



**UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DO  
MARANHÃO**



**PPGAA**  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA E AMBIENTE

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO – UEMA  
CENTRO DE ESTUDOS SUPERIORES DE BALSAS - CESBA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA E AMBIENTE - PPGAA**

**EUDOXIO GOMES DOS SANTOS JUNIOR**

**MOSCAS VAREJEIRAS (DIPTERA: CALLIPHORIDAE) COMO  
BIOINDICADORES DE METAIS POTENCIALMENTE TÓXICOS EM ÁREAS  
ANTROPIZADAS NO CERRADO MARANHENSE**

Balsas - MA  
2019

**EUDOXIO GOMES DOS SANTOS JUNIOR**

**MOSCAS VAREJEIRAS (DIPTERA: CALLIPHORIDAE) COMO  
BIOINDICADORES DE METAIS POTENCIALMENTE TÓXICOS EM ÁREAS  
ANTROPIZADAS NO CERRADO MARANHENSE**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente – PPGAA/CESBA/UEMA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agricultura e Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. José Roberto P. de Sousa

Coorientador: Prof. Dr. Jorge Diniz de Oliveira

Santos Júnior, Eudócio Gomes dos.

Moscas varejeiras (Diptera: Calliphoridae) como bioindicadores de metais potencialmente tóxicos em áreas antropizadas no cerrado maranhense / Eudócio Gomes dos Santos Júnior. – São Luís, 2020.

73 f

Dissertação (Mestrado) – Curso de Agricultura e Ambiente, Universidade Estadual do Maranhão, 2020.

Orientador: Prof. Dr. José Roberto Pereira de Sousa.

1.Antropobiocenoses. 2.Bioindicadores. 3.Cerrado. 4.Dípteros.  
5.Necrófagos. 6.Sinantropia. I.Título

CDU: 595.77(213.54)

**EUDOXIO GOMES DOS SANTOS JUNIOR**

**MOSCAS VAREJEIRAS (DIPTERA: CALLIPHORIDAE) COMO  
BIOINDICADORES DE METAIS POTENCIALMENTE TÓXICOS EM ÁREAS  
ANTROPIZADAS NO CERRADO MARANHENSE**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente – PPGAA/CESBA/UEMA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agricultura e Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. José Roberto P. de Sousa.  
Coorientador: Prof. Dr. Jorge Diniz de Oliveira.

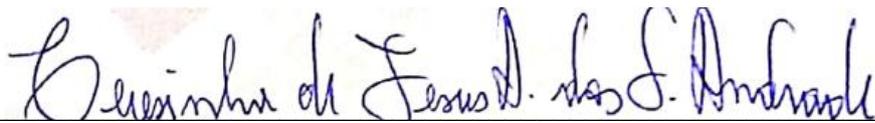
Banca Examinadora



Dr. José Roberto Pereira de Sousa

Orientador

Universidade Estadual do Maranhão



Dra. Teresinha de Jesus Aguiar dos Santos Andrade

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão-IFMA



Dra. Michela Costa Batista

Universidade Estadual do Maranhão

Balsas - MA

2019

Dedico aos meus filhos Lucas, Eudoxio Terceiro, Livia e Marina, à Francineide minha esposa; aos meus pais Eudoxio e Dilsa; aos meus irmãos Lastenia e Willian; ao meu primo João Paulo (*in memoriam*) e ao meu tio Irineu (*in memoriam*).

*... Largamos a estrada, no capim molhado  
meus pés se lavavam. Algum, aquele Siruiz,  
cantou, palavras diversas, para mim a toada  
toda estranha:*

*“Urubu é vila alta,  
mais idosa do sertão:  
padroeira, minha vida –  
vim de lá, volto mais não...  
Vim de lá, volto mais não?...  
Corro os dias nesses verdes,  
meu boi mocho baetão:  
buriti – água azulada,  
carnaúba – sal do chão...  
Remanso de rio largo,  
viola da solidão:  
quando vou p’ra dar batalha,  
convido meu coração...”*

*Vinham quebrando as barras. Dia de maio,  
com orvalho, eu disse. Lembrança da gente é  
assim [...].*

(Guimarães Rosa)

## AGRADECIMENTOS

A Deus, que nos momentos inquietudes, nos conforta.

À Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) e ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente (PPGAA) (responsável institucionalmente pela realização do Mestrado) e à Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL) que cooperaram de forma decisiva para realização da pesquisa e minha qualificação profissional.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA) pela concessão de afastamento para o cumprimento dos créditos e realização da pesquisa.

Ao Prof. Dr. José Roberto P. de Sousa, pelo comprometimento em fazer ciência, pela grande disposição, motivação e clareza nas ideias durante a orientação, pelas exigências na escrita e rigor na construção da pesquisa e, sobretudo, pela confiança depositada em mim, mostrando que eu seria capaz de concluir a pesquisa. Muito obrigado, carregarei comigo seu exemplo de amor ao Cerrado!

Ao Prof. Dr. Jorge Diniz de Oliveira, pelas sugestões e dicas para a realização, finalização e melhoria dessa investigação, pelo seu apoio, sua presteza, espontaneidade e solidariedade, por sua paixão pela ciência e, acima de tudo, pelo seu exemplo de simplicidade e humildade que demonstra sua grande nobreza. Muito obrigado!

Aos amigos do Mestrado, Célio Pereira, Leonardo Cunha e Elioneto de Sousa. Muito obrigado, vocês foram fundamentais para o alcance deste objetivo e se tornaram verdadeiros amigos.

