxicológico Domene et al. (2011), analisou o desempenho reprodutivo de *F. candida*

em 19 solos naturais e concluíram que a reprodução destes organismos foi negativamente afetada conforme o maior aporte de nitrogênio no solo. As condições de experimento como umidade e temperatura são fatores que também podem contribuir para a liberação e acúmulo de compostos nitrogenados, podendo causar toxicidade para os organismos do solo (Domene et al., 2011). Os compostos nitrogenados (nitrogênio total, nitrogênio solúvel total e nitrato), estão intimamente relacionados à quantidade de amônia liberada pela cama de aves, sendo produzidos nos processos físico-químicos e pela ação dos microrganismos que se desenvolvem na cama de aves na presença de material orgânico e umidade (Hernandes et al., 2002).

A cama de aves é uma excelente fonte de nutrientes para as áreas agrícolas, mas, devem-se tomar alguns cuidados ao utilizá-la, como o conhecimento de todo o sistema de produção (Corrêa e Miele, 2011) e, principalmente, do tipo de solo da área a ser adubada. Pode-se observar que a reprodução dos colêmbolos *F. candida* foi diretamente influenciada pelo tipo de solo que os organismos foram expostos, confirmando a segunda hipótese de que a toxicidade seria diferente entre o Latossolo e o Neossolo.

Nos testes realizados com o Latossolo (Figuras 1, 2 e 3), os efeitos não foram tão evidentes em relação com os resultados observados no Neossolo (Figuras 4, 5 e 6), e os resultados com as camas contaminadas com o óleo de canela duas pulverizações (1ª e 2ª coleta) não foram possíveis calcular os valores de CE<sub>20</sub> e CE<sub>50</sub>. Tais resultados ocorreram por causa do tipo de solo, pois ambos apresentam características químicas e físicas diferentes, assim o material orgânico depositado no solo é mineralizado e degradado de forma diversa. Solos com maior teor de matéria orgânica e melhores condições físico-químicas favorecem a atividade microbiana e desta forma ocorre o aumento das taxas de mineralização (Cardoso et al., 2011).

A variação nos resultados dos testes com *F. candida* expostos a diferentes solos naturais já foi descrita por outros autores, avaliando a aplicação de dejetos líquidos de suínos em solos de Santa Catarina. Segat (2012), observou diferença nos testes de toxicidade crônica entre o Latossolo Vermelho distrófico e o Argissolo Vermelho Eutrófico enquanto, Maccari et al. (2016), constatou diferença no efeito ecotoxicológico do dejetos de suínos ao realizar os testes com o Neossolo Quartzarênico órtico típico e o Latossolo Vermelho distrófico.

Os atributos físicos e químicos do solo podem afetar de forma direta os organismos, podendo influenciar na maior ou menor disponibilidade dos contaminantes nos solos (Natal-Da-Luz et al., 2008). Solos com boas qualidades físicas, assim como

elevados teores de nutrientes, tendem a não responder de forma expressiva à aplicação de matrizes orgânicas complexas (Costa et al., 2009).

Os Latossolos apresentam elevados teores de argila e de óxidos, o que lhes proporciona maior superfície de adsorção (Scherer et al., 2007), também são solos com alta concentração de matéria orgânica, características estas de suma importância. Os óxidos e a matéria orgânica presente nos Latossolos são responsáveis pela complexação dos pesticidas depositados no solo, além de que os óxidos de ferro e manganês são responsáveis pela capacidade do Latossolo em reagir e atenuar os efeitos de alguns elementos potencialmente tóxicos como o cádmio, cromo e o chumbo (Chang et al., 1984). Outro fator favorável é que os Latossolos apresentam alto poder de adsorção do fósforo, o que diminui sua lixiviação e por consequência a contaminação das águas subterrâneas (Ker, 1997; Scherer et al., 2007).

Em solos com baixa disponibilidade de nutrientes é esperado que os efeitos da aplicação de resíduos ricos em material orgânico e compostos poluentes sejam mais evidentes (Costa et al., 2009), os resultados para o Neossolo apresentados neste trabalho vão de encontro a esta afirmação.

Neossolos são solos pouco desenvolvidos e sua textura é basicamente arenosa, com baixa capacidade de adsorção de nutrientes o que implica em elevadas perdas por lixiviação, apresentam baixa coesão entre as partículas em razão do baixo teor de agentes cimentantes e baixos teores de matéria orgânica (Oliveira, 2008; Sales et al., 2010). Apresentam menor potencial de carga, tanto negativas quanto positivas, para retenção de nutrientes no solo, contribuindo para maior lixiviação do nitrogênio e do fósforo (Corrêa e Miele, 2011), provocando reduções na produtividade agrícola e impactos negativos ao meio ambiente. Devido a essas características esse solo apresenta baixa capacidade de suporte em comparação a outros solos mais argilosos, e maior disponibilidade de alguns nutrientes e/ou metais pesados (Maccari et al., 2016), afetando de forma negativa a comunidade edáfica.

Dentre as opções disponíveis para o destino dos resíduos da produção animal, o uso destes compostos na adubação orgânica de áreas agrícolas é certamente a mais interessante, em termos agronômicos, econômicos, ambientais e sociais (Corrêa e Miele, 2011), sendo de suma importância respeitar os critérios técnicos para seu uso. O correto entendimento das modificações dos atributos químicos, físicos e biológicos do solo, decorrentes da reciclagem e do uso de resíduos orgânicos na adubação, pode auxiliar e melhorar o sistema de produção, tornando-o mais sustentável.

Os resultados apresentados evidenciam a importância de se realizar testes ecotoxicológicos com diferentes solos naturais, mostrando resultados aplicados sobre a toxicidade dos resíduos provenientes da produção animal no meio ambiente, uma vez que se busca por sistemas de produção mais eficientes e sustentáveis.

## CONCLUSÕES

A reprodução dos colêmbolos *F. candida* foi significativamente afetada ao expor os organismos a doses de cama de aves contaminada com inseticidas em ambos os solos utilizados (Latossolo e Neossolo). Os efeitos tóxicos foram mais evidentes no Neossolo, sendo observados já nas doses mais baixas, deste modo deve ser dada maior atenção para o uso de cama de aves na adubação de áreas com solos arenosos.

As avaliações entre os tempos de coleta para ambos os solos, apresentaram diferença apenas para a cama de aves contaminada com o inseticida cipermetrina. Para o Neossolo a avaliação entre os tempos de coleta evidenciou que a toxicidade da cama de aves contaminada com cipermetrina não diminuiu, onde uma menor quantidade de cama ( $t\ ha^{-1}$ ) foi necessária para causar redução dos juvenis, sendo que este efeito não foi observado para o Latossolo. Em contrapartida os testes comparativos realizados com o óleo essencial de *C. zeylanicum* não apresentaram efeito significativo.

## REFERÊNCIAS

Adeli A, Dabney SM, Tewolde H, Jenkins JN. Effects of tillage and broiler litter on crop productions in an eroded soil. *Soil Till Res.* 2017; 165:198-209. doi: 10.1016/j.still.2016.08.010.

Alves PRL, Cardoso EJBN, Martines AM, Sousa JP, Pasini A. Seed dressing pesticides on springtails in two ecotoxicological laboratory tests. *Ecotox Environ Safe.* 2014; 105: 65-71. doi: 10.1016/j.ecoenv.2014.04.010.

Andrés P, Domene X. Ecotoxicological and fertilizing effects of dewatered, composted and dry sewage sludge on soil mesofauna: a TME experiment. *Ecotoxicology.* 2005; 14:545-557. doi: 10.1007/s10646-005-0006-8.

Arthur E, Tuller M, Moldrup P, De Jonge LW. Effects of biochar and manure amendments on water vapor sorption in a sandy loam soil. *Geoderma* 2015; 243-244: 175-182. doi: 10.1016/j.geoderma.2015.01.001.

Baretta D, Ferreira CS, Sousa JP, Cardoso EJBN. Colêmbolos (Hexapoda: Collembola) como bioindicadores de qualidade do solo em áreas com *Araucaria angustifolia*. *Rev Bras Cienc Solo*. 2008; 32:2693-2699.

Bhoi L, Mishra PC. Changes in bacterial density, CO<sub>2</sub> evolution and enzyme activities in poultry dung amended soil, open. *J Soil Sci*. 2012; 2:196-201. doi: 10.4236/ojss.2012.22024.

Cardoso EG, Sá JCDM, Briedis C, Ferreira ADO, Borszowskei PR, Santos JB, Baranek EJ. Nitrogen dynamics in soil management systems: II-mineralization and nitrification rates. *Rev Bras Cienc Solo*. 2011; 35:1651-1660. doi:10.1590/S0100-06832011000500019.

Chang AC, Warneke JE, Lund LJ, Page AL. Accumulation of heavy metals in sewage sludge treated soils. *J Environ Qual*. 1984; 13:87-92. doi:10.2134/jeq1984.00472425001300010016x.

Chernaki-Leffer AM, Sosa-Gómez DR, Almeida LM, Lopes ION. Susceptibility of *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera, Tenebrionidae) to cypermethrin, dichlorvos and triflumuron in southern Brazil. *Rev Bras Entom*. 2011; 55:125-128. doi: 10.1590/S0085-56262011000100020.

Corrêa JC, Miele M. A cama de aves e os aspectos agronômicos, ambientais e econômicos. In: Palhares JCP, Kunz A, editor. *Manejo ambiental na avicultura*. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, Documentos 149. 2011; 125-152.

Costa AM, Borges, EN, Silva, AA, Nolla A, Guimarães EC. Potencial de recuperação física de um Latossolo Vermelho, sob pastagem degradada, influenciado pela aplicação de cama de frango. *Ciênc agrotec*. 2009; 33:1991-1998.

Crippen TL, Sheffield CL, Byrd JA, Esquivel JF, Beier RC, Yeater K. Poultry litter and the environment: Physiochemical properties of litter and soil during successive flock rotations and after remote site deposition. *Sci Total Environ.* 2016; 553:650-661. doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.02.077.

Dias DA, Vargas AB, Almeida FS. Efeitos de dosagem mais concentrada de cipermetrina no controle de cascudinho (Coleoptera: Tenebrionidae) na avicultura. *Rev Acad Agrár Ambient.* 2013; 11:437-442. doi:10.7213/academico.011.004.AO11.

Domene X, Alcañiz JM, Andrés P. Ecotoxicological of organic wastes using the soil collembolan *Folsomia candida*. *Appl Soil Ecol.* 2007; 35:461-472. doi: 10.1016/j.apsoil.2006.10.004.

Domene X, Chelino S, Campana P, Natal-da-Luz T, Alcaniz JM, Andrés P, Römbke J, Sousa JP. Influence of soil properties on the performance of *Folsomia candida*: implications for its use in soil ecotoxicology testing. *Environ Toxicol Chem.* 2011; 30:1497-1505. doi: 10.1002/etc.533.

Embrapa - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2nd ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos; 2006.

Garcia M. Effects of pesticides on soil fauna: development of ecotoxicological test methods for tropical regions [Tese]. Hohen Landwirtschaftlichen Fakultät: Universidade de Bonn; 2004.

Hartnik T, Styrišave B. Impact of biotransformation and bioavailability on the toxicity of the insecticides r-cypermethrin and chlorfenvinphos in earthworm. *J Agric Food Chem.* 2008; 56:11057-11064. doi: 10.1021/jf8017904.

Hartnik T, Sverdrup LE, Jensen J. Toxicity of the pesticide alpha-cypermethrin to four soil nontarget invertebrates and implications for risk assessment. *Environ Toxicol Chem.* 2008; 27:1408-1415. doi: 10.1897/07-385.1.



He Z, Senwob ZN, Tazisongb IA. Long-term dynamics of labile and stable phosphorus following poultry litter application to pasture soils. *Commun Soil Sci Plant Anal.* 2012; 43:2838-2850. doi: 10.1080/00103624.2012.728262.

Hernandes R, Cazetta JO, de Moraes VMB. Frações nitrogenadas, glicídicas e amônia liberada pela cama de frangos de corte em diferentes densidades e tempos de confinamento. *R. Bras Zootec.* 2002; 31:1795-1802.

ISO - International Organization for Standardization. Soil quality - Determination of dry matter and water content on a mass basis - Gravimetric method. ISO 11465. Geneve, Switzerland; 1993.

ISO - International Organization for Standardization. Soil Quality – Inhibition of reproduction of Collembola (*Folsomia candida*) by soil pollutants. ISO 11267. Geneve, Switzerland; 1999.

Japp AK, Bicho CL, Silva AVF. Importância e medidas de controle para *Alphitobius diaperinus* em aviários. *Ciência Rural.* 2010; 40:1668-1673.

Ker JC. Latossolos do Brasil: uma revisão. *Geonomos.* 1997; 5:17-40.

Lourenço KS, Ernani PR, Corrêa JC, Dal Molin SJ, Lourenço LS. Addition of urease inhibitor has no effect on ammonia volatilization following soil application of poultry litter or organomineral fertilizer, unlike urea. *Rev Bras Cienc Solo.* 2016;40. doi: 10.1590/18069657rbc20150031:e0150031.

Maccari AP, Baretta D, Paiano D, Leston S, Freitas A, Ramos F, Sousa JP, Klauber-Filho O. Ecotoxicological effects of pig manure on *Folsomia candida* in subtropical Brazilian soils. *J. Hazard Mater.* 2016; 314:113-120. doi: 10.1016/j.jhazmat.2016.04.013.

Martin V, Stanislav M. Using an ecotoxicological soil test battery for testing anaerobically-digested sludge for application on agricultural land. In: Marktredwitzer Bodenschutztag, Bodenschutz in Europa. 2010; 230:212-217.

Maund SJ, Hamer MJ, Lane MCG, Farrelly E, Rapley JH, Goggin UM, Gentle WE. Partitioning, bioavailability, and toxicity of the pyrethroid insecticide cypermethrin in sediments. *Environ Toxicol Chem.* 2002; 21:9-15. doi: 10.1002/etc.5620210102.

Mierzwa-Hersztek M, Gondek K, Baran A. Effect of poultry litter biochar on soil enzymatic activity, ecotoxicity and plant growth. *Appl Soil Ecol*, 2016; 105:144-150. doi: 10.1016/j.apsoil.2016.04.006.

Montanha FP, Pimpão, CT. Efeitos toxicológicos de piretróides (cipermetrina e deltametrina) em peixes – Revisão [internet]. *Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária*; 2012 [accessed on: 08 jan 2018]. Available at: [http://faef.revista.inf.br/imagens\\_arquivos/arquivos\\_destaque/esxzix4eu8euO8S\\_2013-6-28-18-9-28.pdf](http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/esxzix4eu8euO8S_2013-6-28-18-9-28.pdf).

Mushtaq M, Kasur H, Khan RA, Khalid A, Iqbal K. Effect of *Salmonella* on decomposition of poultry litter. *J. Sci Res.* 2018; 10:51-60. doi: 10.3329/jsr.v10i1.33482.

Natal-Da-Luz T, Römbke J, Sousa JP. Avoidance tests in site-specific risk assessment - influence of soil properties on the avoidance response of Collembola and earthworms. *Environ Toxicol Chem.* 2008; 27:1112-1117. doi: 10.1897/07-386.1.

Natal-Da-Luz T, Ojeda G, Pratas J, Van Gestel CAM, Sousa JP. Toxicity to *Eisenia andrei* and *Folsomia candida* of a metal mixture applied to soil directly or via an organic matrix. *Ecotoxicol Environ Saf.* 2011; 74:1715-1720. doi: 10.1016/j.ecoenv.2011.05.017.

Oliveira JB. *Pedologia aplicada*. 2008. Piracicaba: FEALQ.

Oviedo-Rondón EO. Technologies to mitigate the environmental impact of broiler production. *R. Bras Zootec.* 2008; 37:239-252. doi: 10.1590/S1516-35982008001300028.

Rogeri DA, Ernani PR, Lourenço KS, Cassol PC, Gatiboni LC. Mineralização e nitrificação do nitrogênio proveniente da cama de aves aplicada ao solo. *Rev Bras Eng Agríc Ambient*. 2015; 19:534-540. doi: 10.1590/1807-1929/agriambi.v19n6p534-540.

Rogeri DA, Ernani PR, Mantovani A, Lourenço KS. Composition of Poultry Litter in Southern Brazil. *Rev Bras Cienc Solo*. 2016;40. doi:10.1590/18069657rbc20140697.

Sales LEO, Carneiro MAC, Severiano EC, Oliveira GC, Ferreira MM. Qualidade física de Neossolo Quartzarênico submetido a diferentes sistemas de uso agrícola. *Ciênc Agrotec*. 2010; 34.

San Miguel A, Raveton M, Lempérière G, Ravanel P. Phenylpyrazoles impact on *Folsomia candida* (collembola). *Soil Biol Biochem*. 2008; 40:2351-2357. doi: 10.1016/j.soilbio.2008.05.014.

Santos MAT, Areas MA, Reyes FGR. Piretróides - uma visão geral. *Alimentos e Nutrição*, Araraquara. 2007; 18:339-349.

Scherer EE, Baldissera IT, Nesi CN. Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho sob plantio direto e adubação com esterco de suínos. *Rev Bras Cienc Solo*. 2007; 31:123-131.

Segat JC. Avaliação Ecotoxicológica do uso de dejetos de suínos em solos de Santa Catarina [dissertação]. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 2012.

Segat JC, Alves PRL, Baretta D, Cardoso, EJBN . Ecotoxicological evaluation of swine manure disposal on tropical soils in Brazil. *Ecotoxicol Environ Saf*. 2015; 122:91-97. doi: 10.1016/j.ecoenv.2015.07.017.

Statsoft. *Statistica 7.0* (data analysis software system). 2004.

Szczepanik M, Walczak M, Zawitowska B, Michalska-Sionkowska M, Szumny A, Wawrzeńczyk C, Brzezinska MS. Chemical composition, antimicrobial and insecticidal activity against the lesser mealworm *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera:

Tenebrionidae) of *Origanum vulgare* L. ssp. *hirtum* (Link) and *Artemisia dracunculus* L. essential oils. *J Sci Food Agric.* 2018; 98:767-774. doi: 10.1002/jsfa.8524.

Tedesco MJ, Gianello C, Bissani CA, Bohnen H, Volkweiss SJ. *Análises de solo.* 2nd ed. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS; 1995.

University of Texas Health Science Center. ImageTool 3.0. San Antonio, 2002.

Van Gestel CAM. Soil ecotoxicology: state of the art and future directions. *ZooKeys.* 2012; 176:275-296. doi: 10.3897/zookeys.176.2275.

Velisek J, Wlasow T, Gomulka P, Svobodova Z, Dobsikova R, Novotny L, Dudzik M. Effects of cypermethrin on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Veterinari Medicina.* 2006; 51: 469-476.

Velisek J, Jurciková J, Dobsiková R, Svobodová Z, Piacková V, Máchová J, Novotny L. Effects of deltamethrin on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Environ Toxicol Pharmacol.* 2007; 23:297-301. doi: 10.1016/j.etap.2006.11.006.

Volpato A, Baretta D, Zortéa T, Campigotto G, Galli GA, Glombowsky P, Santos RCV, Quantrin PM, Ourique AF, Baldissera MD, Stefani LM, Silva AS. Larvicidal and insecticidal effect of *Cinnamomum zeylanicum* oil (pure and nanostructured) against mealworm (*Alphitobius diaperinus*) and its possible environmental effects. *J. Asia Pac Entomol.* 2016; 19:1159-1165. doi: 10.1016/j.aspen.2016.10.008.

Zortéa T, Baretta D, Maccari AP, Segat JC, Boiago ES, Souza JP, Silva AS. Influence of cypermethrin on avoidance behavior, survival and reproduction of *Folsomia candida* in soil. *Chemosphere.* 2015a; 122:94-98. doi: 10.1016/j.chemosphere.2014.11.018.

Zortéa T, Baretta D, Segat JC, Maccari AP, Baretta CRDM, Silva AS. Comportamento de fuga de colêmbolos expostos a solos contaminados com cipermetrina. *R. Sci Agrar.* 2015b; 4:49-58. doi: 10.5380/rsa.v16i4.47842.

Zortéa T, Segat JC, Maccari AP, Sousa JP, Silva AS, Baretta D. Toxicity of four veterinary pharmaceuticals on the survival and reproduction of *Folsomia candida* in tropical soils. Chemosphere. 2017; 173:460-465. doi: 10.1016/j.chemosphere.2017.01.069.

## Tabelas

Tabela 1. Parâmetros químicos e físicos do Neossolo Quartzarênico órtico típico (Neossolo) e do Latossolo Vermelho distrófico (Latosolo) na profundidade 0,0-0,2 m.

	MO <sup>1</sup> (%)	pH	CTC <sup>2</sup>	Argila (%)	P (mg dm <sup>-3</sup> )	K (mg dm <sup>-3</sup> )	Ca ... (cmolc dm <sup>-3</sup> )...	Mg ... (cmolc dm <sup>-3</sup> )...	H+Al ... (cmolc dm <sup>-3</sup> )...	Cu ... (mg dm <sup>-3</sup> )...	Zn ... (mg dm <sup>-3</sup> )...	Fe ... (mg dm <sup>-3</sup> )...
Neossolo	0,9	4,1	4,9	4	6,7	34	2	0,8	2	1,5	1	72,5
Latosolo	3,9	4,3	12,3	55	3,5	124	3,2	1	7,8	1,4	0,8	79,7

<sup>1</sup> Matéria Orgânica;

<sup>2</sup> Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0.

Tabela 2. Parâmetros químicos e físicos das camas de aves.

Cama de aves	Coleta	pH (H <sub>2</sub> O)	Umidade (%)	N total (%)	P .....%	K	Mn	Cu	Mg	Ca	Fe	Zn
Sem tratamento	-	7,70	29,08	2,75	3,73	2,24	0,02	0,004	0,93	4,50	0,55	0,007
	1	8,00	24,98	2,29	4,24	1,98	0,03	0,005	1,30	6,39	0,51	0,010
Cipermetrina	2	7,70	19,67	2,38	3,53	1,98	0,02	0,004	1,16	7,05	0,59	0,005
	3	7,70	17,06	2,78	3,92	1,91	0,01	0,003	1,02	5,31	0,44	0,003
Óleo uma pulverização	1	7,90	24,37	1,85	3,55	0,07	0,03	0,005	1,30	6,70	0,71	0,010
	2	8,00	21,62	2,06	3,53	2,24	0,03	0,004	1,01	5,66	0,49	0,007
	3	8,30	19,94	2,00	3,94	2,05	0,22	0,004	1,23	4,55	0,66	0,010
Óleo duas pulverizações	1	8,30	23,73	2,13	3,76	1,85	0,02	0,004	1,25	7,00	0,50	0,007
	2	7,50	26,51	2,92	3,73	2,11	0,02	0,003	1,11	4,99	0,66	0,003
	3	8,10	19,99	2,75	4,40	2,31	0,02	0,004	1,01	5,31	0,56	0,007

Tabela 3. Parâmetros ecotoxicológicos (CE<sub>20</sub> e CE<sub>50</sub>) calculados com base no teste de reprodução de colêmbolos *F. candida*, expostos ao Latossolo Vermelho distrófico (Latosolo) contaminado com cama de aves e cipermetrina, óleo essencial de *C. zeylanicum* com uma pulverização e óleo essencial de *C. zeylanicum* duas pulverizações (valores em t ha<sup>-1</sup> cama de aves).

Cama de aves	Coleta	Modelo	CE <sub>20</sub>	CE <sub>50</sub>
Cipermetrina	1ª coleta	Gompertz	<10*	69,2 (28,9 - 109,5)
	2ª coleta	Logístico	-	<10*
	3ª coleta	Gompertz	27 (10,1 - 43,8)	68,9 (52,7 - 85,1)
Óleo uma aplicação	1ª coleta	Exponencial	12,1 (5 - 19,3)	17,8 (7,9 - 27,6)
	2ª coleta	Gompertz	30,7 (6,5 - 55)	>100 (76,8 - 197,5)
	3ª coleta	Gompertz	46,3 (7,2 - 85,2)	>100 (50,4 - 214,4)
Óleo duas aplicações	1ª coleta	-	-	-
	2ª coleta	-	-	-
	3ª coleta	Gompertz	<10*	>100*

\* Não foi possível estabelecer o limite de confiança;

- Não foi possível calcular os valores de CE.

Tabela 4. Parâmetros ecotoxicológicos (CE<sub>20</sub> e CE<sub>50</sub>) calculados com base no teste de reprodução de colêmbolos *F. candida*, expostos ao Neossolo Quartzarênico órtico típico (Neossolo) contaminado com cama de aves e cipermetrina, óleo essencial de *C. zeylanicum* com uma pulverização e óleo essencial de *C. zeylanicum* com duas pulverizações (valores em t ha<sup>-1</sup> cama de aves).

Cama de aves	Coleta	Modelo	CE <sub>20</sub>	CE <sub>50</sub>
Cipermetrina	1ª coleta	Linear	8,9 (7,2 - 10,6)	22,3 (17,9 - 26,5)
	2ª coleta	Logístico	9,6 (8,4 - 10,8)	11,3 (7,7 - 14,9)
	3ª coleta	Logístico	<10 (1,9 - 4,7)	6,9 (5,1 - 8,6)
Óleo uma aplicação	1ª coleta	Logístico	11,5 (10,3 - 12,8)	14,1 (12,8 - 15,3)
	2ª coleta	Logístico	9,8*	10,5*
	3ª coleta	Logístico	10,7 (8,3 - 13,2)	14,5 (12,2 - 16,7)
Óleo duas aplicações	1ª coleta	Logístico	11*	12*
	2ª coleta	Logístico	9,6 (5,1 - 14)	10,8 (1,3 - 20,4)
	3ª coleta	Logístico	9,4 (8,3 - 10,6)	11,5 (9,3 - 13,7)

\* Não foi possível estabelecer o limite de confiança.

## Figuras

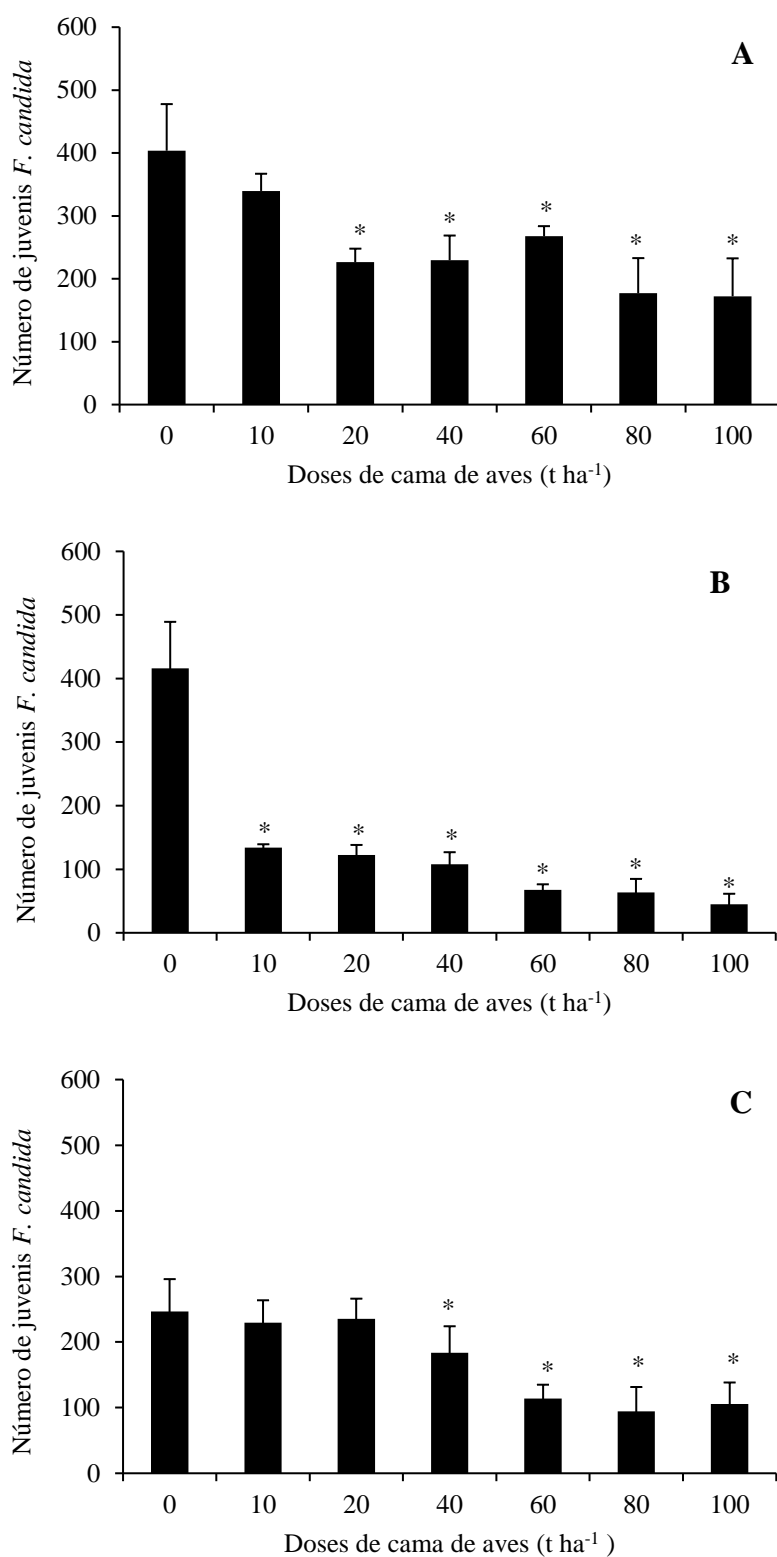


Figura 1 - Número médio de juvenis de *F. candida* quando expostos ao Latossolo Vermelho distrófico contaminado com cama de aves e cipermetrina (A) 1<sup>a</sup> Coleta, (B) 2<sup>a</sup> Coleta e (C) 3<sup>a</sup> Coleta. (⊎) desvio-padrão (n = 5). Asteriscos (\*) indicam diferença significativa para número médio de juvenis (p ≤ 0,05; one-way ANOVA seguido de teste de Dunnett).



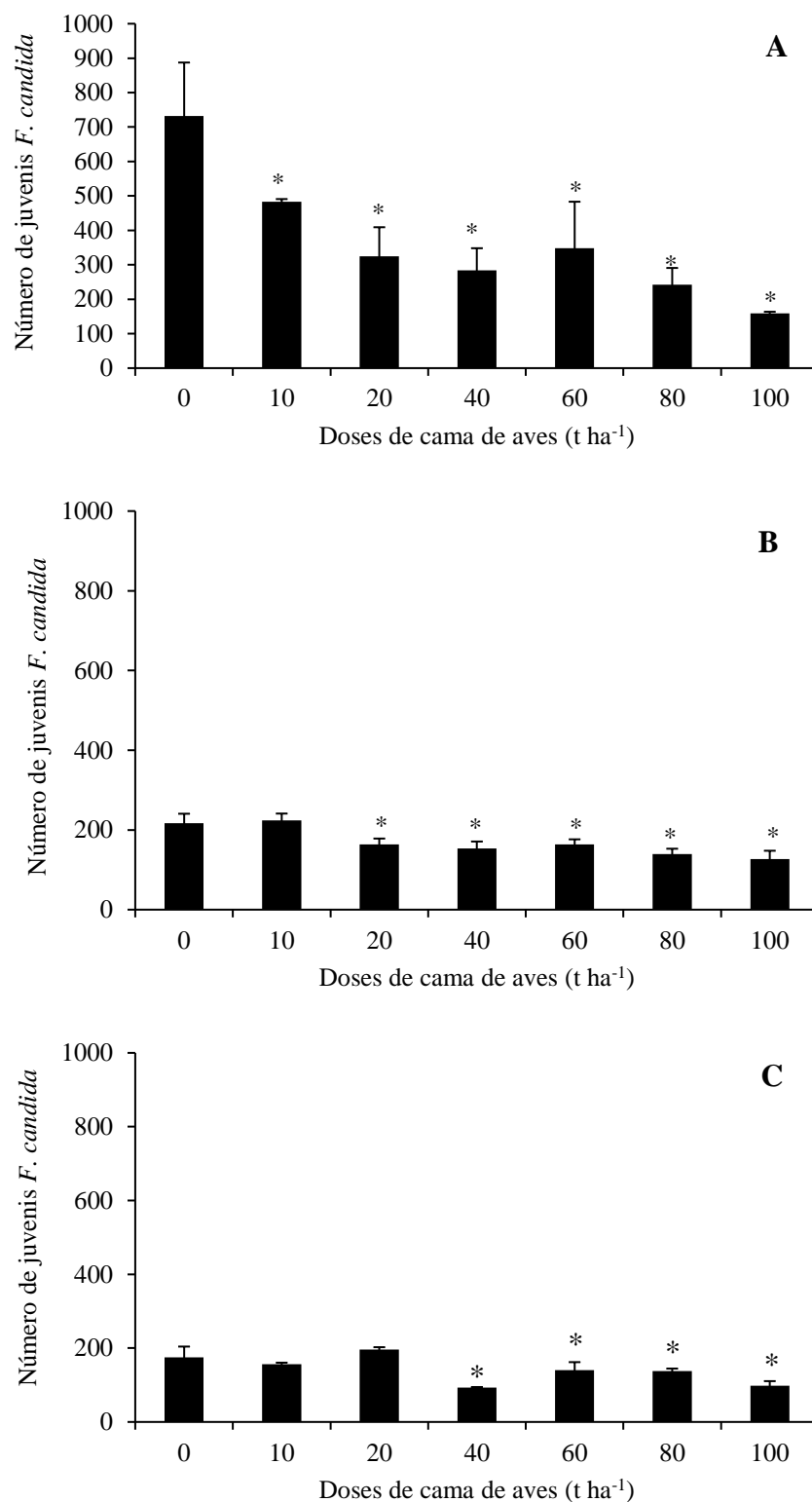


Figura 2 - Número médio de juvenis de *F. candida* quando expostos ao Latossolo Vermelho distrófico contaminado com cama de aves e óleo essencial de *C. zeylanicum* com uma pulverização (A) 1<sup>a</sup> Coleta, (B) 2<sup>a</sup> Coleta e (C) 3<sup>a</sup> Coleta. (⊥) desvio-padrão (n = 5). Asteriscos (\*) indicam diferença significativa para número médio de juvenis ( $p \leq 0,05$ ; *one-way* ANOVA seguido de teste de Dunnett).

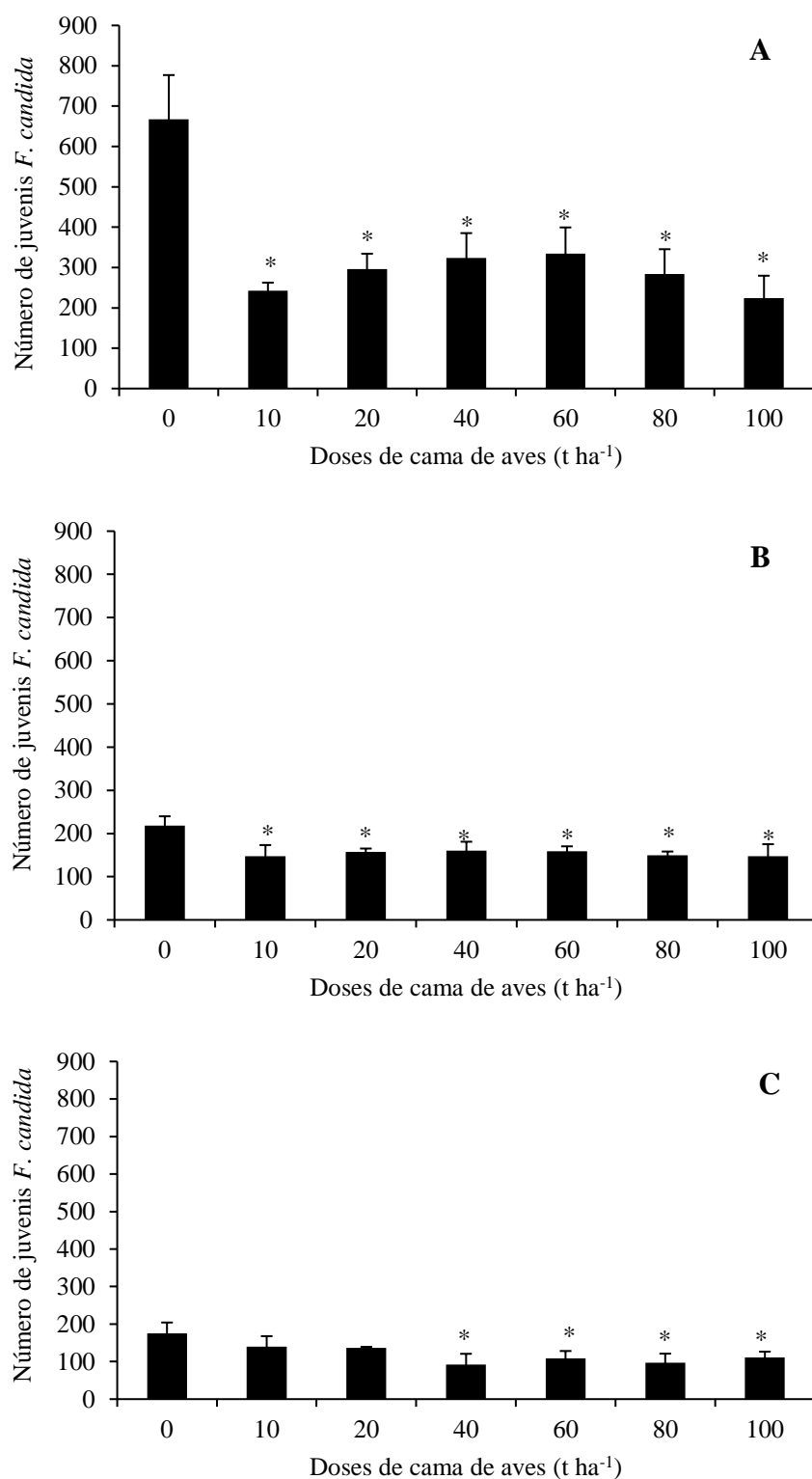


Figura 3 - Número médio de juvenis de *F. candida* quando expostos ao Latossolo Vermelho distrófico contaminado com cama de aves e óleo essencial de *C. zeylanicum* duas aplicações (A) 1ª Coleta, (B) 2ª Coleta e (C) 3ª Coleta. (⊥) desvio-padrão (n = 5). Asteriscos (\*) indicam diferença significativa para número médio de juvenis ( $p \leq 0,05$ ; *one-way* ANOVA seguido de teste de Dunnett).