## RESUMO

A intensificação do consumo de produtos pela humanidade tem como reflexo a geração de grandes quantidades de resíduos sólidos que são comumente descartados em ambientes a céu aberto denominados lixões. Entre os efluentes depositados nos lixões estão os metais pesados que, em algumas condições, podem atuar de maneira nociva, justificando-se estudos sobre o acúmulo de tais substâncias. Os dípteros da família Calliphoridae, conhecidos como moscas varejeiras, são encontrados em áreas urbanas, rurais e florestais, sendo atraídos por substâncias em processo de decomposição. Desta forma, estas características lhes conferem capacidade de serem usados como bioindicadores de interferências antropogênicas em ambientes naturais. Portanto, este estudo visa utilizar espécies sinantrópicas de moscas da família Calliphoridae como bioindicadores de concentrações de metais potencialmente tóxicos em ambientes antropizados (lixões). Foram utilizadas 200 armadilhas para captura de dípteros necrófagos em áreas dos municípios de Balsas e São Raimundo das Mangabeiras (MA), sendo 100 nas áreas de influência dos depósitos municipais de resíduos sólidos (lixões) desses dois municípios (ambiente antropizado) e 100 em áreas de cerrado conservado. Também foram coletadas amostras de solo nos locais de instalação das armadilhas. Posteriormente, foi feita a análise dos níveis de metais potencialmente tóxicos, tanto nas moscas quanto nos solos coletados. Foram coletadas 27.933 dípteros pertencentes a 11 famílias, sendo 17.767 em ambiente antropizado e 10.166 em ambiente de cerrado preservado. As famílias mais abundantes foram: Muscidae (35,4%), Calliphoridae (23,5%), Otitidae (20,9%), Sarcophagidae (16,1%) e Faniidae (3%). Da família Calliphoridae foram coletados 6.560 espécimes, sendo 4.550 no ambiente antropizado e 2.010 no cerrado conservado, distribuídos em 04 gêneros e 06 espécies, com destaque para *Chrysomya megacephala* (45,53%), *Chrysomya albiceps* (27,52%), *Cochliomyia macellaria* (11,36%) e *Chloroprocta idiodea* (10,38%). Com exceção de uma área antropizada que apresentou 10,40 %, as outras áreas apresentaram valores de matéria orgânica menores que 10%. O pH em água mostra que os solos analisados, de modo geral, têm caráter ácido. O pH em água foi maior que o pH em KCl.  $\Delta$ pH e PCZ indicaram ocorrência de cargas negativas em ambos ambientes. O ambiente antropizado apresentou maiores concentrações das espécies metálicas analisadas (Cd, Pb, Cr, Mn e Zn) tanto nos solos quanto nas moscas, sendo que as concentrações de Cádmio ficaram abaixo dos valores de detecção nos solos. O mesmo ocorreu com o chumbo nas moscas do ambiente conservado. As três espécies investigadas da família Calliphoridae (*Chrysomya megacephala*, *Chrysomya albiceps* e *Chrysomya putoria*) apresentaram alto potencial de bioacumulação para Cr, Mn e Zn. Houve tendência de melhor indicação da presença de metais por fêmeas.

Palavras Chave: Antropobiocenoses, Bioindicadores, Cerrado, Dípteros necrófagos, Sinantropia.

## ABSTRACT

The intensification of products consumption by humanity obtains as a result the making of great amounts of solid residues which are commonly discarded in open air places named "lixões"<sup>1</sup>. Among the effluents deposited in lixões are the heavy metals that, in some conditions, may act in a harmful manner, justifying studies over such substances. The Diptera from the family Calliphoridae, known as flies, are also found in urban rural and forest areas, attracted by substances in the process of decaying. Therefore, these characteristics attribute them the capacity of being used as bioindicators of anthropogenic interferences in natural environments. Consequently, this study aims to resort to Synanthropic fly species from Calliphoridae family as bioindicators of the concentration of metals potentially hazardous in anthropized territories (lixões). There has been used 200 traps for the capture of necrophagous Diptera in the surroundings of Balsas and São Raimundo das Mangabeiras (MA), making 100 in the areas of the towns' solid residues (lixões) and another 100 in Brazilian's protected Cerrado area. Moreover, there were also collected soil samples in the spots of the settlement of the traps. Succeeding this process, there was made the analysis of levels of potentially toxic metals, both in flies and in the soil samples gathered. There were collected 27.933 Diptera belonging to 11 families, from which 17.767 were in anthropized environment and 10.166 in Brazilian's protected Cerrado. The most abundant families were Muscidae (35,4%), Calliphoridae (23,5%), Otitidae (20,9%), Sarcophagidae (16,1%) and Faniidae (3%). Out of the Calliphoridae family were collected 6.560 specimen, making 4.550 in the anthropized environment and 2.010 in Cerrado, sorted in 04 genera and 06 species, giving due prominence to *Chrysomya megacephala* (45,53%), *Chrysomya albiceps* (27,52%), *Cochliomyia macellaria* (11,36%) and *Chloroprocta idiodea* (10,38%). Excluding an anthropized area where were presented 10,40 %, another areas presented organic material rating less than 10%. The water's pH indicates that in the analysed soils, in general, contain acidic character. The pH in water was higher than the pH in KCl.  $\Delta$ pH and PCZ revealed occurrence of negative charges in both environments. The anthropized environment showed larger concentration of the metallic species analyzed (Cd, Pb, Cr, Mn e Zn) both on the soil and in the flies, considering that the Cadmium's were below the quantity of detection in the ground. The same has happened to lead in flies in preserved environment. Both three species investigated from the family Calliphoridae (*Chrysomya megacephala*, *Chrysomya albiceps* e *Chrysomya putoria*) presented high potential of bioaccumulation for Cr, Mn e Zn. There was a tendency of better indication of metals by female specimen.

<sup>1</sup> landfills or garbage dump (in informal language), however, the denomination is considered a proper name in Portuguese. Therefore, it may not be translated accurately.

Keywords: Anthropobiocenosis, Bioindicators, Cerrado, Diptera necrophagous, Synanthrope.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização das áreas de estudo nos municípios de Balsas e São Raimundo das Mangabeiras.....	19
Figura 2 - Lixões das cidades de Balsas – MA (A) e São Raimundo das Mangabeiras – MA (B) e área de cerrado conservado, localidade Cumbucas - Balsas – MA (C).....	20
Figura 3 - Armadilha utilizada para captura de dípteros necrófagos.....	21
Figura 4 - Dípteros necrófagos identificados, acondicionados em frascos com álcool 70%....	22
Figura 5 - Comparação de Abundância de Sarcófagídeos (A) e Califorídeos (B) entre os ambientes Antropizados e Preservados para $p < 0,05$ .....	29
Figura 6 - Comparação de Abundância de Fanídeos (A), Muscidae (B) e Otitídeos (C) entre os ambientes Antropizados e Preservados para $p < 0,05$ .....	30
Figura 7 - Comparação de abundância de <i>C. megacephala</i> (A) e <i>C. putoria</i> (B) entre os ambientes Antropizados e Preservados para $p < 0,05$ .....	32
Figura 8 - Comparação de Abundância de <i>C. albiceps</i> (A) e <i>C. idioidea</i> (B) entre os ambientes Antropizados e Preservados para $p < 0,05$ .....	33
Figura 9 - Comparação de Abundância de <i>C. macellaria</i> (A) e <i>L. eximia</i> (B) entre os ambientes Antropizados e Preservados para $p < 0,05$ .....	33
Figura 10 - Riqueza observada e estimada das famílias de dípteros para as amostras do ambiente Antropizado.....	34
Figura 11 - Riqueza observada e estimada das famílias de dípteros para as amostras do ambiente Preservado.....	35
Figura 12 - Riqueza observada e estimada das espécies da família Calliphoridae para as amostras do ambiente antropizado.....	36
Figura 13 - Riqueza observada e estimada das espécies da família Calliphoridae para as amostras do ambiente preservado.....	36
Figura 14 - Padrões de similaridade de composição de famílias de dípteros necrófagos nos ambientes Antropizado e Preservado.....	38
Figura 15 - Padrões de similaridade de composição das espécies da família Calliphoridae nos ambientes Antropizado e Preservado.....	39
Figura 16 - Coleta de amostras de solo.....	47

Figura 17 - Amostra de solo sendo pesada para extração de metais potencialmente tóxicos biodisponíveis.....	49
Figura 18 - Amostras de solo submetidas à agitação em mesa agitadora.....	49
Figura 19 - Amostras de solo sendo filtradas.....	50
Figura 20 - Amostras de moscas sob digestão em placa de aquecimento a 90°C para extração de metais potencialmente tóxicos.....	51
Figura 21 - Amostras de moscas sendo filtradas para extrair metais potencialmente tóxicos..	51
Figura 22 - Concentração de Cádmiu nas moscas das áreas naturais e antropizadas.....	59
Figura 23 - Concentração e dispersão de Cádmiu por espécie nas moscas das áreas naturais e antropizadas.....	60
Figura 24 - Concentração do Chumbo nas moscas das áreas naturais e antropizadas.....	61
Figura 25 - Concentração do Chumbo por espécie nas moscas das áreas naturais e antropizadas.....	61
Figura 26 - Concentração do Crômio por espécie nas moscas das áreas naturais e antropizadas .....	62
Figura 27 - Concentração do Crômio por espécie nas moscas das áreas naturais e antropizadas .....	63
Figura 28 - Concentração do Manganês por espécie nas moscas das áreas naturais e antropizadas.....	64
Figura 29 - Concentração do Manganês por espécie nas moscas das áreas naturais e antropizadas.....	64
Figura 30 - Concentração do Zinco por espécie nas moscas das áreas naturais e antropizadas .....	65
Figura 31 - Concentração do Zinco por espécie nas moscas das áreas naturais e antropizadas .....	66
Figura 32 - Potencial de acumulação de Crômio (II), nas moscas dos ambientes antropizado e natural (%)......	68
Figura 33 - Potencial de acumulação de Chumbo (II), nas moscas dos ambientes antropizado e natural (%)......	69
Figura 34 - Potencial de acumulação de Manganês (II), nas moscas dos ambientes antropizado e natural (%)......	69
Figura 35 - Potencial de acumulação de Zinco (II), nas moscas dos ambientes antropizado e natural (%)......	70

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Coordenadas geográficas das áreas de estudo.....	18
Tabela 2 - Abundância das Famílias de Dípteros.....	28
Tabela 3 - Abundância de Espécies da família Calliphoridae.....	31
Tabela 4 - Condições de operações do FAAS na determinação de Cd, Cr, Mn, Pb e Zn.....	52
Tabela 5 - Valores médios dos parâmetros físico-químicos dos solos por área de coleta.....	53
Tabela 6 - Concentração média das espécies metálicas nos solos da área antropizada (mg.kg <sup>-1</sup> ) .....	56
Tabela 7 - Concentração média das espécies metálicas nos solos da área natural (mg.kg <sup>-1</sup> )....	57

## SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	16
CAPITULO 1. MATERIAL E MÉTODOS GERAIS.....	18
1 ÁREA DE ESTUDO.....	18
2 COLETA DE DADOS.....	20
2.1 Coleta e preparação das moscas.....	20
2.2 Identificação dos espécimes.....	21
REFERÊNCIAS.....	23
CAPITULO 2. A FAUNA DE DÍPTEROS MUSCÓIDES EM ÁREAS ANTROPIZADAS E PRESERVADAS NO CERRADO SUL MARANHENSE: EFEITO DA ANTROPIZAÇÃO.....	25
1 INTRODUÇÃO.....	25
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	26
2.1 Área de Estudo.....	26
2.2 Coleta de Dados.....	26
2.3 Análise dos dados.....	26
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
3.1 Composição e Abundância de Famílias de Dípteros.....	27
3.2 Composição e Abundância das espécies da Família Calliphoridae.....	31
3.3 Riqueza de Famílias de Dípteros.....	34
3.4 Riqueza de espécies da Família Calliphoridae.....	35
3.5 Similaridade entre ambientes para Famílias de Dípteros.....	37
3.6 Similaridade entre ambientes para espécies da Família Calliphoridae.....	38
4 Conclusão.....	39
REFERÊNCIAS.....	40
CAPITULO 3. MOSCAS VAREJEIRAS (DIPTERA: CALLIPHORIDAE) COMO BIOINDICADORES DE METAIS POTENCIALMENTE TÓXICOS EM ÁREAS ANTROPIZADAS NO CERRADO MARANHENSE.....	44
1 INTRODUÇÃO.....	44
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	46

2.1 Área de Estudo.....	46
2.2 Coleta de Dados.....	46
2.2.1 Coleta e preparação das moscas.....	46
2.2.2 Identificação dos espécimes.....	46
2.2.3 Coleta e preparação das amostras de solos.....	46
2.2.4 Determinação de pH em água e KCl.....	47
2.2.5 Determinação de matéria orgânica.....	47
2.2.6 Determinação do Ponto de Carga Zero (PCZ).....	48
2.2.7 Extração de metais potencialmente tóxicos biodisponíveis dos solos.....	48
2.2.8 Extração de metais potencialmente tóxicos em moscas.....	50
2.2.9 Determinação de metais potencialmente tóxicos por Espectrometria de Absorção Atômica com Chama (FAAS).....	52
2.3 Análise dos Dados.....	52
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
3.1 Parâmetros físico-químicos do Solo.....	53
3.2 Concentrações de espécies metálicas nos solos.....	56
3.3 Concentrações de espécies metálicas nas moscas.....	58
3.3.1 Cádmio.....	58
3.3.2 Chumbo.....	60
3.3.3 Crômio.....	62
3.3.4 Manganês.....	63
3.3.5 Zinco.....	65
3.4 Potencial de Bioacumulação.....	67
4 Conclusão.....	71
REFERÊNCIAS.....	72

## APRESENTAÇÃO

Estudo sobre os efeitos dos impactos provocados no meio ambiente por meio da ação antropogênica tem evidenciado que a degradação e poluição dos recursos naturais podem ser investigadas por meio do uso de organismos vivos, com destaque para os insetos (CABRINI et al., 2013). Pelo fato de se reproduzirem rapidamente e possuírem sensibilidade às mudanças ambientais, as moscas podem ser utilizadas como bioindicadores de interferências do homem sobre o meio ambiente (ESPOSITO; CARVALHO, 2002).