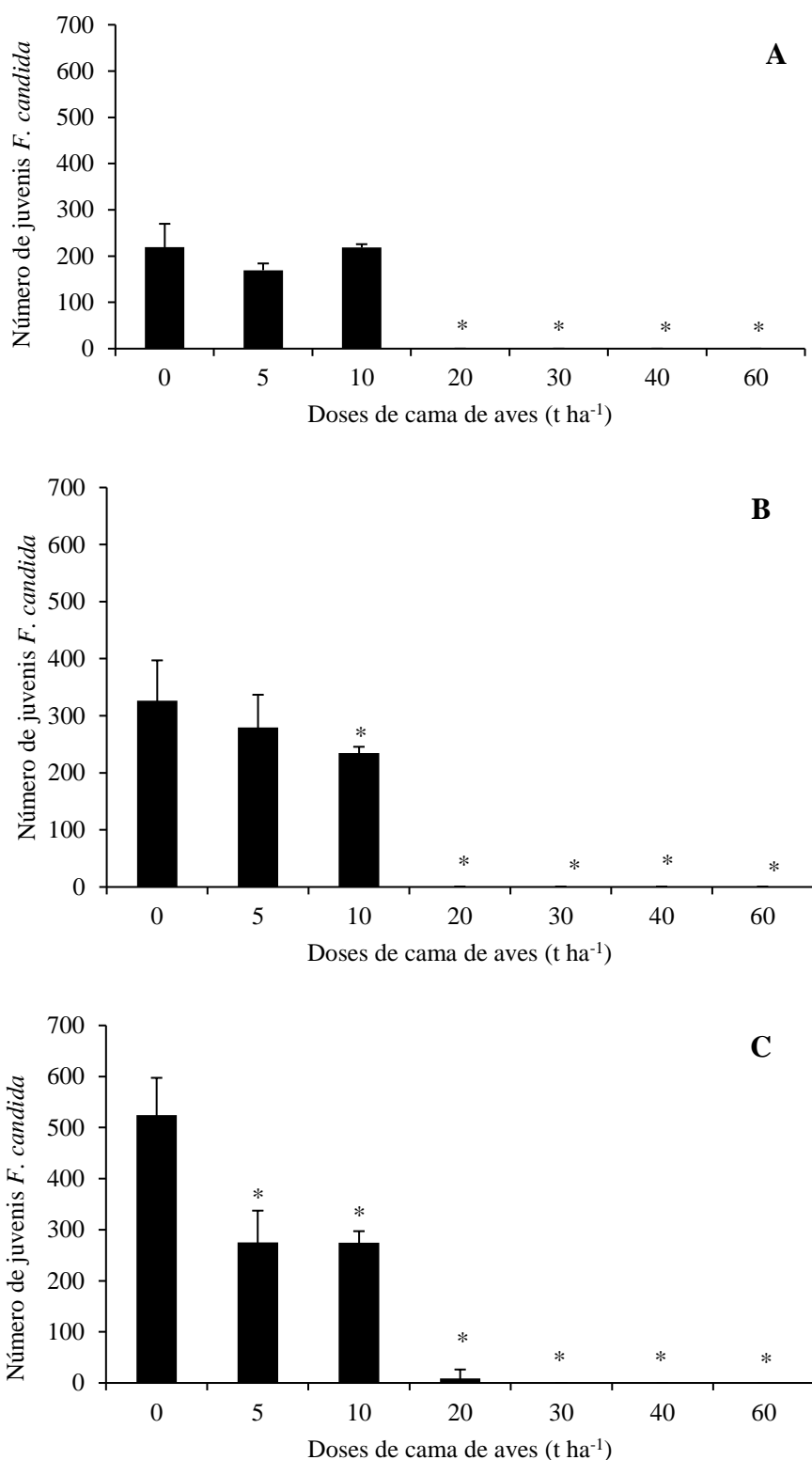


Figura 4 - Número médio de juvenis de *F. candida* quando expostos ao Neossolo Quartzarênico órtico típico contaminado com cama de aves e cipermetrina (A) 1<sup>a</sup> Coleta, (B) 2<sup>a</sup> Coleta e (C) 3<sup>a</sup> Coleta. (⊥) desvio-padrão (n = 5). Asteriscos (\*) indicam diferença significativa para número médio de juvenis ( $p \leq 0,05$ ; *one-way* ANOVA seguido de teste de Dunnett).

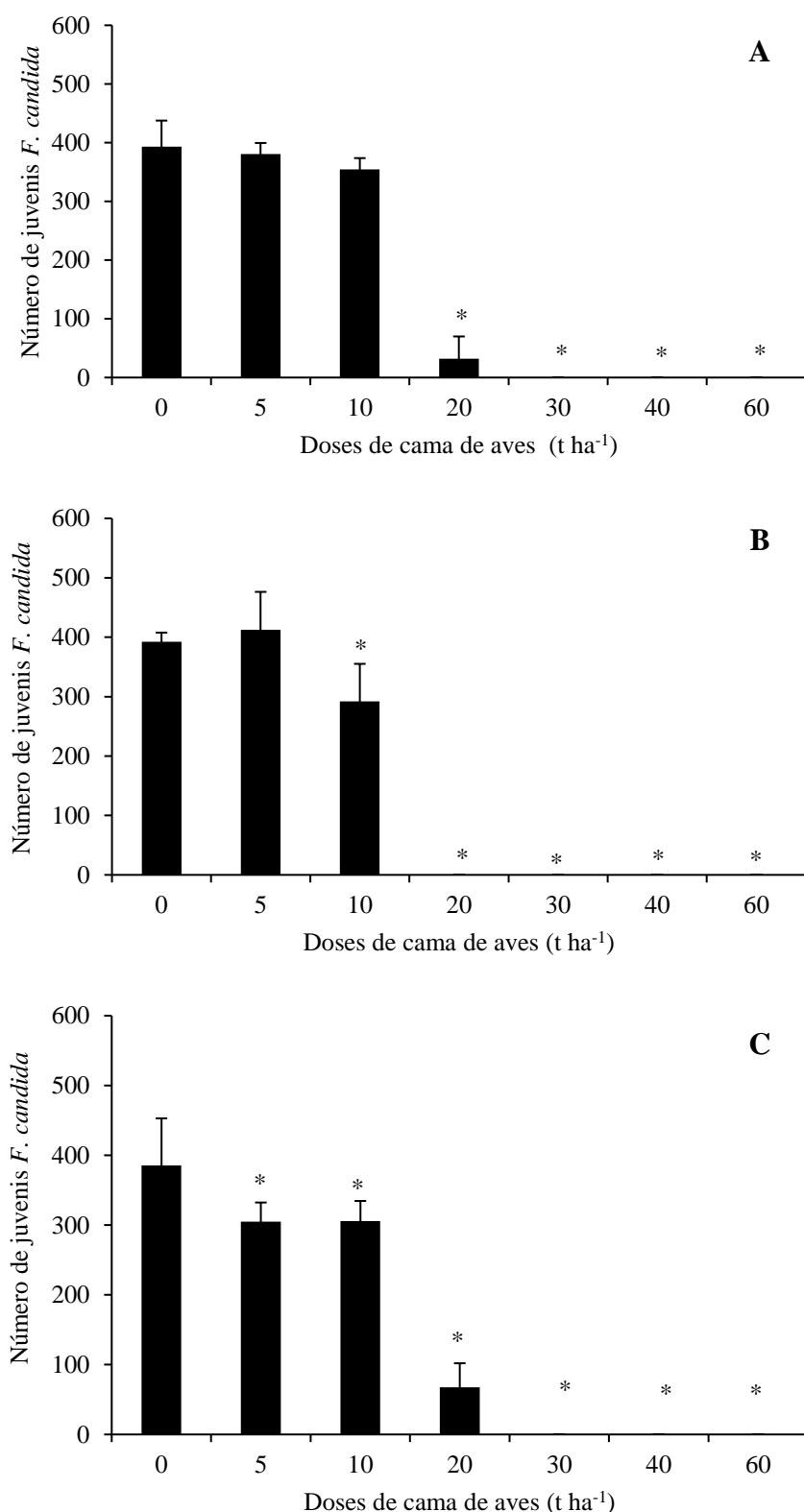


Figura 5 - Número médio de juvenis de *F. candida* quando expostos ao Neossolo Quartzarênico órtico típico contaminado com cama de aves e óleo essencial de *C. zeylanicum* com uma pulverização (A) 1<sup>a</sup> Coleta, (B) 2<sup>a</sup> Coleta e (C) 3<sup>a</sup> Coleta. (⊎) desvio-padrão (n = 5). Asteriscos (\*) indicam diferença significativa para número médio de juvenis ( $p \leq 0,05$ ; *one-way* ANOVA seguido de teste de Dunnett).

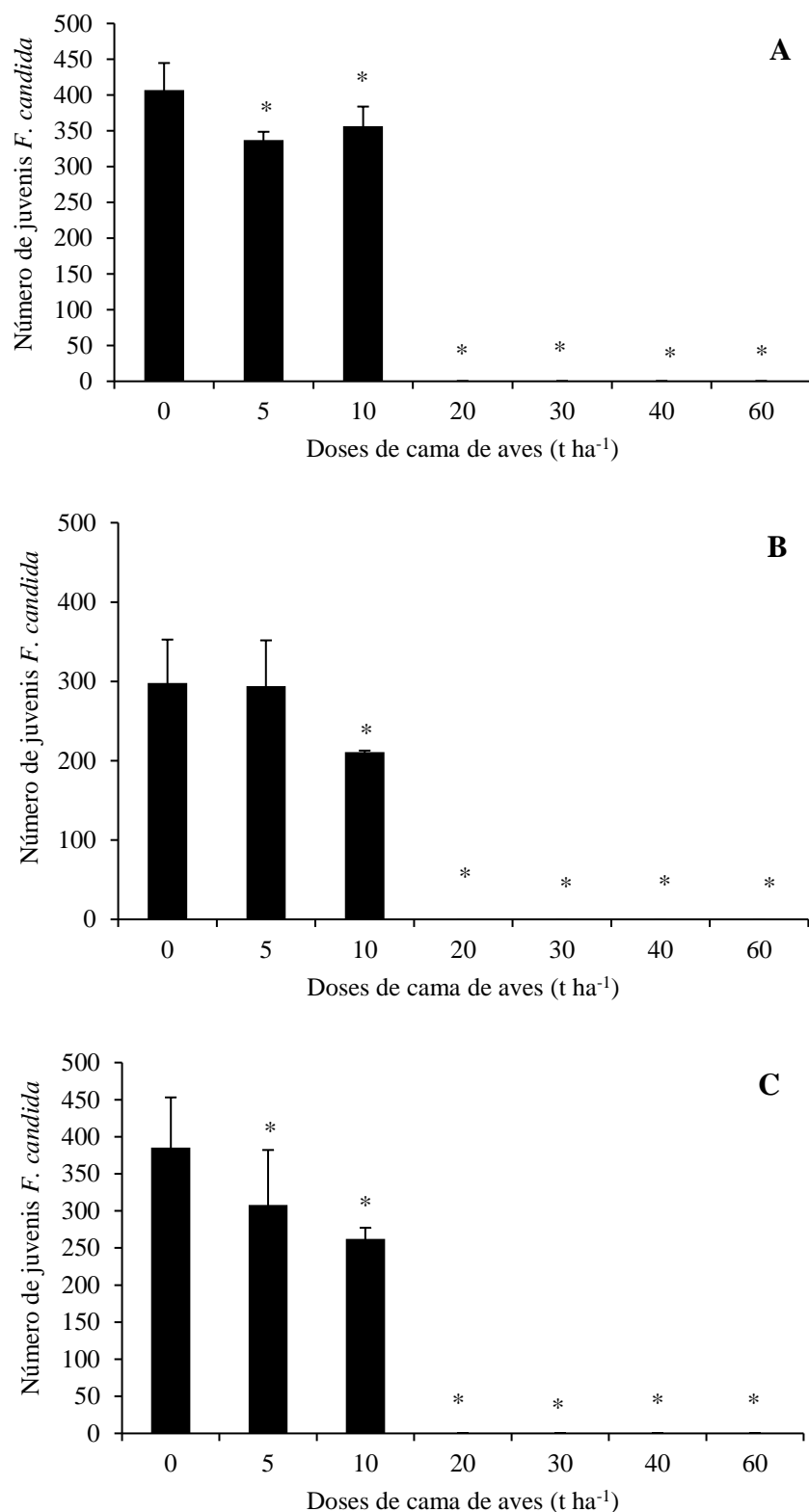


Figura 6 - Número médio de juvenis de *F. candida* quando expostos ao Neossolo Quartzarênico órtico típico contaminado com cama de aves e óleo essencial de *C. zeylanicum* com duas pulverizações (A) 1<sup>a</sup> Coleta, (B) 2<sup>a</sup> Coleta e (C) 3<sup>a</sup> Coleta. (⊥) desvio-padrão (n = 5). Asteriscos (\*) indicam diferença significativa para número médio de juvenis ( $p \leq 0,05$ ; *one-way* ANOVA seguido de teste de Dunnett).

## 2.3 MANUSCRITO II

**De acordo com as normas: Revista Brasileira de Ciência do Solo**

**Avaliação ecotoxicológica da cama de aves na reprodução de *Enchytraeus crypticus* em solos de Santa Catarina**

Manuela Testa<sup>1</sup> & Dilmar Baretta<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Zootecnia, Universidade do Estado de Santa Catarina, UDESC-  
Oeste, Chapecó/SC.

### RESUMO

Para os avicultores o destino mais comum e prático dado à cama de aves é o seu uso na adubação de áreas agrícolas, pois a cama apresenta adequadas características agronômicas. O objetivo dos autores foi avaliar se a aplicação de cama de aves contaminada com dois inseticidas (cipermetrina e óleo essencial *Cinnamomum zeylanicum*) em solos de Santa Catarina afeta a reprodução de enquitreídeos da espécie *Enchytraeus crypticus*. Foram realizadas três coletas de cama de aves, onde estas estavam contaminadas com cipermetrina e óleo essencial *C. zeylanicum* com uma pulverização e duas pulverizações. Os ensaios ecotoxicológicos foram realizados utilizando dois solos naturais, o Neossolo Quartzarênico órtico típico (Neossolo) e o Latossolo Vermelho distrófico (Latosolo). Para o Neossolo as doses utilizadas foram 0; 5; 10; 20; 30; 40; 60 t ha<sup>-1</sup> de cama de aves e para o Latossolo foram 0; 10; 20; 40; 60; 80; 100 t ha<sup>-1</sup> de cama de aves. Para os ensaios realizados com o Neossolo, a partir da dose de 20 t ha<sup>-1</sup> de cama de aves houve efeito significativo ( $p \leq 0,05$ ) para a reprodução dos *E. crypticus*. Já para o Latossolo a reprodução dos enquitreídeos *E. crypticus* foi estimulada pelo aporte de material orgânico no solo, à medida que as doses de cama de aves foram aumentando a reprodução destes organismos também aumentou. Para estes dados não foi detectado diferença estatísticas e também não foi calculado os valores de CE<sub>20</sub> e CE<sub>50</sub> devido à conformidade dos dados. A avaliação de comparação das três coletas de cama foi realizada apenas para os dados do Neossolo, onde foi observada diferença entre os tempos de coleta para as três camas avaliadas, cipermetrina e óleo essencial *C. zeylanicum* com

uma e duas pulverizações. As informações apresentadas auxiliam nas pesquisas para encontrar inseticidas alternativos, com baixa toxicidade para o meio ambiente, além de contribuir para uma melhor gestão de resíduos orgânicos.

Palavras chave: produção animal, adubação orgânica, ecotoxicologia terrestre, enchytraédeos.

## ABSTRACT

For poultry farmers, the most common and practical destination for poultry litter is their use in fertilizing agricultural areas, since the litter has adequate agronomic characteristics. The objective of this study was to evaluate whether the application of poultry litter contaminated with two insecticides (cypermethrin and *Cinnamomun zeylanicum* essential oil) in soils of Santa Catarina affects the reproduction of enchytraeid of the species *Enchytraeus crypticus*. Three poultry litter collections were carried out, where they were contaminated with cypermethrin and *C. zeylanicum* essential oil with one spray and two sprays. The ecotoxicological tests were carried out using two natural soils, the Oxisol and the Entisol. For the Oxisol the doses used were 0; 5; 10; 20; 30; 40; 60 t ha<sup>-1</sup> of poultry litter and for the Entisol were 0; 10; 20; 40; 60; 80; 100 t ha<sup>-1</sup> poultry litter. For the tests performed with Oxisol, from the dose of 20 t ha<sup>-1</sup> of poultry litter there was a significant effect ( $p \leq 0.05$ ) for the reproduction of *E. crypticus*. However, for the Entisol, the reproduction of *E. crypticus* enchytraeid was stimulated by the contribution of organic material to the soil, as the doses of poultry litter were increasing the reproduction of these organisms also increased. For these data no statistical difference was detected and the values of EC<sub>20</sub> and EC<sub>50</sub> were also not calculated because of the data compliance. The comparison evaluation of the three litter collections was performed only for Oxisol data, where the difference between the collection times for the three litters evaluated was cypermethrin and *C. zeylanicum* essential oil with one and two sprays. The information presented helps research to find alternative insecticides, with low toxicity to the environment, and contribute to better management of organic waste.

## INTRODUÇÃO

No manejo da adubação podem-se utilizar fontes alternativas de fertilizantes, dentre os quais, podemos citar o uso de dejetos de bovinos, dejetos líquidos de suínos e cama

de aves. O uso dos resíduos provenientes da produção animal para a adubação é estimulado, pois são compostos ricos em nutrientes (Oliveira et al., 2016). Para os avicultores o destino mais comum e prático dado à cama de aves é o seu uso na adubação de áreas agrícolas, pois a cama apresenta excelentes características agrônômicas (Mierzwa-Hersztek et al., 2016). A cama de aves contém altos níveis de nutrientes e sua utilização pode diminuir os custos com insumos agrícolas, o que maximiza os lucros do sistema produtivo (Rogeri et al., 2015).

Ao contrário dos fertilizantes minerais que possuem composição definida, a composição da cama de aves pode variar de acordo com o manejo realizado no período produtivo e com a forma de armazenamento da cama (Oliveira et al., 2004). Este fertilizante orgânico pode conter resíduos de inseticidas utilizados no manejo de controle de cascudinhos, além disso, as excretas das aves contêm altos níveis de metais pesados e nitrogênio, elementos que contribuem para a contaminação ambiental (Nyamasoka et al., 2017).