Vulgarmente conhecidas como varejeiras, as moscas da família Calliphoridae apresentam coloração metálica, em geral azul ou verde (RODRIGUES-GUIMARÃES et al., 2004). Estas moscas vivem em diferentes ambientes, tanto preservados quanto antropizados (MAJER, 1987). A família Calliphoridae apresenta 1.526 espécies distribuídas pelo planeta (RAFAEL et al., 2012). Estas moscas varejeiras alimentam-se, em sua maioria de detritos, sendo suas larvas necrófagas, ou seja, nutrem-se de matéria orgânica animal em decomposição (AMENDT et al., 2007). Dessa forma, o acúmulo de lixo, propicia condições ambientais favoráveis a muitas espécies desse táxon, o que faz com que sejam consideradas sinantrópicas (BATISTA-DA-SILVA, 2009) e, conseqüentemente, servem na detecção de impactos antropogênicos (NUORTEVA, 1963; DIAS et al., 1984).

Os dípteros Califorídeos pertencentes ao gênero *Chrysomya* apresentam espécies exóticas encontradas no Brasil desde os anos 70. A espécie *Chrysomya albiceps* (Wiedemann, 1819), uma das mais estudadas, é característica de centros urbanos, sendo sinantrópica e, portanto, capaz de atuar como bioindicador (FERREIRA, 1983; MENDES; LINHARES, 1993). Espécies exóticas têm predominado nas cidades e matas urbanas no Brasil, pois além de *C. albiceps*, as espécies *Chrysomya megacephala* (Fabricius, 1794) e *Chrysomya putoria* (Wiedemann, 1819) se tornaram abundantes em muitos ecossistemas brasileiros, provocando inclusive o deslocamento de espécies nativas como *Cochliomyia macellaria* (Fabricius, 1775) e *Lucilia eximia* (Wiedemann, 1819) (FERREIRA, 1983; PARALUPPI; CASTELLO'N, 1994; ESPOSITO, 1997).

O Maranhão apresenta grande diversidade de habitats, pois está localizado na zona de transição entre os biomas Floresta Amazônica, Caatinga e Cerrado (AB'SABER, 1977). O Cerrado, que ocupa grande parte da região sul maranhense, é considerado uma das zonas de maior biodiversidade do Planeta (WALTER et al., 2000; FIGUEIREDO; ANDRADE, 2007). No entanto, sua localização aliada ao seu potencial econômico propiciou sua larga ocupação

nas últimas décadas, sobretudo para a produção de soja, milho e eucalipto, o que tem elevado a taxa anual de desmatamento deste importante bioma (MACHADO et al., 2004).

Existem poucos estudos acerca do uso de moscas como bioindicadores e acumuladores de metais potencialmente tóxicos em áreas de lixões (SEOLIN DIAS; SARTOR, 2005). Os insetos encontram nestes locais condições propícias para o seu desenvolvimento, portanto, estudos que busquem verificar o grau de relação desses dípteros com bioacumulação de metais se tornam relevantes. Desta forma, o estudo da contaminação de ambientes por metais potencialmente tóxicos e da capacidade de uso de moscas sinantrópicas como bioindicadores, nos municípios de Balsas e São Raimundo das Mangabeiras, localizados no Cerrado Sul Maranhense, permitirá, portanto, uma maior compreensão das ações antropogênicas sob este importante bioma.

Diante do exposto, pretende-se através deste estudo, utilizar as espécies *Chrysomya albiceps* (Wiedemann, 1819), *Chrysomya megacephala* (Fabricius, 1794) e *Chrysomya putoria* (Wiedemann, 1819), moscas sinantrópicas da família Calliphoridae, como bioindicadores para analisar as concentrações de metais potencialmente tóxicos em ambientes antropizados e conservados.

Assim, a presente dissertação intitulada: “Moscas varejeiras (Diptera: Calliphoridae) como bioindicadores de metais potencialmente tóxicos em áreas antropizadas no cerrado maranhense”, foi escrita de forma dissertativa e dividida em três capítulos, sendo elaborada a partir de estudo das comunidades de moscas necrófagas (Calliphoridae) realizada no cerrado da região sul do estado do Maranhão, no período de abril (Primeira coleta) a dezembro (Última coleta) de 2018, sendo realizada em 20 áreas, distribuídas em dois tipos de ambientes (antropizado e preservado), sendo dez réplicas em cada ambiente.

O Capítulo 1, “**Material e métodos gerais**”, descreve a área de estudo, caracteriza os ambientes e explica os métodos de coleta dos espécimes. O Capítulo 2, “**A fauna de dípteros muscóides em áreas antropizadas e preservadas no cerrado sul maranhense: efeito da antropização**” teve como objetivo verificar os padrões de abundância, riqueza e similaridade das famílias de dípteros e espécies de moscas da Família Calliphoridae nos ambientes antropizados e preservados do cerrado sul maranhense. O Capítulo 3, “**Moscas varejeiras (Diptera: Calliphoridae) como bioindicadores de metais potencialmente tóxicos em áreas antropizadas no cerrado maranhense**”, teve como objetivo quantificar e comparar a ocorrência de metais potencialmente tóxicos em moscas e nos solos em áreas antropizadas e conservadas de cerrado, além de avaliar o potencial das espécies de moscas coletadas serem utilizadas como bioindicadores de metais potencialmente tóxicos.

## CAPITULO 1. MATERIAL E MÉTODOS GERAIS

### 1 ÁREA DE ESTUDO

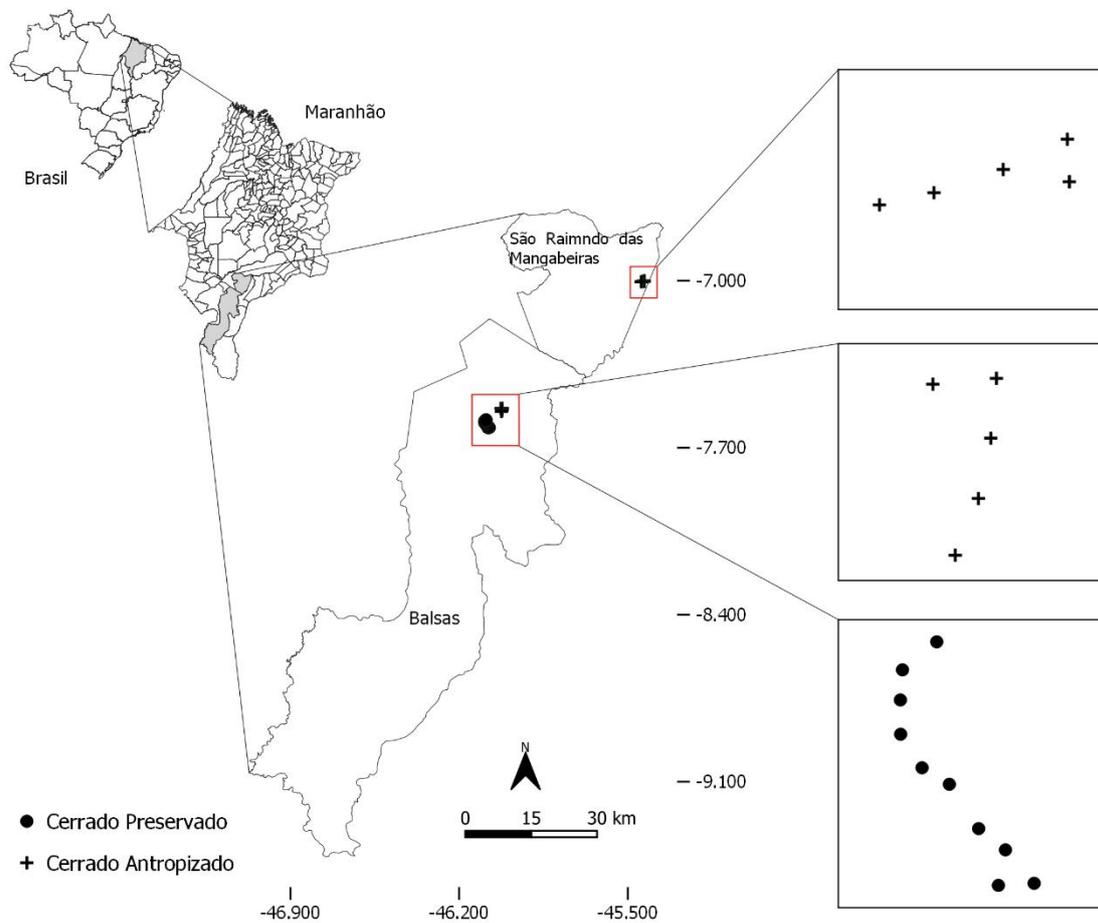
Este estudo foi realizado em 20 (vinte) áreas, sendo dez áreas em ambiente antropizado - região de interferência de lixões dos municípios de Balsas – MA (Latitude: 7° 31' 59" S / Longitude: 46° 2' 6" W) e São Raimundo das Mangabeiras – MA (Latitude: 7° 1' 20" S, Longitude: 45° 28' 53" W), e dez áreas em ambiente de cerrado em bom estado de conservação na localidade cumbucas, município de Balsas – MA (Tabela 1 e Figura 1).

Tabela 1 - Coordenadas geográficas das áreas de estudo

TIPO DE AMBIENTE	ÁREA	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	MUNICÍPIO	LOCAL
Antropizado	1	-7.00261646677,-45.4316286258	São Raimundo das Mangabeiras	Lixão Municipal
	2	-6.9998755017,-45.4317528562		
	3	-7.00182560043,-45.4358468616		
	4	-7.00332307155,-45.4402664044		
	5	-7.0041067793,-45.4437437227		
	6	-7.53443365297,-46.0211983153	Balsas	Lixão Municipal
	7	-7.53486595429,-46.0258486951		
	8	-7.53885538714,-46.0216074547		
	9	-7.54331213091,-46.0225151706		
	10	-7.5475047379,-46.0242108019		
Cerrado Conservado	11	-7.615417, -46.075067	Balsas	Localidade Cumbucas
	12	-7.615700, -46.079883		
	13	-7.610867, -46.078933		
	14	-7.607967, -46.082550		
	15	-7.601933, -46.086500		
	16	-7.599683, -46.090183		
	17	-7.595117, -46.093067		
	18	-7.590450, -46.093100		
	19	-7.586350, -46.092817		
	20	-7.582533, -46.088200		

Fonte: Elaborada a partir dos dados da pesquisa de campo

Figura 1 - Localização das áreas de estudo nos municípios de Balsas e São Raimundo das Mangabeiras



Fonte: Cunha (2019) com base no IBGE (2019).

O lixão de Balsas (Latitude:  $7^{\circ}32'30.7''S$  Longitude:  $46^{\circ}01'18.9''W$ ) dista cerca de sete quilômetros do centro da cidade e está localizado em zona periurbana nas proximidades do bairro Nova Tresidela (Figura 2A). O lixão de São Raimundo das Mangabeiras (Latitude:  $7^{\circ}1'20''S$ , Longitude:  $45^{\circ}28'53''W$ ) dista cerca de sete quilômetros do centro da cidade e está localizado em zona periurbana nas proximidades da rodovia BR 230 (Figura 2B).

A área de cerrado conservado que foi utilizada neste estudo está localizada na localidade cumbucas (Latitude:  $7^{\circ}35'41.874''S$  e Longitude:  $46^{\circ}5'31.625''W$ ) (Figura 2C), situada na zona rural do município de Balsas e dista cerca de sete quilômetros do perímetro urbano da sede do referido município.

Figura 2 - Lixões das cidades de Balsas – MA (A) e São Raimundo das Mangabeiras – MA (B) e área de cerrado conservado, localidade Cumbucas - Balsas – MA (C)



Fonte: Arquivo pessoal e Google maps (2018).

## 2 COLETA DE DADOS

### 2.1 Coleta e preparação das moscas

Foram utilizadas armadilhas específicas para a coleta de dípteros necrófagos (FERREIRA, 1978) (Figura 3), confeccionadas a partir de latas, medindo 12 cm de altura por 11 cm de diâmetro, pintadas de preto, furadas na base para entrada das moscas, contendo 50 g de pulmão bovino em decomposição, como isca atrativa, em seu interior e um cone de cartolina encaixado na sua borda superior. Um saco plástico foi preso à parte superior da lata e por meio de um barbante preso a ele, as armadilhas ficaram penduradas a cerca de 40 cm do solo.