Por questões de praticidade e viabilidade, na maioria das vezes a distribuição da cama de aves ocorre em doses superiores a capacidade de suporte do solo (Rogeri et al., 2015), ação esta que pode favorecer a lixiviação de compostos tóxicos pelo perfil do solo. A aplicação de elevadas quantidades de dejetos de origem animal no solo pode ser tóxica às plantas e aos organismos da fauna edáfica, pelo acúmulo de alguns nutrientes, como nitrogênio e fósforo (Baretta et al., 2003; Alves et al., 2008). Estudos realizados com organismos bioindicadores alertam sobre os riscos potenciais em curto e em longo prazo, do uso excessivo e/ou continuado de dejetos em áreas agrícolas (Domene et al., 2007; Martin e Stanislav, 2010; Delgado et al., 2012; Segat et al., 2015; Maccari et al., 2016; Mierzwa-Hersztek et al., 2016).

A ecotoxicologia terrestre é uma ciência que visa avaliar os efeitos que substâncias ou agentes estressores têm sobre as populações da fauna edáfica. Os testes ecotoxicológicos podem ser utilizados em análises de ambientes contaminados, e os resultados destes ensaios servem como complemento, uma vez que, as análises químicas não detectam efeitos sobre os organismos (Segat et al., 2015; O'Brien, 2017). Devido a sua alta sensibilidade ao estresse químico e ambiental, o enquitreídeo (*Oligochaeta*, Annelida) é um dos organismos padrões utilizados nos ensaios ecotoxicológicos (Römbke, 2003), pertencendo a um importante grupo responsável pela degradação da matéria orgânica, processamento do húmus e ciclagem de nutrientes no solo (Kobeticová et al., 2009).



Para aprimorar a prática de adubação com a cama de aves é necessário realizar pesquisas visando esclarecer quais as quantidades são caracterizadas como mais apropriadas para cada solo, o que pode auxiliar na elaboração de normas relacionadas ao seu uso agrícola. Além disso, é imprescindível avaliar a persistência dos inseticidas utilizados no manejo da mesma, no ambiente, bem como seus efeitos aos organismos não alvos.

Dessa forma, o objetivo dos autores foi avaliar se a aplicação de doses de cama de aves contaminada com dois inseticidas utilizados no manejo do cascudinho (*Alphitobius diaperinus*) em solos naturais de Santa Catarina pode afetar a reprodução de enquitreídeos da espécie *Enchytraeus crypticus*; avaliando também o efeito remanescente dos inseticidas após três coletas da cama de aves.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Solo Teste**

Para o estudo foram utilizados dois solos: Neossolo Quartzarênico órtico típico (Neossolo) coletado no município de Araranguá, SC (29° 00' 19,98" S e 49° 31' 03,84" W) e Latossolo Vermelho distrófico (Latossolo) coletado no município de Chapecó, SC (27° 05' 274" S e 052° 38' 085" W). Ambos os solos foram coletados na camada superficial de 0,0-0,2 m em uma área de floresta sem histórico de aplicação de pesticidas ou atividade pecuária. O solo foi seco em estufa (65 °C) e tamisado em peneira de malha 2 mm para homogeneização. Como controle para validação dos testes, foi utilizado o Solo Artificial Tropical (SAT) adaptado de Garcia (2004). Este solo consiste em uma mistura de 75 % de areia industrial (fina), 20 % de argila caulinítica e 5 % de fibra de coco seca e peneirada (2 mm). Todos os componentes foram misturados de forma homogênea e em seguida o pH foi corrigido com CaCO<sub>3</sub> para que o valor se mantivesse entre 5,5 e 6,5. Para realização dos testes a umidade dos solos naturais e do SAT foi ajustada para 65 % da máxima capacidade de retenção de água (ISO 11465, 1998). A caracterização dos parâmetros químicos e físicos dos solos naturais utilizados nos testes foi realizada conforme metodologia proposta por Tedesco et al. (1995) (Tabela 1).

### **Amostragem e caracterização da cama de aves**

A cama de aves utilizada foi proveniente de um galpão experimental, localizado no campus Oeste da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), sendo o

substrato absorvente das excretas das aves a maravalha de pinus (*Pinus elliottii*). A cama era de seis lotes sendo que cada lote é caracterizado por 45 dias de produção e nesta cama não foi aplicado nenhum produto comercial utilizado no manejo de controle do cascudinho. Para as aves alojadas nesta cama, não foi realizado o controle de endoparasitas e doenças com medicamentos veterinários. Foi realizada a coleta de uma amostra homogênea de cama de aves e posteriormente a coleta, o material foi submetido ao procedimento de compostagem com objetivo de simular o manejo realizado nas propriedades rurais. O processo foi realizado em laboratório, onde a cama foi acondicionada em leira de 1 x 1 m (altura e largura), posteriormente foi coberta por lona preta e teve duração de sete dias. A caracterização química da cama de aves foi realizada de acordo com o método proposto por Tedesco et al. (1995) (Tabela 2).

### **Tratamentos**

Após o processo de compostagem, a cama de aves foi acondicionada em caixas plásticas com dimensões de 0,035 m<sup>3</sup> (unidade experimental), a fim de simular o ambiente dos aviários as unidades experimentais foram preenchidas com 0,10 m de altura de cama de aves e 150 cascudinhos adultos. Em seguida foi realizada a pulverização dos inseticidas utilizados no controle de ectoparasitas, sendo um de origem sintética a base de cipermetrina e outro de origem fitoterápica. A dose pulverizada do inseticida a base de cipermetrina foi definida após uma revisão de literatura, sendo definido a dose de 5 g m<sup>-2</sup> (Dias et al., 2013). O produto fitoterápico era composto por óleo essencial de *C. zeylanicum* e, para este experimento, foi utilizado a concentração de 5 % (Volpato et al., 2016), na dose de 5 g m<sup>-2</sup>.

Como o óleo essencial de *C. zeylanicum* é um produto com características hidrofóbicas foi necessário realizar sua diluição com em um solvente (Dimetil Sulfóxido – DMSO). Para eliminar quaisquer suspeitas da interferência do solvente nos resultados e validar o experimento, foi realizado a pulverização de uma solução a 5 % do solvente DMSO em uma cama sem tratamento. Para cada cama foi realizado três coletas, uma aos 10, 25 e 45 dias após as pulverizações.

Para realização dos testes ecotoxicológicos os tratamentos consistiram em doses de cama de aves contaminada com os inseticidas. As doses foram definidas após a realização de pré-testes. Para o Neossolo as doses utilizadas foram 0; 5; 10; 20; 30; 40; 60 t ha<sup>-1</sup> de cama de aves e para o Latossolo foram 0; 10; 20; 40; 60; 80; 100 t ha<sup>-1</sup> de

cama de aves. Os testes foram conduzidos em delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco repetições.

### **Organismo teste**

O teste foi conduzido com *Enchytraeus crypticus*, espécie de enquitreídeos internacionalmente padronizada (ISO 16387, 2004). O meio de cultura seguiu os padrões da ISO, com os organismos mantidos em ambiente com fotoperíodo controlado de 12:12 h (luz:escuro), e mantidos em ambiente com temperatura controlada ( $20 \pm 2$  °C). Semanalmente, os organismos foram alimentados com flocos de aveia moída e esterilizada e a umidade do meio de criação corrigida pela adição de água destilada.

### **Testes de reprodução com *Enchytraeus crypticus***

A avaliação da reprodução de *E. crypticus* seguiu as recomendações da ISO 16387 (2004). Cada unidade experimental consistiu em um recipiente plástico (altura: 0,06 m; diâmetro: 0,065 m) preenchido com 0,03 kg de solo com a respectiva dose de cama de aves. Cada pote recebeu 10 indivíduos adultos clitelados e estes foram alimentados com flocos de aveia moídos e esterilizados, o fornecimento foi fracionado sendo, no início do experimento, aos 14 e 21 dias. Os recipientes foram abertos semanalmente para aeração e para correção da umidade.

O teste de reprodução teve duração de 28 dias e após este período os indivíduos juvenis foram contabilizados. Primeiro, os organismos foram fixados em álcool absoluto e coloridos com rosa de bengala (solução de 1 % com etanol), o conteúdo dos potes teste foi submetido a peneiramento úmido (malha 103 mm) e os enquitreídeos (adultos + juvenis) foram contabilizados com auxílio de uma lupa.

### **Análise estatística**

Os dados de reprodução foram submetidos à análise de variância (ANOVA One-way), e o teste de Dunnett ( $p \leq 0,05$ ) para verificar as diferenças entre os tratamentos e o controle através do *software* Statistica 7.0 (Statsoft, 2004). A normalidade e homogeneidade das variáveis foram verificadas através do teste de Kolmogorov-Smirnov e Levene, respectivamente. A partir de análises de regressão não-linear desenvolvidas com o programa Statistica 7.0 (Statsoft, 2004), obteve-se os valores de CE<sub>20</sub> e CE<sub>50</sub> (Concentração efetiva para 20 % e 50 % dos organismos) para os testes de reprodução. Para verificar se houve efeito entre as coletas de cama de aves, foi realizado o teste de

significância de Behrens-Fisher ( $p \leq 0,05$ ) (*generalized likelihood ratio test*), conforme sugerido por Natal-da-Luz et al. (2011), onde foi comparado os valores de  $CE_{20}$  e  $CE_{50}$  entre as coletas para cada cama e solo avaliados.

## RESULTADOS

### Validação do teste ecotoxicológico

O ensaio de reprodução com enquitreídeos *E. crypticus* foi validado de acordo a ISO 16387 (2004), onde a mortalidade de adultos no SAT foi inferior a 20 % com presença de mais de 25 juvenis por réplica e coeficiente de variação inferior a 50 %.

A utilização do DMSO como solvente para o óleo essencial de *C. zeylanicum* não causou efeito na reprodução dos organismos testados em ambos dos solos ( $p \leq 0,05$ ), não havendo diferenças entre o controle e controle-solvente, portanto não interferiu no teste.

### Reprodução de *E. crypticus* – Latossolo

Os dados obtidos para o Latossolo não apresentaram efeito significativo de redução dos indivíduos juvenis, houve um estímulo a reprodução dos *E. crypticus* (Figuras 1, 2 e 3) sendo correspondentes a pulverização de cipermetrina, óleo essencial de *C. zeylanicum* com uma e duas pulverizações, respectivamente.

### Reprodução de *E. crypticus* - Neossolo

#### Cipermetrina

Foi observada diferença entre os tempos de coleta e as doses de cama de aves contaminada com cipermetrina. Na primeira coleta a redução na reprodução dos *E. crypticus* ocorreu a partir da dose de  $10 \text{ t ha}^{-1}$  de cama de aves. Para a segunda e terceira coleta a redução no número de juvenis foi significativa na dose 40 e  $60 \text{ t ha}^{-1}$  de cama de aves, respectivamente (Figura 4). Os valores calculados para o  $CE_{20}$  foram  $10 \text{ t ha}^{-1}$ ,  $35 \text{ t ha}^{-1}$  e  $28 \text{ t ha}^{-1}$  sendo respectivos à primeira, segunda e terceira coleta; ao avaliar o  $CE_{50}$  os valores obtidos foram  $32,6 \text{ t ha}^{-1}$  para a primeira coleta,  $38,2 \text{ t ha}^{-1}$  para a segunda e  $36,4$  para a terceira coleta, os dados para ambos os CE são apresentados na Tabela 3. Foi detectado efeito de tempo apenas com os dados do  $CE_{20}$ , sendo observado efeito entre as comparações 1ª coleta v. 2ª coleta e 1ª coleta v. 3ª coleta.

### **Óleo essencial de *C. zeylanicum* uma pulverização**

Os resultados obtidos para a cama de aves contaminada com o óleo essencial de *C. zeylanicum* com uma pulverização apontam toxidez para os *E. crypticus*, para a primeira coleta a redução na reprodução foi a partir da dose de 40 t ha<sup>-1</sup> de cama de aves, para a segunda e terceira coleta o número de juvenis foi reduzido significativamente a partir de 30 t ha<sup>-1</sup> (Figura 5). Para o CE<sub>20</sub> os valores calculados foram 34,8 t ha<sup>-1</sup> (primeira coleta), 23,3 t ha<sup>-1</sup> (segunda coleta) e 25,1 t ha<sup>-1</sup> (terceira coleta); os valores referentes ao CE<sub>50</sub> são 49,3 t ha<sup>-1</sup> para a primeira coleta, 29,7 t ha<sup>-1</sup> e 29,4 t ha<sup>-1</sup> para a segunda e terceira coleta (Tabela 3). Em relação à comparação entre os tempos de coleta foi observado efeito variado entre os CE, para o CE<sub>20</sub> o efeito foi detectado entre a 1<sup>a</sup> coleta v. 2<sup>a</sup> coleta. E as comparações utilizando o CE<sub>50</sub> apontaram efeito entre a 1<sup>a</sup> v. 2<sup>a</sup> coleta e 1<sup>a</sup> coleta v. 3<sup>a</sup> coleta.

### **Óleo essencial de *C. zeylanicum* duas pulverizações**

Os resultados para a cama contaminada com o óleo essencial de *C. zeylanicum* com duas pulverizações são apresentados na Figura 6, onde se pode observar que para a primeira e terceira coleta de cama os efeitos tóxicos foram significativos a partir de 30 t ha<sup>-1</sup> de cama de aves, já para a segunda coleta os efeitos tóxicos são observados a partir de 40 t ha<sup>-1</sup>. Os valores calculados de CE<sub>20</sub> para as coletas são 28,7 t ha<sup>-1</sup>, 31,8 t ha<sup>-1</sup> e 24,3 t ha<sup>-1</sup> correspondendo à primeira, segunda e terceira coleta respectivamente; os valores referentes ao CE<sub>50</sub> são 44,9 t ha<sup>-1</sup> para a primeira coleta, 36,5 t ha<sup>-1</sup> para a segunda coleta e 28,7 t ha<sup>-1</sup> de cama de aves para a terceira coleta (Tabela 3). A comparação entre os tempos utilizando os valores de CE<sub>20</sub> foi realizada e o efeito significativo entre as coletas foi apontado ao comparar 2<sup>a</sup> coleta v. 3<sup>a</sup> coleta, e a análise utilizando o CE<sub>50</sub> apontou efeito significativo entre todas as comparações das coletas de cama de aves (1<sup>a</sup> v. 2<sup>a</sup> coleta; 2<sup>a</sup> v. 3<sup>a</sup> e 1<sup>a</sup> v. 3<sup>a</sup> coleta).

## **DISCUSSÃO**

A reprodução dos *E. crypticus* foi afetada quando estes foram expostos a doses de cama de aves, os efeitos negativos podem ser observados para o teste desenvolvido no Neossolo. O efeito observado foi atribuído ao aumento da dose de cama de aves, pois com o aumento da dose mais compostos são liberados, sendo detectado efeito tóxico ( $p \leq 0,05$ ) aos *E. crypticus* acima da dose de 20 t ha<sup>-1</sup> de cama de aves.

A decomposição da cama de aves em solos arenosos é mais rápida devido às características destes solos, que apresentam menor potencial de carga, tanto negativas quanto positivas para retenção de nutrientes no solo, contribuindo para maior lixiviação do nitrogênio e do fósforo (Corrêa e Miele, 2011). Devido a essas características, esse solo apresenta baixa capacidade de suporte em comparação a outros solos mais argilosos, e maior disponibilidade de alguns nutrientes e/ou metais pesados (Maccari et al., 2016), afetando de forma negativa a comunidade edáfica.

Deve-se ter cautela ao utilizar a cama de aves como adubo orgânico em solos de textura arenosa, como é o caso do Neossolo utilizado no presente estudo, pois devido às propriedades desse solo (baixo pH, matéria orgânica e CTC), é elevado o risco de ocorrer maior acúmulo de fósforo e/ou lixiviação do nitrogênio (Delaune et al., 2006), o que pode causar toxicidade as culturas, aos organismos da fauna edáfica e aquática.

Estes efeitos tóxicos aos enquitreídeos podem estar relacionados à presença de nitrogênio na cama de aves, onde ao se decompor a cama libera amônia por volatilização podendo causar toxidez. Há relatos na literatura de que em áreas onde foram utilizados fertilizantes nitrogenados, ocorreu redução significativa na abundância e riqueza de enquitreídeos (Standen, 1982; Assis, 2016). Os resultados sobre os efeitos do nitrogênio sob enquitreídeos são variáveis. Em um estudo Yesmin et al. (1995), detectou que a população de enquitreídeos diminuiu conforme o aumento da deposição de N no ambiente. Em contrapartida a estes resultados Prendergast-Millera et al. (2008), não observaram efeito negativo sob enquitreídeos após três anos de alta exposição á amônia.

O aumento da reprodução dos enquitreídeos *E. crypticus*, no Latossolo, conforme o acréscimo da dose de cama de aves pode ser atribuído ao aumento do teor de matéria orgânica no solo. Este efeito foi observado por Pompeo et al. (2016), que ao realizar amostragens da fauna edáfica em diferentes sistemas de uso do solo, relacionaram a maior abundância de minhocas, enquitreídeos e colêmbolos com o maior teor de matéria orgânica do solo independente do manejo adotado na área.

Os enquitreídeos são reconhecidos pelo seu papel na degradação da matéria orgânica (Pelosi e Römbke, 2017), sendo encontrados em maior abundância em solos ricos em matéria orgânica além de umidade e oxigênio suficientes (Niva et al., 2015). Em um estudo realizado por Jänsch et al. (2005) foi descrito a preferência do gênero *Enchytraeus* por ambientes antropizados, como áreas de pastagens e lavouras.

A resistência dos enquitreídeos a contaminantes orgânicos também foi observada por outros pesquisadores. Renaud et al. (2017), compararam a toxicidade de oito

diferentes resíduos orgânicos sob colêmbolos (*Folsomia candida*), minhocas (*Eisenia andrei*), enquitreídeos (*E. crypticus*) e ácaros (*Hypoaspis aculeifer*) e os resultados foram consistentes apontando o *E. crypticus* e o *H. aculeifer* como as espécies mais resistentes frente a uma gama de compostos potencialmente tóxicos. Em outro estudo Bart et al. (2017), ressaltaram que as minhocas (*Aporrectodea caliginosa*) foram mais sensíveis do que os enquitreídeos (*E. albidus*) ao serem expostas a dois pesticidas (Cuprafor micro® - oxicloreto de cobre e Swing Gold® - epoxiconazol e dimoxistrobina), estes resultados foram obtidos para os testes de letalidade e fuga além da avaliação de perda de biomassa.

Os resultados encontrados na literatura são variáveis, mas devem-se levar em consideração as diferentes classes de solo e suas características que influenciam os indicadores químicos e físicos. Essas diferenças podem ser atribuídas à capacidade dos enquitreídeos em se desenvolver sobre determinadas características do solo (Segat, 2016), sendo que a distribuição de um mesmo composto em solos distintos causa diferentes níveis de toxicidade para os enquitreídeos (Amorim et al., 2005), mesmo que o *E. crypticus* seja capaz de se desenvolver em diferentes ambientes este efeito ainda pode ser observado (Niva et al., 2015).