Figura 3 - Armadilha utilizada para captura de dípteros necrófagos



Fonte: Arquivo pessoal, pesquisa de campo(2018).

Em cada uma das 20 (vinte) áreas de coleta foram distribuídas 10 armadilhas específicas para coleta de dípteros necrófagos (cada área representou uma unidade amostral), sendo que as áreas foram locadas a uma distância mínima de 500 metros umas das outras e as armadilhas foram distribuídas a uma distância de cerca de 50 metros umas das outras. As armadilhas da área antropizada não foram distribuídas no centro dos lixões e sim no entorno dos mesmos. Após 24h nos locais, as armadilhas foram retiradas e as moscas coletadas foram acondicionadas em um frasco com acetato, devidamente identificado, sendo posteriormente identificadas.

## 2.2 Identificação dos espécimes

Todos os dípteros coletados foram identificados pelo menos até o nível de família. Os dípteros da família Calliphoridae foram identificados até o nível de espécie, sendo feita a distinção entre machos e fêmeas, pois um dos objetivos deste estudo foi verificar a capacidade das espécies *Chrysomya albiceps*, *Chrysomya megacephala* e *Chrysomya putoria* serem utilizadas como bioindicadores de metais potencialmente tóxicos. A identificação foi feita utilizando-se as chaves de Carvalho; Ribeiro (2000), Kosmann et al. (2013).

Após identificação, os espécimes foram acondicionados em tubos de ensaio com álcool 70% e separados por área e armadilha (Figura 4), com exceção dos indivíduos das três espécies utilizadas como bioindicadores. Estas foram acondicionadas em sacos plásticos

devidamente identificados e guardadas sob refrigeração até o momento de realização do processo de extração de metais. Todo o procedimento de acondicionamento e identificação dos dípteros coletados foi realizado no Laboratório de Zoologia da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL).

Figura 4 - Dípteros necrófagos identificados, acondicionados em frascos com álcool 70%



Fonte: Arquivo pessoal, pesquisa de campo(2019).

## REFERÊNCIAS

- AMENDT J.; CAMPOBASSO, C.P.; GAUDRY, E.; REITER, C.; Leblanc, H.N.; HALL, M.J. Best practice in forensic entomology-standards and guidelines. **International Journal of Legal Medicine**. v. 121, p. 90-104, 2007.
- BATISTA-DA-SILVA, J. A. **Estudo comparativo da família Calliphoridae em área de mangue e em área periurbana desmatada no município de Itaboraí, RJ, Brasil**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2009, 58 p.
- CABRINI, I.; GRELLA, M. D.; ANDRADE, C. F. S.; THYSSEN, P. J. Richness and composition of Calliphoridae in a Atlantic Forest fragment: implication for the use of dipteran species as bioindicators. **Biodiversity Conservation**. n.22, p.2635-2643, 2013.
- CARVALHO, C. J. B.; RIBEIRO, P. B. Chave de identificação das espécies de Calliphoridae (Diptera) do sul do Brasil. **Revista Brasileira de Parasitologia**. n.9, p. 255-268, 2000.
- DIAS, E. S.; D. P. NEVES; H. S. LOPES. Estudos sobre a fauna de Sarcophagidae (Diptera) de Belo Horizonte, Minas Gerais. I. Levantamento taxonômico e sinantrópico. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, n.79: 83–91, 1984.
- ESPOSITO, M. C. **The exotic species of Chrysomya (Diptera, Calliphoridae) in the Amazonia: why they don't occur in the Ferreira Penna Cientific Station**, p.361–367. In P.L.B. Lisboa (ed.), Caxiuanã. CNPq - Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, Pará, Brazil, 1997.
- ESPOSITO, M. C.; CARVALHO, F. S. Composição e abundância de califorídeos e mesembrinelídeos (Insecta, Díptera) nas clareiras e matas da base de extração petrolífera, Bacia do Rio Urucu, Coari, Amazonas. **In: II Workshop de Avaliação Técnica e Científica, Manaus**, 2002.
- FERREIRA, M. J. M. Sinantropia de Calliphoridae (Diptera) em Goiânia, Goiás. **Revista Brasileira de Biologia**. n.43: 199–210, 1983.
- FIGUEIREDO, N.; ANDRADE, G. V. 2007. Informações sobre a estrutura e composição florística da vegetação de um Cerradão na Chapada do Gado Bravo município de Balsas – MA. In: BARRETO, L. (Org.). **Cerrado Norte do Brasil**, Pelotas, RG: USEB, p.141-155, 2007.
- KOSMANN, C.; MELLO, R. P.; HARTERREITEN-SOUZA, E. S.; PUJOL-LUZ, J. R. A List of Current Valid Blow Fly Names (Diptera: Calliphoridae) in the Americas South of Mexico with Key to the Brazilian Species. **EntomoBrasilis** 6:74-85, 2013.
- MACHADO, R. B. et al. **Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro**. 2004. Disponível em: <<http://www.conservation.org.br/noticias/noticia.php?id=31>>. Acesso em 17 de julho 2019.
- MAJER, J. D. Invertebrates as indicators for management. **Nature conservation: the role of remnants of native vegetation**. New South Wales, 1987.

MENDES, J. LINHARES, A. X. Atratividade por iscas e estágios de desenvolvimento ovariano em várias espécies sinantrópicas de Calliphoridae (Diptera). **Revista Brasileira de Entomologia**. N. 37: 157–166, 1993.

NUORTEVA, P. Synantropy of blowflies (Diptera: Calliphoridae) in Finland. *Annales Entomologici Fennici*, **Helsinki**, 29:1-49, 1963.

PARALUPPI, N. D.; CASTELLO 'N, E. G. Calliphoridae (Diptera) em Manaus. I. Levantamento taxonômico e sazonalidade. **Revista Brasileira de Entomologia** n. 38: 661–668, 1994.

RAFAEL, J. A.; MELO, G. A. R.; CARVALHO, C. J. B. de; CASARI, S. A.; CONSTANTINO, R. **Insetos do Brasil: diversidade e taxonomia**. Ribeirão Preto: Hollos, 810 p. 2012.