No presente estudo, para o Latossolo é possível observar que não houve efeito residual tóxico da cipermetrina e do óleo essencial *C. zeylanicum*. Zortéa et al. (2015), observaram efeito tóxico para colêmbolos ao aplicar a cipermetrina no solo e ainda reforçaram que era necessário realizar pesquisas avaliando o efeito tóxico da cama de aves com resíduos da cipermetrina utilizada no manejo de controle dos *A. diaperinus*. Estes efeitos podem ser atribuídos às características da cama de aves que propiciam um ambiente adequado para a ação dos microrganismos (Rogeri et al., 2015; Rogeri et al., 2016; Lourenço et al., 2016), que por consequência irá aumentar a taxa de mineralização (Cardoso et al., 2011). Resultados como os apresentados neste trabalho reforçam a importância de realizar estudos avaliando o impacto de compostos sob enquitreídeos, pois as comunidades de enquitreídeos são sensíveis a mudanças no uso e gerenciamento do solo, tanto em termos de abundância populacional quanto de diversidade de espécies (Pelosi e Römbke, 2017).

## CONCLUSÕES

A reprodução dos enquitreídeos *E. crypticus* foi afetada negativamente nos testes realizados no Neossolo, com aumento da dose de cama de aves o número de juvenis

reduziu, com efeitos significativos a partir da aplicação de 20 t ha<sup>-1</sup> de cama de aves. Para o Latossolo, independente da cama testada, houve estímulo da reprodução dos enquitreídeos, ou seja, conforme aumentou a dose de cama de aves à reprodução destes organismos também aumentou.

As comparações entre os tempos de coleta foram calculadas apenas para os dados obtidos no Neossolo, devido o comportamento dos dados do Latossolo não foi possível calcular os valores de CE<sub>x</sub> e por consequência as comparações de Behrens-Fisher também não foram realizadas.

Os diferentes resultados obtidos para os diferentes solos estudados reforçam a importância de utilizar mais de uma classe de solo ao avaliar matrizes orgânicas. As informações apresentadas neste trabalho podem auxiliar na gestão de resíduos orgânicos, fornecendo informações sobre potenciais fontes de efeitos tóxicos, aumentando os benefícios para cadeia trófica quando estes materiais são aplicados no solo.

## REFERÊNCIAS

Alves MV, Santos JCP, Gois DT, Alberton JV, Baretta D. Macrofauna do solo influenciada pelo uso de fertilizantes químicos e dejetos de suínos no oeste do Estado de Santa Catarina. R. Bras Ci Solo. 2008; 32:589-598.

Amorim MJB, Römbke J, Soares AMVM. Avoidance behaviour of *Enchytraeus albidus*: Effects of benomyl, carbendazim, phenmedipham and different soil types. Chemosphere. 2005; 59:501-510. doi: 10.1016/j.chemosphere.2005.01.057.

Assis O. Enquitreídeos (Enchytraeidae, Oligochaeta) como indicadores do manejo do solo e em ensaios ecotoxicológicos [Dissertação]. Curitiba: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2016.

Baretta D, Santos JCP, Mafra AL, Wildner L do P, Miquelluti DJ. Fauna edáfica avaliada por armadilhas de catação manual afetada pelo manejo do solo na região Oeste Catarinense. Rev Ciênc Agrov. 2003; 2:97-106.



Bart S, Laurent C, Péry ARR, Mougin C, Pelosi C. Differences in sensitivity between earthworms and enchytraeids exposed to two commercial fungicides. *Ecotoxicol Environ Safe*. 2017; 140:177-184. doi: 10.1016/j.ecoenv.2017.02.052.

Cardoso EG, Sá JCDM, Briedis C, Ferreira ADO, Borszowskei PR, Santos JB, Baranek EJ. Nitrogen dynamics in soil management systems: II-mineralization and nitrification rates. *Rev Bras Cienc Solo*. 2011; 35:1651-1660. doi:10.1590/S0100-06832011000500019.

Carneiro WJO, Silva CA, Muniz JÁ, Savian TV. Mineralização de nitrogênio em latossolos adubados com resíduos orgânicos. *Rev Bras Ciênc Solo*. 2013; 37:715-725.

Chagas E, Araújo AP, Teixeira MG, Guerra JGM. Decomposição e liberação de nitrogênio, fósforo e potássio de resíduos da cultura do feijoeiro. *Rev Bras Cienc Solo*. 2007; 31:723-729. doi: 10.1590/S0100-06832007000400013.

Corrêa JC, Miele M. A cama de aves e os aspectos agronômicos, ambientais e econômicos. In: Palhares JCP, Kunz A, editor. *Manejo ambiental na avicultura*. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, Documentos 149. 2011; 125-152.

Delaune PB, Moore PA, Lemunyon JL. Effect of chemical and microbial amendment on phosphorus runoff from composted poultry litter. *J. Environ Qual*. 2006; 35:1291-1296. doi: 10.2134/jeq2005.0398.

Delgado M, Rodríguez C, Martín JV, Miralles de Imperial R, Alonso F. Environmental assay on the effect of poultry manure application on soil organisms in agroecosystems. *Sci Total Environ*. 2012; 1:416-532. doi: 10.1016/j.scitotenv.2011.11.047.

Dias DA, Vargas AB, Almeida FS. Efeitos de dosagem mais concentrada de cipermetrina no controle de cascudinho (Coleoptera: Tenebrionidae) na avicultura. *Rev Acad Agrár Ambient*. 2013; 11:437-442. doi:10.7213/academico.011.004.AO11.

Domene X, Alcañiz JM, Andrés P. Ecotoxicological of organic wastes using the soil collembolan *Folsomia candida*. Appl Soil Ecol. 2007; 35:461-472. doi: 10.1016/j.apsoil.2006.10.004.

ISO - International Organization for Standardization. Soil quality - Determination of dry matter and water content on a mass basis - Gravimetric method. ISO 11465. Geneva, Switzerland; 1993.

ISO - International Organization for Standardization. Soil quality - Effects of pollutants on Enchytraeidae (*Enchytraeus* sp.) - Determination of effects on reproduction and survival. ISO 16387 Geneva; 2004.

Jänsch S, Römbke J, Didden W. The use of enchytraeids in ecological soil classification and assessment concepts. Ecotoxicol Environ Saf. 2005; 62:266-277. doi: 10.1016/j.ecoenv.2004.10.025.

Kobeticova K, Hofman J, Holoubek I. Avoidance response of *Enchytraeus albidus* in relation to carbendazim ageing. Environ Pollut. 2009; 157:704-706. doi: 10.1016/j.envpol.2008.09.032.

Lourenço KS, Ernani PR, Corrêa JC, Dal Molin SJ, Lourenço LS. Addition of urease inhibitor has no effect on ammonia volatilization following soil application of poultry litter or organomineral fertilizer, unlike urea. Rev Bras Cienc Solo. 2016;40. doi: 10.1590/18069657rbc20150031:e0150031.

Maccari AP, Baretta D, Paiano D, Leston S, Freitas A, Ramos F, Sousa JP, Klauber-Filho O. Ecotoxicological effects of pig manure on *Folsomia candida* in subtropical Brazilian soils. J. Hazard Mater. 2016; 314:113-120. doi: 10.1016/j.jhazmat.2016.04.013.

Martin V, Stanislav M. Using an ecotoxicological soil test battery for testing anaerobically-digested sludge for application on agricultural land. In: Marktredwitzer Bodenschutztag, Bodenschutz in Europa. 2010; 230:212-217.

Mierzwa-Hersztek M, Gondek K, Baran A. Effect of poultry litter biochar on soil enzymatic activity, ecotoxicity and plant growth. *Appl Soil Ecol.* 2016; 105:144-150. doi: 10.1016/j.apsoil.2016.04.006.

Nakamura Y. The effect of soil management on the soil faunal makeup of a cropped andosol in central Japan. *Soil Tillage Res.* 1988; 12:177-186. doi: 10.1016/0167-1987(88)90040-2.

Niva CC, Cezarc RM, Fonseca PM, Zagatto MRG, Oliveira EM, Bush EF, Clasen LA, Brown GG. Enchytraeid abundance in Araucaria Mixed Forest determined by cold and hot wet extraction. *Braz J Biol.* 2015; 75:169-175. doi: 10.1590/1519-6984.08414.

Nyamasoka B, Marumbi R, Shumba A, Nyamugafata P, Madyiwa S, Nyamangara J. Yield, nutrient and heavy metal uptake of leafy vegetables grown in sewage sludge and poultry manure amended soils. *S Afr J Plant Soil.* 2017:1-4. doi: 10.1080/02571862.2017.1317850.

O'Brien AL. What are the roadblocks to using population models in ecotoxicology studies?. *Mar Pollut Bull.* 2017; 124:5-8. doi: 10.1016/j.marpolbul.2017.08.038.

Oliveira MC, Ferreira HA, Cancherini LC. Efeito de condicionadores químicos sobre a qualidade da cama de frango. *Arq Bras Med Vet Zootec.* 2004; 56:536-541. doi: 10.1590/S0102-09352004000400016.

Oliveira JGR, Filho JT, Barbosa GMdeC. Alterações na física do solo com a aplicação de dejetos animais. *Geographia Opportuno Tempore.* 2016; 2:66-80.

Pelosi C, Römbke J. Enchytraeids as bioindicators of land use and management. *Appl Soil Ecol.* 2017; In Press. doi: 10.1016/j.apsoil.2017.05.014.

Pompeo PN, Santos MAB, Biasi JP, Siqueira SF, Rosa MG, Baretta CRDM, Baretta D. Fauna e sua relação com atributos edáficos em Lages, Santa Catarina – Brasil. *Sci Agric.* 2016; 17:42-51.

Prendergast-Miller L, Coleb L, Standen V, Rees R, Parker J, Leith I, Sheppard, L. Are enchytraeid worms (Oligochaeta) sensitive indicators of ammonia-N impacts on an ombrotrophic bog?. *Eur J Soil Biol.* 2008; 44:101-108. doi: 10.1016/j.ejsobi.2007.08.039.

Renaud M, Chelinho S, Alvarenga P, Mourinha C, Palma P, Sousa JP, Natal-da-Luz T. Organic wastes as soil amendments – Effects assessment towards soil invertebrates. *J. Hazard Mater.* 2017; 330:149-156. doi: 0.1016/j.jhazmat.2017.01.052.

Rogeri DA, Ernani PR, Lourenço KS, Cassol PC, Gatiboni LC. Mineralização e nitrificação do nitrogênio proveniente da cama de aves aplicada ao solo. *Rev Bras Eng Agríc Ambient.* 2015; 19:534-540. doi: 10.1590/1807-1929/agriambi.v19n6p534-540.

Rogeri DA, Ernani PR, Mantovani A, Lourenço KS. Composition of Poultry Litter in Southern Brazil. *Rev Bras Cienc Solo.* 2016;40. doi:10.1590/18069657rbcs20140697.

Römbke J. Ecotoxicological laboratory tests with enchytraeids: a review. *Pedobiologia* 2003; 47:1-10. doi: 10.1078/0031-4056-00235.

Segat JC. Avaliação ecotoxicológica da aplicação de dejetos líquidos de suínos em solos subtropicais [Tese]. Lages: Universidade do Estado de Santa Catarina, 2016.

Segat JC, Alves PRL, Baretta D, Cardoso, EJBN. Ecotoxicological evaluation of swine manure disposal on tropical soils in Brazil. *Ecotoxicol Environ Saf.* 2015; 122:91-97. doi: 10.1016/j.ecoenv.2015.07.017.

Standen V. Associations of enchytraeidae (Oligochaeta) in experimentally fertilized grasslands. *J. Anim Ecol.* 1982; 51:501-522. doi: 10.2307/3980.

Statsoft. Statistica 7.0 (data analysis software system). 2004.

Tedesco MJ, Gianello C, Bissani CA, Bohnen H, Volkweiss SJ. Análises de solo, plantas e outros materiais. 2 ed. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS; 1995.

Volpato A, Baretta D, Zortéa T, Campigotto G, Galli GA, Glombowsky P, Santos RCV, Quantrin PM, Ourique AF, Baldissera MD, Stefani LM, Silva AS. Larvicidal and insecticidal effect of *Cinnamomum zeylanicum* oil (pure and nanostructured) against mealworm (*Alphitobius diaperinus*) and its possible environmental effects. *J. Asia Pac Entomol.* 2016; 19:1159–1165. doi: 10.1016/j.aspen.2016.10.008.

Yesmin L, Fitzpatrick EA, Cresser MS, Evidence for atmospheric deposition impacts on the enchytraeid worm population of UK upland ombrotrophic peats. *Chem Ecol.* 1995; 11:193-205. doi: 10.1080/02757549508039070.

Zortéa T, Baretta D, Maccari AP, Segat JC, Boiago ES, Souza JP, Silva AS. Influence of cypermethrin on avoidance behavior, survival and reproduction of *Folsomia candida* in soil. *Chemosphere.* 2015; 122:94-98. doi: 10.1016/j.chemosphere.2014.11.018.

## Tabelas

Tabela 1. Parâmetros químicos e físicos do Neossolo Quartzarênico órtico típico (Neossolo) e do Latossolo Vermelho distrófico (Latosolo) na profundidade 0,0-0,2 m.

	Mo <sup>1</sup> (%)	pH	CTC <sup>2</sup>	Argila (%)	P (mg dm <sup>-3</sup> )	K (mg dm <sup>-3</sup> )	Ca ... (cmolc dm <sup>-3</sup> )...	Mg ... (mg dm <sup>-3</sup> )...	H+Al	Cu	Zn	Fe
Neossolo	0,9	4,1	4,9	4	6,7	34	2	0,8	2	1,5	1	72,5
Latosolo	3,9	4,3	12,3	55	3,5	124	3,2	1	7,8	1,4	0,8	79,7

<sup>1</sup>Matéria Orgânica;

<sup>2</sup>Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0.

Tabela 2. Parâmetros químicos e físicos das camas de aves.

Cama de aves	Coleta	pH (H <sub>2</sub> O)	Umidade (%)	N total (%)	P	K	Mn	Cu	Mg	Ca	Fe	Zn
					.....%.....							
Sem tratamento	-	7,70	29,08	2,75	3,73	2,24	0,02	0,004	0,93	4,50	0,55	0,007
	1	8,00	24,98	2,29	4,24	1,98	0,03	0,005	1,30	6,39	0,51	0,010
Cipermetrina	2	7,70	19,67	2,38	3,53	1,98	0,02	0,004	1,16	7,05	0,59	0,005
	3	7,70	17,06	2,78	3,92	1,91	0,01	0,003	1,02	5,31	0,44	0,003
Óleo uma pulverização	1	7,90	24,37	1,85	3,55	0,07	0,03	0,005	1,30	6,70	0,71	0,010
	2	8,00	21,62	2,06	3,53	2,24	0,03	0,004	1,01	5,66	0,49	0,007
	3	8,30	19,94	2,00	3,94	2,05	0,22	0,004	1,23	4,55	0,66	0,010
Óleo duas pulverizações	1	8,30	23,73	2,13	3,76	1,85	0,02	0,004	1,25	7,00	0,50	0,007
	2	7,50	26,51	2,92	3,73	2,11	0,02	0,003	1,11	4,99	0,66	0,003
	3	8,10	19,99	2,75	4,40	2,31	0,02	0,004	1,01	5,31	0,56	0,007

Tabela 3. Parâmetros ecotoxicológicos (CE<sub>20</sub> e CE<sub>50</sub>) calculado com base no teste de reprodução de enquitreídeos *E. crypticus*, expostos ao Neossolo Quartzarênico órtico típico (Neossolo) contaminado com cama de aves e cipermetrina, óleo essencial de *C. zeylanicum* com uma pulverização e óleo essencial de *C. zeylanicum* com duas pulverizações (valores em t ha<sup>-1</sup> cama de aves).

Cama de aves	Coleta	Modelo	CE <sub>20</sub>	CE <sub>50</sub>
Cipermetrina	1º coleta	gompertz	10 (6 - 13,9)	32,6 (27,3 - 37,9)
	2º coleta	gompertz	35 (21,3 - 48,7)	38,2 (32,9 - 43,6)
	3º coleta	gompertz	28 (18,8 - 37,5)	36,4 (31 - 41,7)
Óleo uma aplicação	1º coleta	gompertz	34,8 (23,5 - 46,2)	49,3 (41,1 - 57,5)
	2º coleta	gompertz	23,3 (19,3 - 29,7)	29,7 (27,3 - 32,2)
	3º coleta	hormesis	25,1 (22 - 28,2)	29,4 (25,3 - 33,6)
Óleo duas aplicações	1º coleta	hormesis	28,7 (22,6 - 34,8)	44,9 (36,5 - 53,3)
	2º coleta	gompertz	31,8 (26 - 37,1)	36,5 (33,7 - 39,3)
	3º coleta	hormesis	24,3 (21,6 - 27)	28,7 (24,8 - 32,6)

## Figuras

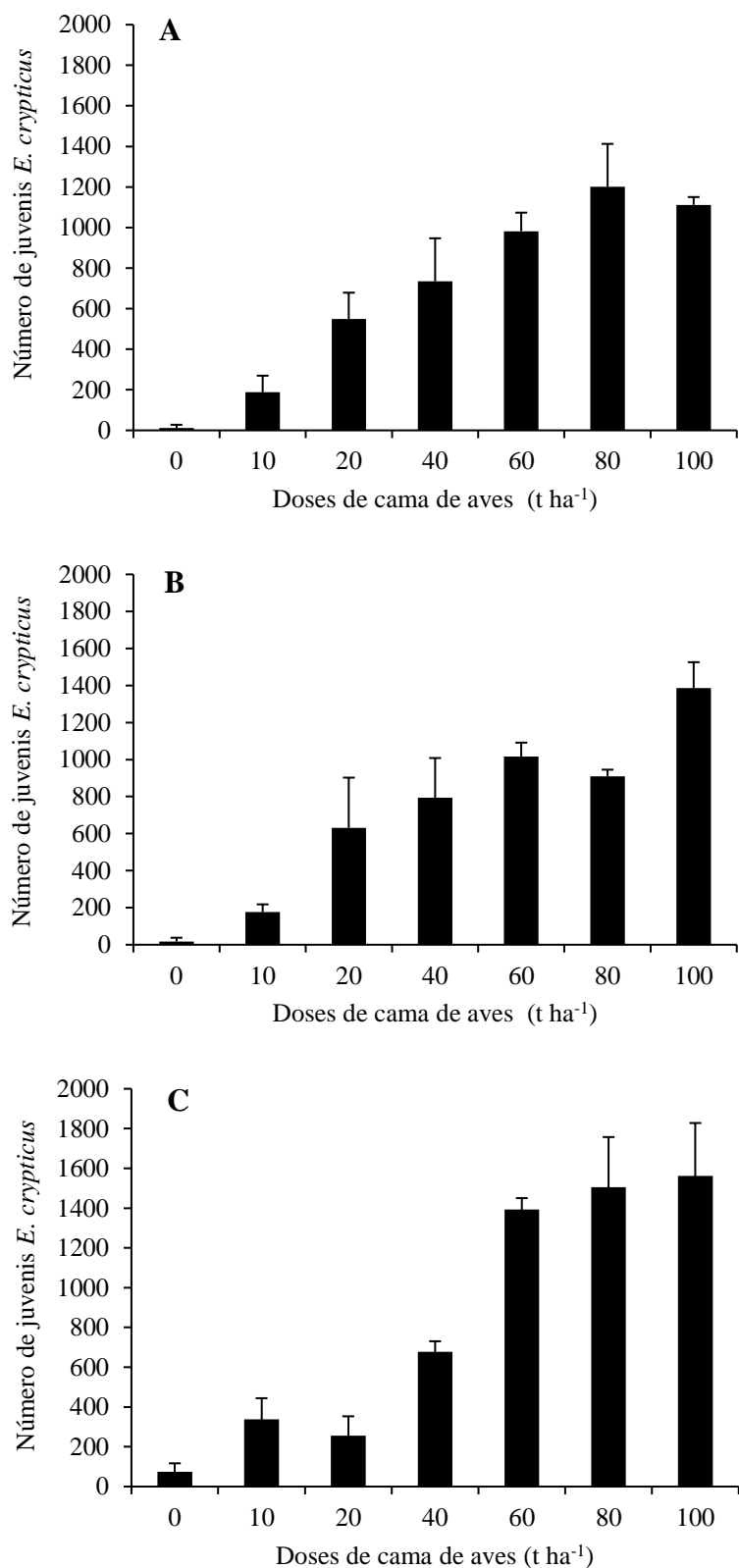


Figura 1 - Número médio de juvenis de *E. crypticus* quando expostos ao Latossolo Vermelho distrófico contaminado com cama de aves e cipermetrina (A) 1<sup>a</sup> Coleta, (B) 2<sup>a</sup> Coleta e (C) 3<sup>a</sup> Coleta. (⊥) desvio-padrão (n = 5). Asteriscos (\*) indicam redução significativa para número médio de juvenis (p ≤ 0,05; one-way ANOVA seguido de teste de Dunnett).