RODRIGUES-GUIMARÃES, R.; MOYA BORJA, G. E.; PILE, E. A.; RODRIGUES GUIMARÃES, R; REIS SAMPAIO, F. Constance coefficient of blowflies (Diptera: Calliphoridae) in Nova Iguaçu. **Boletín de la Sociedad Entomologica Aragonesa**, Rio de Janeiro, v. 35, p. 251-255, 2004.

SEOLIN DIAS, L.; SARTOR, F. I. Efeito de um programa de coleta seletiva de lixo na flutuação populacional de dípteros (Calliphoridae e Muscidae). **In: FÓRUM AMBIENTAL DA ALTA PAULISTA**, Tupã, 2005.

WALTER, B. M. T.; RIBEIRO, J. F.; GUARINO, E. S. G. Dinâmica da comunidade lenhosa em reservas de cerrado sentido restrito adjacente à agricultura, Gerais de Balsas - MA: Estudos Ambientais no PRODECER III - Balsas, MA. **Relatório Técnico Final. Belém-PA: EMBRAPA**, p.69-121, 2000.

## CAPITULO 2. A FAUNA DE DíPTEROS MUSCÓIDES EM ÁREAS ANTROPIZADAS E PRESERVADAS NO CERRADO SUL MARANHENSE: EFEITO DA ANTROPIZAÇÃO

### 1 INTRODUÇÃO

Os insetos da ordem Diptera possuem cerca de 150.000 espécies descritas em 150 famílias. Estes insetos constituem em torno de 12 a 15% das espécies de animais viventes presentes em todos os habitats, excetuando-se oceanos e regiões do extremo Ártico e Antártica (COURTNEY et al., 2009).

No grupo dos dípteros, os Calliphoridae são muito importantes do ponto de vista ecológico, pois as larvas de muitas espécies atuam como decompositores se alimentando de matéria orgânica morta (RIVERS; DAHLEM, 2014). Existem 1.526 espécies conhecidas de Calliphoridae pertencentes a 97 gêneros (PAPE et al., 2011), sendo que 38 espécies ocorrem no Brasil (MELLO, 2003; KOSMANN et al., 2013). Durante a década de 1970, as espécies da família Calliphoridae, *Chrysomya albiceps*, *Chrysomya megacephala* e *Chrysomya putoria*, originárias do novo mundo, invadiram a fauna das Américas e se tornaram muito abundantes no Brasil, passando a predominar em ambientes urbanos e fragmentos florestais, promovendo inclusive o deslocamento de espécies nativas, como *Cochliomyia macelaria* e *Lucilia eximia* (FERREIRA, 1983; GUIMARÃES et al., 1979; PARALUPPI; CASTELLO'N, 1994; ESPOSITO, 1997).

Diante disso, este estudo sobre a riqueza, composição e abundância de espécies de califorídeos na região nordeste é muito importante tendo em vista que a maioria dos estudos sobre distribuição geográfica disponíveis no Brasil ocorre nas regiões sul e sudeste (FURUSAWA; CASSINO, 2006; FERRAZ et al., 2009; SOUZA; VON ZUBEN, 2012; RIBEIRO et al., 2013), bem como na região norte (PARALUPPI, 1996; COURI et al., 2000; SOUSA et al., 2010).

O Estado do Maranhão cobre uma vasta área caracterizada por grande diversidade de habitats devido à sua localização na zona de transição entre a Amazônia, o Cerrado e a Caatinga (AB'SABER, 1977; MUNIZ, 2006). Portanto, estudos desenvolvidos nestes importantes ecossistemas, especialmente no cerrado sul maranhense, oferecem uma ótima oportunidade para ampliar o conhecimento sobre a entomofauna, e em especial sobre moscas varejeiras, pois possui essa região apresenta extensas áreas de cerrado ainda preservadas. Além disso, o fato de grandes plantios de monoculturas existentes na região, promovem

modificações e perdas significativas dos habitats, reforça a necessidade de estudos para constatar as possíveis mudanças ocorridas na dinâmica da fauna de califorídeos em decorrência dessas ações antrópicas.

Desta forma, este capítulo tem como objetivo caracterizar e comparar a fauna de moscas das famílias de dípteros e espécies de moscas da família Calliphoridae em termos de composição, abundância e riqueza em ambientes antropizados e preservados presentes no cerrado sul maranhense. Este estudo pode, portanto, verificar as diferenças nestes padrões das comunidades entre ambientes preservados e antropizados e, portanto, avaliar o grau de associação das famílias e espécies de dípteros com áreas alteradas por ações antrópicas. nesta região.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de Estudo

Descrição no capítulo 1.

### 2.2 Coleta de Dados

Descrição no capítulo 1.

### 2.3 Análise dos dados

Para comparar as diferenças nos valores de abundância das famílias (com mínimo de 500 ind.) e das espécies de Calliphoridae entre os dois tipos foram calculados e testados os pressupostos de normalidade (teste de Shapiro) e de homocedasticidade (teste de Levene) e submetidos a teste t. Estas análises foram realizadas pelas rotinas do programa R (R DEVELOPMENT CORE TEAM 2019).

Com o objetivo de verificar a riqueza de famílias de dípteros necrófagos e de espécies de Calliphoridae nas áreas estudadas, foi estimada a riqueza com base no estimador não paramétrico *jackknife* de primeira (Jack 1) (COLWELL; CODDINGTON, 1994). A eficiência de amostragem das famílias de dípteros e das espécies de Calliphoridae foi verificada por meio de curvas de acumulação de espécies, utilizando o mesmo estimador com 1.000 aleatorizações baseado no número de armadilhas (COLWELL et al., 2004). As estimativas de riqueza de famílias e de espécies de califorídeos foram calculadas no programa *EstimateS* (*Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples*) versão 9.0 (COLWELL, 2013).

Para avaliar a similaridade das comunidades dos táxons entre os ambientes estudados, os dados de abundância foram submetidos a uma análise de ordenação, escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) utilizando como medida de similaridade o índice de

Bray-Curtis (LEGENDRE; LEGENDRE, 1998). A distorção da resolução em duas dimensões da ordenação será expressa pelo valor S (chamado stress) que quanto mais próximo de zero, melhor o ajuste entre a distância original dos objetos e a configuração obtida (LEGENDRE; LEGENDRE, 1998). Para diminuir o efeito de possíveis abundâncias discrepantes será utilizada transformação logarítmica de X+1.