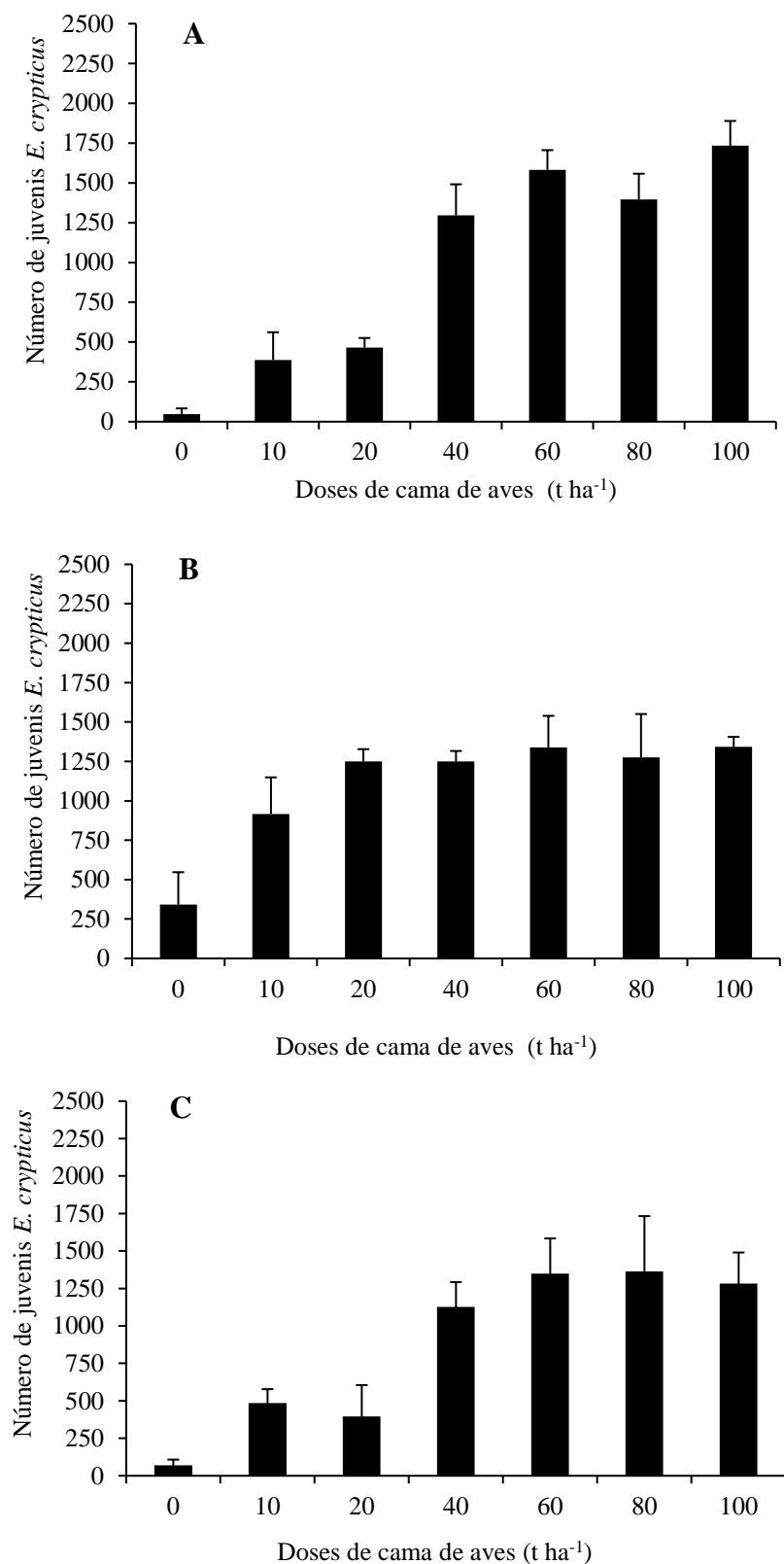


Figura 2 - Número médio de juvenis de *E. crypticus* quando expostos ao Latossolo Vermelho distrófico contaminado com cama de aves e óleo essencial de *C. zeylanicum* com uma pulverização (A) 1<sup>a</sup> Coleta, (B) 2<sup>a</sup> Coleta e (C) 3<sup>a</sup> Coleta. (⊥) desvio-padrão (n = 5). Asteriscos (\*) indicam redução significativa para número médio de juvenis ( $p \leq 0,05$ ; *one-way* ANOVA seguido de teste de Dunnett).



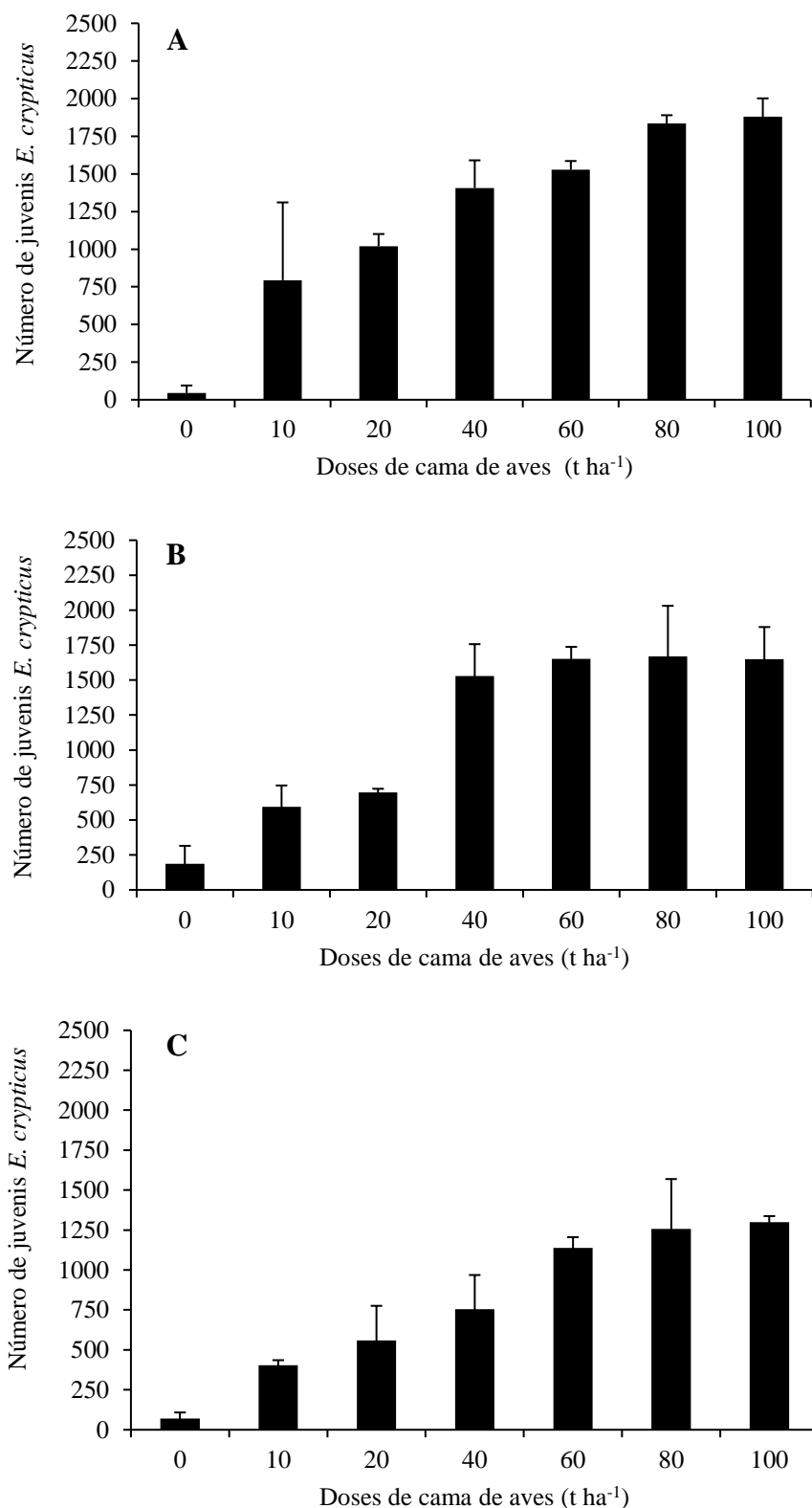


Figura 3 - Número médio de juvenis de *E. crypticus* quando expostos ao Latossolo Vermelho distrófico contaminado com cama de aves e óleo essencial de *C. zeylanicum* com duas pulverizações (A) 1<sup>a</sup> Coleta, (B) 2<sup>a</sup> Coleta e (C) 3<sup>a</sup> Coleta. (⊥) desvio-padrão (n = 5). Asteriscos (\*) indicam redução significativa para número médio de juvenis ( $p \leq 0,05$ ; *one-way* ANOVA seguido de teste de Dunnett).

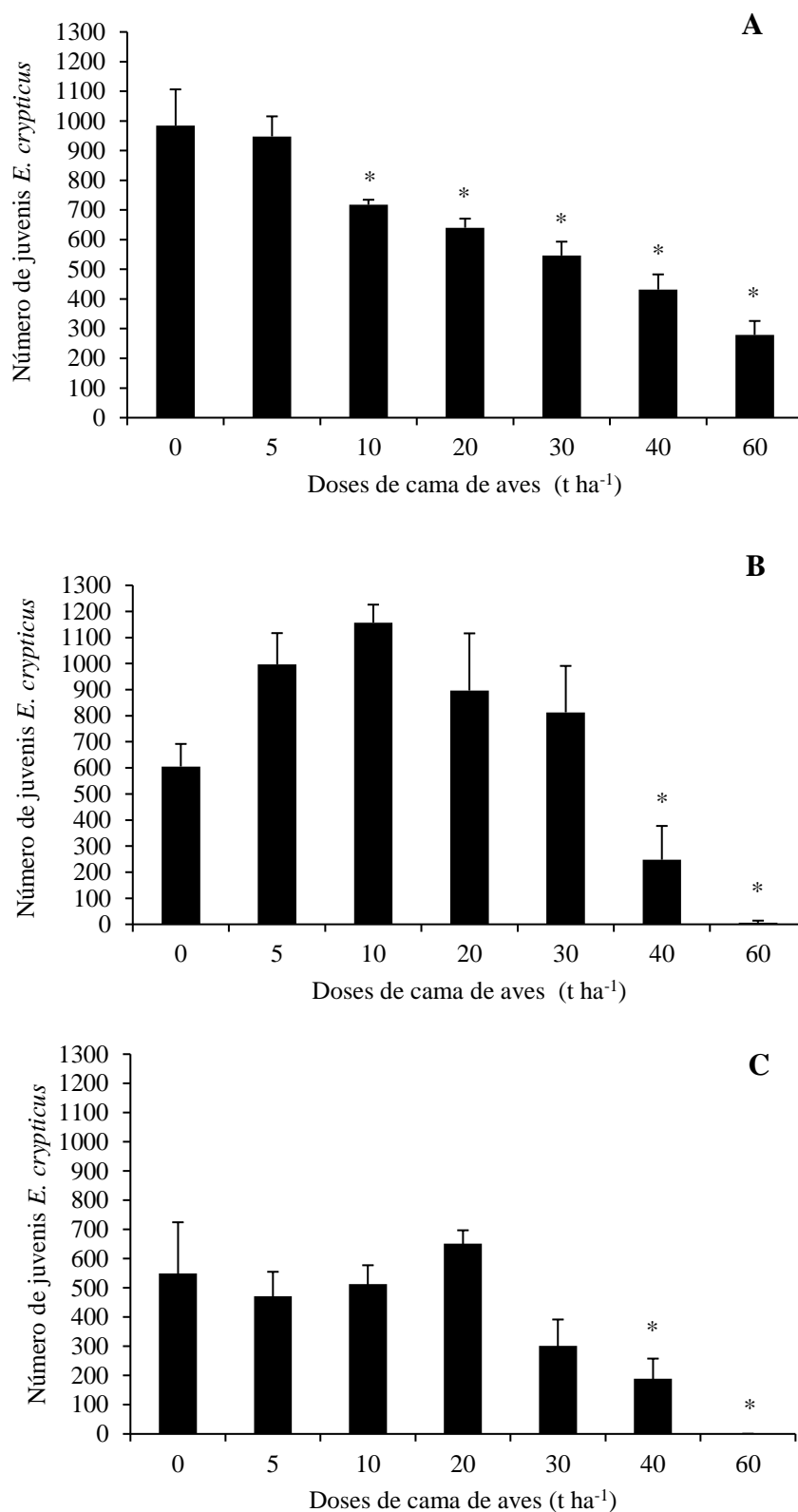


Figura 4 - Número médio de juvenis de *E. crypticus* quando expostos ao Neossolo Quartzarênico órtico típico contaminado com cama de aves e cipermetrina (A) 1<sup>a</sup> Coleta, (B) 2<sup>a</sup> Coleta e (C) 3<sup>a</sup> Coleta. (⊥) desvio-padrão (n = 5). Asteriscos (\*) indicam diferença significativa para número médio de juvenis ( $p \leq 0,05$ ; *one-way* ANOVA seguido de teste de Dunnett).

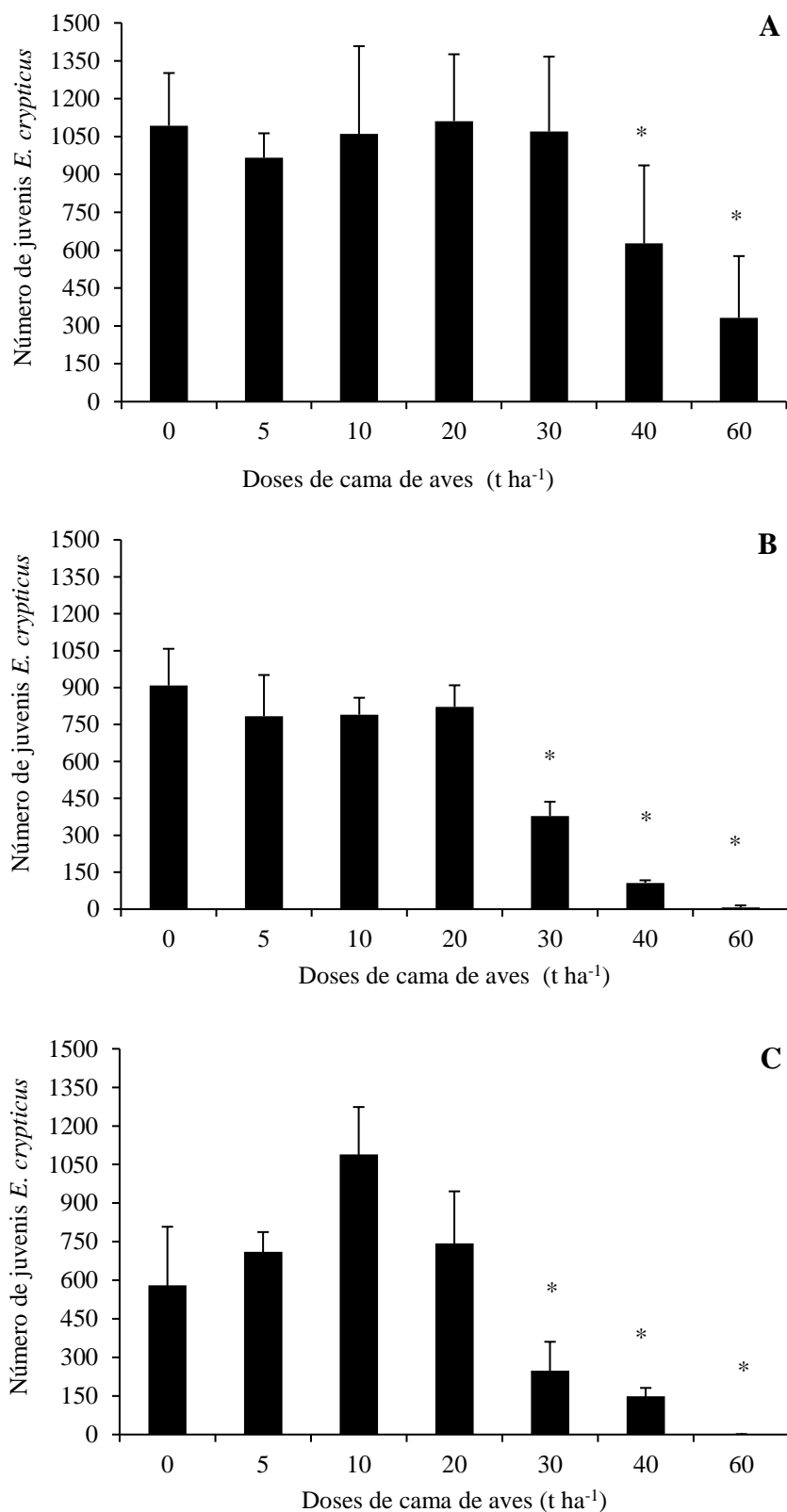


Figura 5 - Número médio de juvenis de *E. crypticus* quando expostos ao Neossolo Quartzarênico órtico típico contaminado com cama de aves e óleo essencial de *C. zeylanicum* uma pulverização (A) 1<sup>a</sup> Coleta, (B) 2<sup>a</sup> Coleta e (C) 3<sup>a</sup> Coleta. (⊥) desvio-padrão (n = 5). Asteriscos (\*) indicam diferença significativa para número médio de juvenis ( $p \leq 0,05$ ; *one-way* ANOVA seguido de teste de Dunnett).

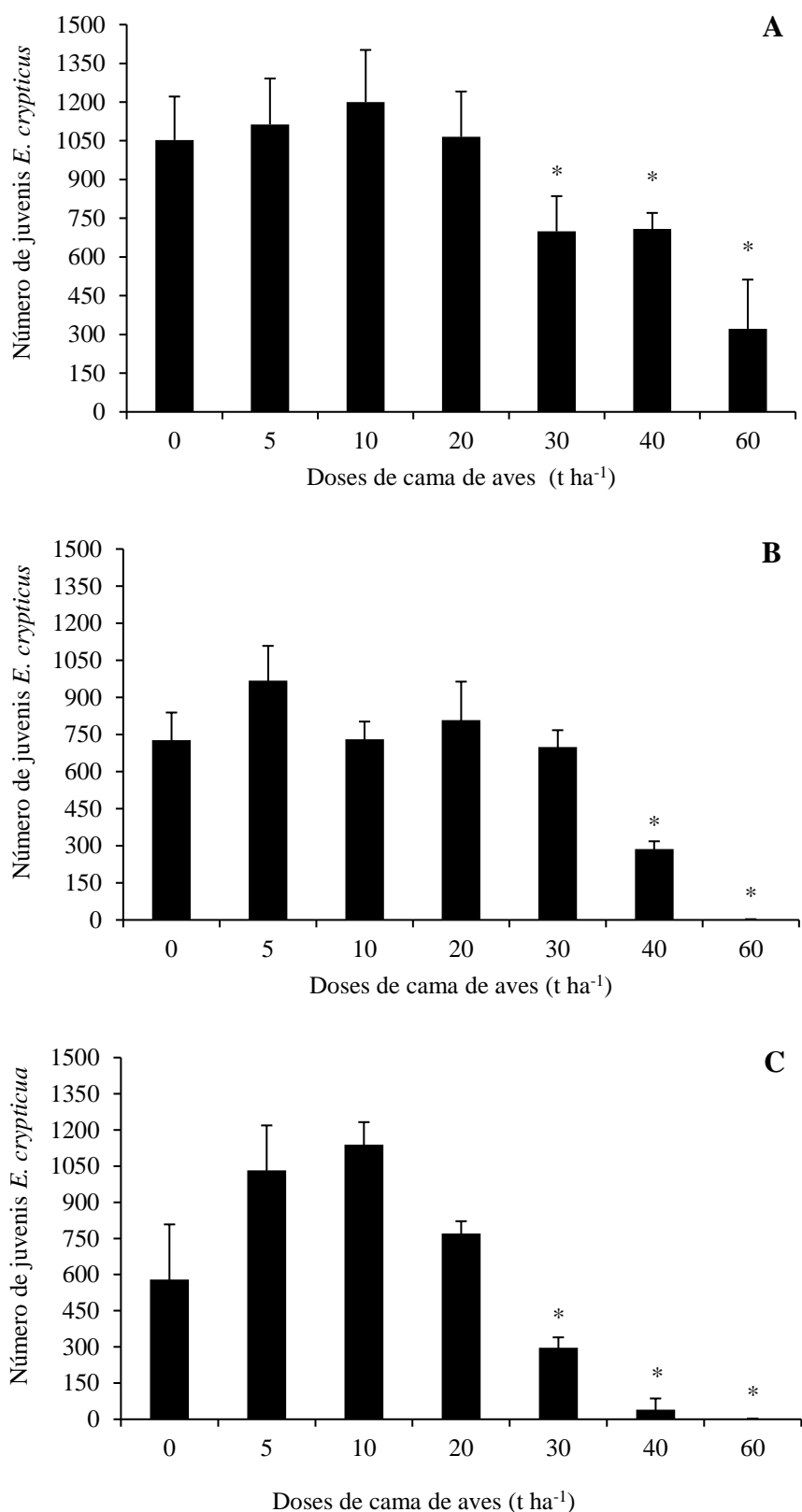


Figura 6 - Número médio de juvenis de *E. crypticus* quando expostos ao Neossolo Quartzarênico órtico típico contaminado com cama de aves e óleo essencial de *C. zeylanicum* duas pulverizações (A) 1<sup>a</sup> Coleta, (B) 2<sup>a</sup> Coleta e (C) 3<sup>a</sup> Coleta. (T) desvio-padrão (n = 5). Asteriscos (\*) indicam diferença significativa para número médio de juvenis ( $p \leq 0,05$ ; *one-way* ANOVA seguido de teste de Dunnett).

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente estudo, foi detectado resistência dos *A. diaperinus* frente à cipermetrina, sendo este muito utilizado atualmente em propriedades rurais. Ao avaliarmos o composto fitoterápico a base de óleo essencial de *C. zeylanicum*, pode-se observar a maior efetividade no controle dos *A. diaperinus*, além de que não foi observado efeito tóxico para as aves expostas a este produto.

Os ensaios ecotoxicológicos avaliando a cama de aves contaminada com os inseticidas utilizados no controle de cascudinhos, reforçam a atenção que deve ser dada ao fazer uso de resíduos da produção animal na adubação de áreas agrícolas. Para ambos os organismos avaliados foi observado efeito do aporte de material orgânico pelo aumento das doses de cama de aves, sendo que os enquitreídeos se apresentaram mais resistentes em comparação aos colêmbolos, apresentando maior estímulo da reprodução para os ensaios realizados no Latossolo. A avaliação dos compostos realizada em Neossolo se apresentou mais tóxica para a reprodução dos organismos. Desta forma pode-se verificar que os resíduos apresentam toxidez diferente no ambiente, podendo ser mais influenciados dependendo do grupo da fauna edáfica e tipo de solo.

A comparação entre os tempos de coleta da cama de aves apontou resultados diferentes de acordo com o organismo avaliado, sendo que estes efeitos foram observados apenas para o Neossolo. Para as avaliações entre os tempos de coleta no ensaio com *F. candida* a cama de aves contaminada com cipermetrina foi mais tóxica no decorrer das coletas, e no ensaio com *E. crypticus* o óleo essencial de *C. zeylanicum* se mostrou mais persistente na cama de aves.

É importante ressaltar que sejam realizados novos experimentos com outros grupos de organismos e também ensaios de longa duração que permitam avaliar a médio e longo prazo os efeitos do acúmulo de nutrientes e dos inseticidas em solos de Santa Catarina, além de avaliar seus efeitos em cursos d'água. Ao final, está prevista a publicação dos resultados sob a forma de artigos científicos em revistas indexadas nos principais bancos de dados.

#### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABPA - Associação Brasileira de Proteína Animal. Relatório anual 2017. Disponível em: <[http://abpa.br.com.br/storage/files/3678c\\_final\\_abpa\\_relatorio\\_anual\\_2016\\_portugues\\_web\\_reduzido.pdf](http://abpa.br.com.br/storage/files/3678c_final_abpa_relatorio_anual_2016_portugues_web_reduzido.pdf)>. Acesso em: 06 de novembro de 2017.
- AGYARKO-MINTAH, E. et al. Biochar lowers ammonia emission and improves nitrogen retention in poultry litter composting. **Waste Management**, v. 61, p. 129-137, 2017.
- ALVES, L. F. A. et al. Ocorrência de *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. em adultos de cascudinho (*Alphitobius diaperinus*) (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae) em aviários comerciais em Cascavel, PR. **Neotropical Entomology**, v. 33, n.6, p. 793-795, 2004.
- ALVES, L. F. A. et al. Ação da terra de diatomáceas contra adultos do cascudinho *Alphitobius diaperinus* (Panzer, 1797) (Coleoptera: Tenebrionidae). **Arquivos do Instituto Biológico de São Paulo**, v. 73, n. 1, p. 115-118, 2006.
- ALVES, L. F. A. et al. Eficiência de um novo inseticida comercial para o controle do cascudinho dos aviários (*Alphitobius diaperinus*) (Panzer) (coleoptera: Tenebrionidae). **Arquivos do Instituto Biológico de São Paulo**, v. 77, n. 4, p. 693-700, 2010.
- ALVES, P. R. L. et al. Ecotoxicological characterization of sugarcane vinasses when applied to tropical soils. **Science of the Total Environment**, v. 526, p. 222-232, 2015.
- ANDREA, M. M. Abordagens em ecotoxicologia terrestre no Brasil. In: XII Congresso Brasileiro de Ecotoxicologia. Porto de Galinhas – PE. **Resumos...** Porto de Galinhas: Sociedade Brasileira de Ecotoxicologia, 2012.
- ARANDA, M. A. et al. Panorama da avicultura: balanço do comércio brasileiro e internacional. **Revista Espacios**, v. 38, n. 21, p. 8, 2017.
- ATAMANALP, M. et al. The effects of cypermethrin (a synthetic pyrethroid) on some biochemical parameters Ca, P, Na and Cd) of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Turkish Journal of Veterinary and Animal**, v. 26, p. 1157-1160, 2002.
- BALANDRIN, M. F. et al. Natural plant chemicals: sources of industrial and medicinal materials. **Science**, v. 228, n. 4704, p. 1154-1160, 1985.
- BARETTA, D.; BROWN, G. G.; CARDOSO, E. J. B. N. Potencial da macrofauna e outras variáveis edáficas como indicadores de qualidade do solo em áreas com *Araucaria angustifolia*. **Acta Zoologica Mexicana**, v. 2, p. 135-150, 2010.

- BARROS, F. J. et al. Activity of essential oils of *Piper aduncum* and *Cinnamomum zeylanicum* by evaluating osmotic and morphologic fragility of erythrocytes. **European Journal of Integrative Medicine**, v. 8, p. 505-512, 2016.
- BASSOLÉ, I. H. N.; JULIANI, H. R. Essential oils in combination and their antimicrobial properties. **Molecules**, v. 17, p. 3989-4006, 2012.
- BORSA, S. et al. Níveis séricos de enzimas de função hepática em frangos de corte de criação industrial clinicamente saudáveis. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 58, n. 4, p. 675-677, 2006.
- CALIBEO-HAYES, D. et al. Lesser Mealworm (Coleoptera: Tenebrionidae) emergence after mechanical incorporation of poultry litter into field soils. **Journal of Economic Entomology**, v. 98, p. 229-235, 2005.
- CARDOSO, A. L. S. P.; TESSARI, E. N. C. Estudo dos parâmetros hematológicos em frangos de corte. **Arquivos do Instituto Biológico de São Paulo**, v. 70, n. 4, p. 419-424, 2003.
- CARVALHO, F. P. Pesticides, environment and food safety. **Food and Energy Security**, v. 6, p. 48-60, 2017.
- CASTRO-FERREIRA, M. P. et al. *Enchytraeus crypticus* as model species in soil ecotoxicology. **Chemosphere**, v. 87, p. 1222-1227, 2012.
- CEPA - Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola. Boletim agropecuário "Operação carne fraca". Disponível em: <[http://docweb.epagri.sc.gov.br/website\\_cepa/Boletim\\_agropecuario/Boletim\\_agropecuario\\_Edicao\\_especial\\_CARNES.pdf](http://docweb.epagri.sc.gov.br/website_cepa/Boletim_agropecuario/Boletim_agropecuario_Edicao_especial_CARNES.pdf)>. Acesso em: 17 mai. 2017.
- CESAR, R. G. et al. Disposal of dredged sediments in tropical soils: ecotoxicological effects on earthworms. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 186, p. 1487-1497, 2014.
- CHELINHO, S. et al. Soil microarthropod community testing: A new approach to increase the ecological relevance of effect data for pesticide risk assessment. **Applied Soil Ecology**, v. 83, p. 200-209, 2013.
- CHENG, S. S. et al. Chemical polymorphism and antifungal activity of essential oils from leaves of different provenances of *Indigenous cinnamon* (*Cinnamomum osmophloeum*). **Bioresource Technology**, v. 97, p. 306-312, 2006.
- CHERNAKI-LEFFER A. M. et al. Susceptibility of *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera, Tenebrionidae) to cypermethrin, dichlorvos and triflumuron in southern Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 55, p. 125-128, 2011.

CHERNAKI-LEFFER, A. M. et al. Isolamento de enterobactérias em *Alphitobius diaperinus* e na cama de aviários no Oeste do Estado do Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 4, p. 243-247, 2002.

CHERNAKI-LEFFER, A. M. et al. The laboratory efficacy of cypermethrin dust against lesser mealworm larvae and adults, *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae). **Journal of Animal and Veterinary Advances**, v. 11, n. 13, p. 2215-2219, 2012.

CHERNAKI-LEFFER, A. M. et al. Vectorial competence of larvae and adults of *Alphitobius diaperinus* in the transmission of *Salmonella Enteritidis* in poultry. **Vector-Borne and Zoonotic Diseases**, v. 10, p. 481-487, 2010.

CORRÊA, J. C. R.; SALGADO, H. R. N. Atividade inseticida das plantas e aplicações: revisão. **Revista Brasileira Plantas Mediciniais**, v. 13, n. 4, p. 500-506, 2011.

CORREA, Y. D. C. G. et al. Locomotory and physiological responses induced by clove and cinnamon essential oils in the maize weevil *Sitophilus zeamais*. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 125, p. 31-37, 2015.

DIAS D. A.; VARGAS A. B.; ALMEIDA F. S. Efeitos de dosagem mais concentrada de cipermetrina no controle de cascudinho (Coleoptera: Tenebrionidae) na avicultura. **Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 11, n. 4, p. 437-442, 2013.

DIDDEN, W. A. M.; RÖMBKE, J. Enchytraeids as indicator organisms for chemical stress in terrestrial ecosystems. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 50, p. 25-43, 2001.

EATON, D. L. et al. Review of the toxicology of chlorpyrifos with emphasis on human exposure and neurodevelopment. **Critical Reviews in Toxicology**, v. 2, p. 1-125, 2008.

ENAN, E. E. Molecular and pharmacological analysis of an octopamine receptor from american cockroach and fruit fly in response to plant essential oils. **Archives of Insect Biochemistry and Physiology**, v. 59, p. 161-171, 2005.

ENAN, E. Insecticidal activity of essential oils: octopaminergic sites of action. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology**, v. 130, p. 325-337, 2001.

FAO - Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação. Perspectivas agrícolas no Brasil: desafios da agricultura brasileira 2015-2024. Disponível em: < <http://www.fao.org.br/download/PA20142015CB.pdf> >. Acesso em: 17 mai. 2017.



- FREIRE, J. M. et al. Essential oil of *Origanum majorana* L., *Illicium verum* Hook. F. and *Cinnamomum zeylanicum* Blume: chemical and antimicrobial characterization. **Revista Brasileira Plantas Medicinai**s, v. 13, n. 2, p. 209-214, 2011.
- GEDEN, C. J. et al. Laboratory evaluation of *Beauveria bassiana* (Moniliales: Moniliaceae) against the lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae), in poultry litter, soil, and a pupal trap. **Biological Control**, v. 13, p. 71-77, 1998.
- GREENSLADE, P.; VAUGHAN, G. T. A comparison of collembola species for toxicity testing of Australian soils. **Pedobiologia**, v. 47, p. 171-179, 2003.
- GROTH, V. A. et al. Ecotoxicological assessment of biosolids by microcosms. **Chemosphere**, v. 161, p. 342-348, 2016.
- HADI, A. H. A.; YASSIN, F. H. Impact of cypermethrin on some biochemical parameters in rat. **Kufa Journal For Veterinary Medical Sciences**, v. 7, n. 1, p. 61-66, 2016.
- HAMM, R. L. et al. Resistance to cyfluthrin and tetrachlorvinphos in the lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus*, collected from the eastern United States. **Pest Management Science**, v. 62, p. 673-677, 2006.
- HOKE, R. et al. Review of laboratory-based terrestrial bioaccumulation assessment approaches for organic chemicals: Current status and future possibilities. **Integrated Environmental Assessment and Management**, v. 12, n. 1, p. 109-122, 2016.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estatística da produção pecuária – setembro 2017. Disponível em: <[ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao\\_Pecuaria/Fasciculo\\_Indicadores\\_IBGE/abate-leite-couro-ovos\\_201702caderno.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Pecuaria/Fasciculo_Indicadores_IBGE/abate-leite-couro-ovos_201702caderno.pdf)>. Acesso em: 23 de outubro de 2017.
- IDRIS, S. B.; AMBALI, S. F.; AYO, J. O. Cytotoxicity of chlopyrifos and cypermethrin: The ameliorative effects of antioxidants. **African Journal of Biotechnology**, v. 11 n. 99, p. 16461-16467, 2012.
- JACOMINI, D. et al. Extrato de tabaco no controle do besouro cascudinho de aviário. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 5, p. 680-683, 2016.
- JÄNSCH, S.; AMORIM, M.; RÖMBKE, J. Identification of the ecological requirements of important terrestrial ecotoxicological test species. **Environmental Reviews**, v. 13, p. 51-83, 2005.
- JAPP, A. K.; BICHO, C. L.; SILVA, A. V. F. Importância e medidas de controle para *Alphitobius diaperinus* em aviários. **Ciência Rural**, v. 40, p. 1668-1673, 2010.

KOUL, O.; WALIA, S.; DHALIWAL, G. S. Essential oils as green pesticides: potential and constraints. **Biopesticides International**, v. 4, p. 63-84, 2008.

LAMBKIN, T. A. Baseline responses of adult *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae) to fenitrothion, and susceptibility status of populations in Queensland and New South Wales, Australia. **Journal Economic Entomology**, v. 98, p. 938-942, 2005.

LAMBKIN, T. A.; FURLONG, M. J. Application of spinosad increases the susceptibility of insecticide-resistant *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae) to pyrethroids. **Journal of Economic Entomology**, v. 107, n. 4, p. 1590-1598, 2014.

LEHNINGER, A. L., NELSON, D. L., COX, M. M. **Princípios de bioquímica**. 3.ed. São Paulo: Sarvier, 2002. 725p.

LIESS, M., BEKETOV, M. Traits and stress: keys to identify community effects of low levels of toxicants in test systems. **Ecotoxicology**, v. 20, n. 6, p. 1328-1340, 2011.

LÓPEZ, M. D.; PASCUAL-VILLALOBOS, M. J. Mode of inhibition of acetylcholinesterase by monoterpenoids and implications for pest control. **Industrial Crops and Products**, v. 31, p. 284-288, 2010.

MACCARI, A. P. et al. Ecotoxicological effects of pig manure on *Folsomia candida* in subtropical brazilian soils. **Journal of Hazardous Materials**, v. 314, p. 113-120, 2016.

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

MARQUES, C. R. G. et al. Mortalidade de *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae) por óleos de nim e citronela. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 6, p. 2565-2574, 2013.

MDOE, F. P. et al. Activity of *Cinnamomum osmophloeum* leaf essential oil against *Anopheles gambiae* s.s. **Parasits & Vectors**, v. 7, n.1, p. 209, 2014.

MIERZWA-HERSZTEK, M.; GONDEK, K.; BARAN, A. Effect of poultry litter biochar on soil enzymatic activity, ecotoxicity and plant growth. **Applied Soil Ecology**, v. 105, p. 144-150, 2016.

MINAFRA, C. S. et al. Perfil bioquímico do soro de frangos de corte alimentados com dieta suplementada com alfa-amilase de *Cryptococcus flavus* e *Aspergillus niger* HM2003. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 12, p. 2691-2696, 2010.

- MONDAL, M.; KHALEQUZZAMAN, M. Toxicity of naturally occurring compounds of plant essential oil against *Tribolium castaneum* (Herbst). **The Journal of Biological Sciences**, v. 10, n. 1, p. 10-17, 2010.
- MONTANHA, F. P.; PIMPÃO, C. T. Efeitos toxicológicos de piretróides (cipermetrina e deltametrina) em peixes – Revisão. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, n. 18, 2012. Disponível em: [http://faef.revista.inf.br/imagens\\_arquivos/arquivos\\_destaque/esxzix4eu8euO8S\\_2013-6-28-18-9-28.pdf](http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/esxzix4eu8euO8S_2013-6-28-18-9-28.pdf). Acesso em: 31/07/2017.
- MOREIRA, A. C. P. et al. Inhibitory effect of *Cinnamomum zeylanicum* Blume (Lauraceae) essential oil and beta-pinene on the growth of dematiaceous moulds. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 38, p. 33-38, 2007.
- NERIO, L. S.; OLIVERO-VERBEL, J.; STASHENKO, E. Repellent activity of essential oils: a review. **Bioresource Technology**, v. 101, p. 372-378, 2010.
- NIEMEYER, J. C. et al. Reproduction of *Cubaris murina* (Crustacea: Isopoda) under laboratory conditions and its use in ecotoxicity tests. **Brazilian Journal of Biology**, v. 69, p. 137-142, 2009.
- OCDE – FAO. Perspectivas Agrícolas 2015-2024. Disponível em: <<http://www.fao.org.br/download/PA20142015CB.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2017.
- OKDA, E. S. E.; ABDEL-HAMID, M. A. A.; HAMDY, A. M. Immunological and genotoxic effects of occupational exposure to a-cypermethrin pesticide. **International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health**, v. 30, n. 4, p. 1-13, 2017.
- OLIVEIRA, D. G. P. et al. Laboratory and field evaluation of a cypermethrin based insecticide for the control of *Alphitobius diaperinus* Panzer (Coleoptera: Tenebrionidae) and its in-vitro effects on *Beauveria Bassiana* Bals. Vuill. (Hypocreales: Cordycipitaceae). **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.18, p. 371-380, 2016.
- OLIVEIRA, D. G. P.; ALVES, L. F. A.; SOSA-GOMEZ, D. R. Advances and perspectives of the use of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* for the control of arthropod pests in poultry production. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 16, p. 1-12, 2014.
- OVIEDO-RONDÓN, E. O. Technologies to mitigate the environmental impact of broiler production. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 239-252, 2008.

- PRADO, G. P. et al. *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae) susceptibility to *Cunila angustifolia* essential oil. **Journal of Medical Entomology**, v. 50, p. 1040-1045, 2013.
- RAUT, J. S.; KARUPPAYIL, S. M. A status review on the medicinal properties of essential oils. **Industrial Crops and Products**, v. 62, p. 250-264, 2014.
- RÖMBKE, J. et al. Feeding activities of soil organisms at four different forest sites in Central Amazonia using the bait lamina method. **Journal of Tropical Ecology**, v. 22, p. 313-320, 2006.
- RUEDA, L. M.; AXTELL, R. C. Arthropods in litter of poultry (broiler chicken and turkey) houses. **Journal of Agriculture Entomology**, v. 14, p. 81-91, 1997.
- RYAN, M.; BYRNE, O. Plant-insect coevolution and inhibition of acetylcholine-esterase. **Journal of Chemical Ecology**, v. 14 p. 1965-1975, 1988.
- SANTOS, D. S. et al. Nanostructured cinnamon oil has the potential to control *Rhipicephalus microplus* ticks on cattle. **Experimental and Applied Acarology**, v. 73, n. 1, p. 129-138, 2017.
- SANTOS, M. A. T.; AREAS, M. A.; REYES F. G. R. Piretróides - Uma visão geral. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 18, p. 339-349, 2007.
- SEGABINAZI, S. D. et al. Bactérias da família enterobacteriaceae em *Alphitobius diaperinus* oriundos de granja avícolas dos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 33, p. 51-55, 2005.
- SEGAT, J. C. et al. Ecotoxicological evaluation of swine manure disposal on tropical soils in Brazil. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 122, p. 91-97, 2015.
- SILVA, G. S. et al. Avaliação de métodos de amostragem de “cascudinhos” *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae) em cama de frangos de corte. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 22, p. 73-76, 2001.
- SILVA, A. S. et al. Ciclo biológico do cascudinho *Alphitobius diaperinus* em laboratório. **Revista Acta Scientiae Veterinariae**, v. 33, p. 177-181, 2005.
- SINGH, G. et al. A comparison of chemical, antioxidant and antimicrobial studies of cinnamon leaf and bark volatile oils, oleoresins and their constituents. **Food and Chemical Toxicology**, v. 45, p. 1650-1661, 2007.
- SINGH, N.; JOHNSON, D. Baseline susceptibility and cross-resistance in adult and larval *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae) collected from poultry farms in Arkansas. **Journal of Economic Entomology**, v. 108, p. 1994-1999, 2015.

- SLANA, M.; ŽIGON, D.; SOLLNER-DOLENC, M. Enrofloxacin degradation in broiler chicken manure under field conditions and its residuals effects to the environment. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 24, p. 13722-13731, 2017.
- SOUZA, G. S. et al. Previsões para o mercado de carnes. **Revista de economia e Sociologia Rural**, v. 49, p. 473-492, 2011.
- SZCZEPANIK, M. et al. Chemical composition, antimicrobial and insecticidal activity against the lesser mealworm *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae) of *Origanum vulgare* L. ssp. *hirtum* (Link) and *Artemisia dracunculus* L. essential oils. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 98, p.767-774, 2018.
- TONG, F.; COATS, J. R. Quantitative structure–activity relationships of monoterpenoid binding activities to the housefly GABA receptor. **Pest Management Science**, v. 68, p. 1122-1129, 2012.
- UEMURA, D. H. et al. Distribuição e dinâmica populacional do cascudinho *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae) em aviários de frango de corte. **Arquivos do Instituto Biológico de São Paulo**, v. 75, p. 429-435, 2008.
- USEPA. **Prevention pesticides and toxic substances**. Unites States Environmental, 1998.
- VASCONCELLOS, R. L. F. et al. Soil macrofauna as an indicator of soil quality in an undisturbed riparian forest and recovering sites of different ages. **European Journal of Soil Biology**, v. 58, p. 105-112, 2013.
- VELISEK, J. et al. Effects of cypermethrin on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Veterinary Medicina**, v. 51, n. 10, p. 469-476, 2006.
- VILANI, A. et al. Activity of plant aqueous extracts on *Bacillus thuringiensis* and their interactions on *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Erebiniae). **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, n. 2, p. 1051-1058, 2017.
- VITORI, J. et al. *Alphitobius diaperinus* como veiculador de *Clostridium perfringens* em granjas avícolas do interior paulista – Brasil. **Ciência Rural**, v. 37, n. 3, p. 894-896, 2006.
- VOLPATO, A. et al. Larvicidal and insecticidal effect of *Cinnamomum zeylanicum* oil (pure and nanostructured) against mealworm (*Alphitobius diaperinus*) and its possible environmental effects. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 19, p. 1159-1165, 2016a.
- VOLPATO A. et al. *Melaleuca alternifolia* essential oil against the lesser mealworm (*Alphitobius diaperinus*) and its possible effect on the soil fauna, **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 18, n. 1, p. 041-046, 2016b.

WOJCIEHOVSKI, P.; PEDRASSANI, D.; FEDALTO, L. M. Terra de diatomáceas para controle do *Alphitobius diaperinus* em granjas de frango de corte. **Saúde e Meio Ambiente**, v. 4, p. 66-78, 2015.

WOLF, J. et al. Métodos físicos e cal hidratada para manejo do cascudinho dos aviários. **Ciência Rural**, v. 44, n. 1, p. 161-166, 2014.

WOLF, J. et al. Combined physical and chemical methods to control lesser mealworm beetles under laboratory conditions. **Poultry Science**, v. 94, p. 1145-1149, 2015.

ZAGATTO, P. A.; BERTOLETTI E. **Ecotoxicologia aquática: princípios e aplicações**. 2 ed. São Carlos: RiMa; 2008.

ZORTÉA, T. et al. Influence of cypermethrin on avoidance behavior, survival and reproduction of *Folsomia candida* in soil. **Chemosphere**, v. 122, p. 94-98, 2015.

ZORTÉA, T. et al. Toxicity of four veterinary pharmaceuticals on the survival and reproduction of *Folsomia candida* in tropical soils. **Chemosphere**, v. 173, p. 460-465, 2017a.

ZORTÉA, T. et al. Repellent effects of andiroba and copaiba oils against *Musca domestica* (Common House Fly) and ecotoxicological effects on the environment. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 45, p. 1439, 2017b.

ZORZENON, F. J.; BOOCK, M. V.; FARIAS, A. A. Determinação da sensibilidade de girinos de *Buffo* sp. aos inseticidas piretróides permetrina, cipermetrina e lambda-cialotrina e ao inseticida juvenóide metoprene, utilizados no controle de mosquitos. **Arquivo do Instituto Biológico de São Paulo**, v. 70, n. 3, p. 36-39, 2003.

## 5. ANEXOS

Anexo I – Página de publicação do artigo *Cinnamomum zeylanicum* Essential Oil Reduces Infestation by *Alphitobius diaperinus* in Poultry Litter na revista Acta Scientiae Veterinariae



Acta Scientiae Veterinariae, 2018, 46:.

RESEARCH ARTICLE  
Pub.

ISSN 1678-8754

### ***Cinnamomum zeylanicum* Essential Oil Reduces Infestation by *Alphitobius diaperinus* in Poultry Litter**

Manuela Testa<sup>1</sup>, Julia Corá Segat<sup>1</sup>, Rafael Alan Baggio<sup>1</sup>,  
Gabriela Miotto Galli<sup>1</sup>, Carolina Riviera Duarte Maluche Baretta<sup>2</sup>, Ricardo Evandro Mendes<sup>3</sup>,  
Aleksandro Schafer da Silva<sup>1</sup> & Dilmir Baretta<sup>4</sup>

## ABSTRACT

**Background:** Even though insecticides are managed and the period of sanitary emptiness in poultry is respected, the elimination of *Alphitobius diaperinus* may not be successful. The use of essential oils of plant origin presents as a good alternative in the substitution of insecticides with synthetic molecules, since they are easy to obtain, with rapid degradation and without risk of residues for non-target organisms. The main objective of the present study was to examine whether *Cinnamomum zeylanicum* oil reduces *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae) infestations under experimental conditions, without causing toxicity to broilers chicks exposed to treated litter.

**Material, Methods & Results:** The experimental design was completely randomized, with four replications per treatment. The treatments were as follows: solvent control using the diluent Dimethyl Sulfoxide 5% (oil diluent); chemical control using 5 g/m<sup>2</sup> cypermethrin; one spray of *C. zeylanicum* 5% oil; and two sprays of *C. zeylanicum* 5% oil. Each experimental unit was infested with 150 lesser mealworm adults. At 15 days of the broiler chick's life, blood was collected for biochemical analysis (alanine aminotransferase, aspartate aminotransferase, alkaline phosphatase, total protein, albumin, globulin, triglycerides and uric acid), and liver fragments were isolated for histopathological analysis. Using *TopoTrap* devices, we counted lesser mealworm 40 days after treatment. The treatments did not alter biochemical variables, and did not cause histopathological lesions in liver. The treatments with *C. zeylanicum* 5% oil with one and two sprays efficiently reduced lesser mealworm infestation compared with solvent control. Cypermethrin treatment had no effect.

**Discussion:** Many of the commercial products present low effectiveness in the control of *A. diaperinus*, since the target organisms develop resistance to the product. In the present study, we used a higher cypermethrin dose than that recommended by the manufacturer, in order to increase efficacy in the face of possible resistance. Even so, cypermethrin did not efficiently control the organism. The effectiveness of the essential oil of *C. zeylanicum* tested can be attributed to the compounds found in greater quantity in the oil composition, such as cinnamaldehyde (41.27%), linalool (13.05%) and methyl eugenol (10.87%), characterized as responsible for the action of oil repellency. Monoterpenoid compounds found in essential oils extracted from plants have insecticidal action acting on the central nervous system of insects, which impairs their development, being characterized as neurotoxic compounds. The results found with the essential oil of *C. zeylanicum* are of great importance, since the control of *A. diaperinus* is not efficient because this organism has behavior that favors reinfestation in the poultry houses, such as shelter in cracks, in the draperies, below the feeders and in the soil. The biochemical analyzes of the blood can be important tools to assist in the monitoring of broilers health, in the diagnosis and treatment of diseases, and therefore the results presented are of great importance since they assist in the search for alternative methods for the control of *A. diaperinus*, where we can affirm that the essential oil of *C. zeylanicum* does not cause toxicity to broilers. Based on these results we can affirm that essential oil of *C. zeylanicum*, 5%, is an effective substitute for existing commercially-available insecticides.

**Keywords:** alternative control, cinnamon oil, insecticide, lesser mealworm.

Received: 2017

Accepted: 2017

Published: 2018

Department and Graduate Program of Animal Science, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Chapecó, SC, Brazil. <sup>2</sup>Department of Exact and Environmental Sciences, Universidade Comunitária do Riole do Chapecó (UNOCHAPECÓ), Chapecó. <sup>3</sup>Laboratory of Animal Pathology, Instituto Federal Catarinense (IFC), Condeá, SC. CORRESPONDENCE: D. Baretta [dilmir.baretta@udesc.br - Tel: +55 (49) 2048-0337]. Departamento de Zootecnia, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Rua Ildefonso Treinbata Zanini n. 6800, Bairro Santo Antônio, CEP 88115-630 Chapecó, SC, Brazil.

Anexo II - Carta de aprovação do Comitê de ética em Experimentação Animal (CTEA) da Universidade de Santa Catarina para realização de experimento com os animais.



**LAGES**  
CENTRO DE CIÊNCIAS  
AGROVETERINÁRIAS

**Comissão de Ética no  
Uso de Animais**

### CERTIFICADO

Certificamos que a proposta intitulada "Efeito inseticida do óleo de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) e da cipermetrina sobre cascudinho (*Alphitobius diaperinus*): efeito dos tratamentos sobre a saúde de pintainhos e testes ecotoxicológicos com a cama de aviário usada na adubação orgânica", protocolada sob o CEUA nº 8941181116, sob a responsabilidade de **Dilmar Baretta** e equipe; **Manuela Testa**; **Aleksandro Schafer da Silva**; **Carolina Riviera Duarte Maluche Baretta** - que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica ou ensino - está de acordo com os preceitos da Lei 11.794 de 8 de outubro de 2008, com o Decreto 6.899 de 15 de julho de 2009, bem como com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovada pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade do Estado de Santa Catarina (CEUA/UDESC) na reunião de 26/05/2017.

We certify that the proposal "Insecticidal effect of cinnamon oil (*Cinnamomum zeylanicum*) and cypermethrin on mealworm (*Alphitobius diaperinus*): effect of treatments on the health of poultry and ecotoxicological tests with the poultry litter used in organic fertilization", utilizing 60 Birds (males and females), protocol number CEUA 8941181116, under the responsibility of **Dilmar Baretta** and team; **Manuela Testa**; **Aleksandro Schafer da Silva**; **Carolina Riviera Duarte Maluche Baretta** - which involves the production, maintenance and/or use of animals belonging to the phylum Chordata, subphylum Vertebrata (except human beings), for scientific research purposes or teaching - is in accordance with Law 11.794 of October 8, 2008, Decree 6899 of July 15, 2009, as well as with the rules issued by the National Council for Control of Animal Experimentation (CONCEA), and was approved by the Ethic Committee on Animal Use of the University of Santa Catarina State (CEUA/UDESC) in the meeting of 05/26/2017.

Finalidade da Proposta: **Pesquisa (Acadêmica)**

Vigência da Proposta: de **02/2017 a 02/2017** Área: **Zootecnia**

Origem: **Animais provenientes de estabelecimentos comerciais**

Espécie: **Aves** sexo: **Machos e Fêmeas** Idade: **0 a 15 dias** N: **60**

Linhagem: **Cobb** Peso: **36 a 13000 g**

Resumo: Mesmo realizando o manejo com inseticidas e respeitando o período de vazio sanitário nos aviários, pode-se não obter sucesso na eliminação dos cascudinhos (*Alphitobius diaperinus*), o uso de óleos essenciais de origem vegetal se apresentam como uma boa alternativa na substituição de inseticidas químicos. O presente estudo objetiva avaliar se o óleo essencial de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) apresenta ação inseticida sobre o cascudinho e se a cama contaminada com óleo apresenta efeito tóxico aos organismos indicadores de qualidade do solo. Na primeira etapa do estudo será avaliado o efeito inseticida da cipermetrina e do óleo de canela sob o cascudinho, medindo por meio da redução na população de organismos, simulando o ambiente encontrado em aviários em caixas plásticas, os tratamentos serão os seguintes: Tratamento A: Controle com Diluente Dimetil Sulfóxido; Tratamento B: Controle químico com Cipermetrina; Tratamento C: Óleo de Canela 5% com apenas uma pulverização; e Tratamento D: Óleo de Canela 5% com duas pulverizações. Cada tratamento recebeu cinco pintainhos de um dia, alimentados com ração formulada para atender as exigências para fase de criação. Após 15 dias de experimento, será realizada eutanásia das aves, sangue será coletado para avaliar função hepática, objetivando verificar se os tratamentos com óleo e cipermetrina não foram tóxicos para os pintainhos. A cama de aves será coletada em períodos distintos e esta será usada para o desenvolvimento da etapa 2, serão avaliados os parâmetros de sobrevivência e reprodução de dois organismos bioindicadores de qualidade do solo colêmbolos (*Folsomia candida*) e enquitreídeos (*Enchytraeus crypticus*) utilizando metodologias padronizadas ISO e os solos naturais Latossolo Vermelho distroférrico e Neossolo Quartzarênico órtico típico. Os tratamentos consistirão em doses crescentes de cama de aves, que serão determinadas após pré ensaios. Espera-se que o óleo de canela seja eficiente no controle de cascudinhos, e que as doses comumente usadas na adubação orgânica não sejam tóxicas, viabilizando a utilização do óleo de canela como um produto eficiente no controle de cascudinhos e que não cause impacto negativo no ecossistema.

Local do experimento: O experimento será realizado em uma sala com temperatura e fotoperíodo controlado localizada no laboratório de anatomia da UDESC /Deste, departamento de zootecnia

Marcia Regina Pfuetzenreiter  
Coordenadora da Comissão de Ética no Uso de Animais  
Universidade do Estado de Santa Catarina

Prof. Dr. Ubirajara Maciel da Costa  
Vice-Coordenador da Comissão de Ética no Uso de Animais  
Universidade do Estado de Santa Catarina