A diferença entre os ambientes estudados foi testada através da análise de similaridade, ANOSIM. Nesta análise, quanto maior for o valor de R Global (mais próximo de 1), maior é a diferença relativamente a uma distribuição aleatória, ou seja, maior é a indicação de que as comunidades são diferentes (CLARKE, 1993). As análises de similaridade (ANOSIM) e de ordenação (NMDS) foram realizadas pelo pacote estatístico Primer versão 6 (CLARKE; GORLEY, 2006).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Composição e Abundância de Famílias de Dípteros

Foram coletados 27.933 (Vinte e sete mil, novecentas e trinta e três) espécimes da ordem Díptera distribuídos em 11 famílias diferentes (Tabela 2), sendo 17.767 (Dezessete mil, setecentos e sessenta e sete) nas áreas de ambiente antropizado e 10.166 (Dez mil, cento e sessenta e seis) nas áreas de ambiente de cerrado preservado. As famílias mais abundantes foram: Muscidae com 9.900 espécimes (35,4%), Calliphoridae com 6.560 espécimes (23,5%), Otitidae com 5.835 espécimes (20,9%), Sarcophagidae com 4.505 espécimes (16,1%) e Faniidae com 834 espécimes (3%).

Tabela 2 - Abundância das Famílias de Dípteros

Família	Ambientes		Total	%
	Antropizado	Preservado		
Sarcophagidae	454	4.051	4.505	16,128
Calliphoridae	4.550	2.010	6.560	23,485
Chloropidae	1	0	1	0,004
Drosophilidae	1	171	172	0,616
Faniidae	128	706	834	2,986
Muscidae	8.004	1.896	9.900	35,442
Otitidae	4.585	1.250	5.835	20,889
Phoridae	39	60	99	0,354
Richardiidae	4	15	19	0,068
Ropalomeridae	0	7	7	0,025
Sphaeroceridae	1	0	1	0,004
<b>Abundância</b>	<b>17.767</b>	<b>10.166</b>	<b>27.933</b>	
<b>Abundância %</b>	<b>63,61</b>	<b>36,39</b>		
<b>Riqueza</b>	<b>10</b>	<b>9</b>		

Fonte: Elaborada a partir dos dados da pesquisa(2019).

A abundância de dípteros foi maior no ambiente antropizado (17767 espécimes; 63,6%), sendo que as famílias mais abundantes neste tipo de ambiente foram Muscidae com 8.004 espécimes, Otitidae com 4585 espécimes, Calliphoridae com 4550 espécimes e Sarcophagidae com 454 espécimes. Os Dípteros Muscidae, que são conhecidos como moscas domésticas, e Calliphoridae, moscas varejeiras, possuem espécies que estão associadas ao homem e aos animais domésticos. Apresentam grande importância econômica e médico-sanitária, principalmente como vetores mecânicos de agentes causadores de várias doenças. Algumas espécies dessas duas famílias são ainda causadoras de miíases obrigatórias ou facultativas (GUIMARÃES; PAPAVERO, 1999).

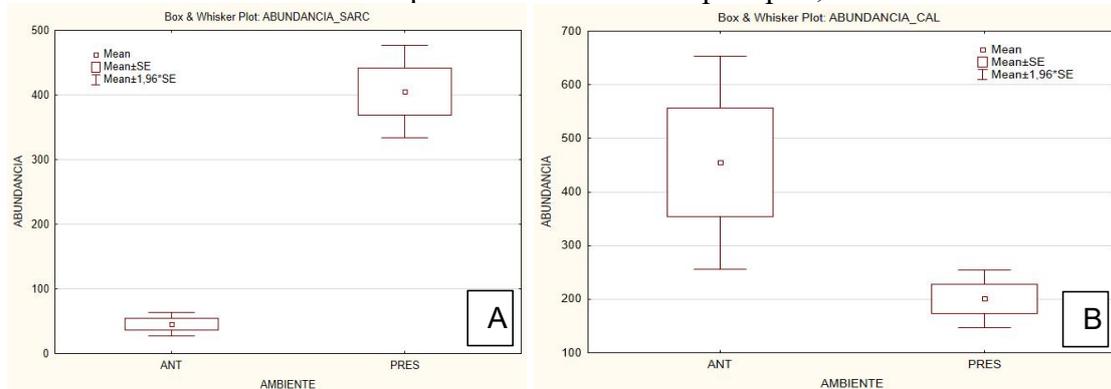
No ambiente de cerrado conservado as famílias mais abundantes foram a Sarcophagidae, com 4051 espécimes, Calliphoridae com 2010 espécimes e Muscidae com 1896 espécimes. Os dípteros da família Sarcophagidae também são conhecidos como “moscas-da-carne”. Compreendem espécies de tamanho médio a grande (8 a 14 mm), corpo eriçado de cerdas, cor cinza com três listras pretas no mesonoto, subescutelo pouco desenvolvido e abdômen “axadrezado” com pontuações ou manchas (CARVALHO; MELLO-PATIU, 2008). Já as moscas da família Calliphoridae são conhecidas no Brasil como varejeiras e podem ser considerado um dos grupos de insetos mais comuns do mundo, tendo

em vista sua ampla distribuição e ocorrência nos mais diferentes ambientes, tendo algumas espécies classificadas como sinantrópicas (FURUSAWA; CASSINO, 2006).

A família Sarcophagidae apresentou diferença quanto a abundância entre os ambientes ( $t=-9.52$ ;  $p=0.000$ ), com maior abundância no ambiente preservado (39,8%) (Figura 1A). Estas moscas geralmente são saprófagas e possuem grande diversidade de espécies (mais de 2000) e gêneros (cerca de 400), sendo, portanto, uma das mais vastas entre os dípteros muscóides (MARCHIORI et al., 2003); apresenta ao menos 194 espécies em vinte estados do Brasil sendo cerca de 68% na região do nordeste (AMORIM, 2009), pois é encontrada normalmente em regiões com altas temperaturas (GALINDO, 2009).

A família Calliphoridae também apresentou diferença entre os ambientes quanto a abundância ( $t=2.42$ ;  $p=0.02$ ), com maior abundância no ambiente antropizado em relação ao ambiente preservado (Figura 1B), pois esta família apresenta espécies sinantrópicas e, portanto, podem se multiplicar rapidamente em ambientes alterados pelo homem, como os lixões (ESPOSITO, 1999).

Figura 5 - Comparação de Abundância de Sarcófagídeos (A) e Califórídeos (B) entre os ambientes Antropizados e Preservados para  $p<0,05$



Fonte: Elaborada a partir dos dados da pesquisa (2019).

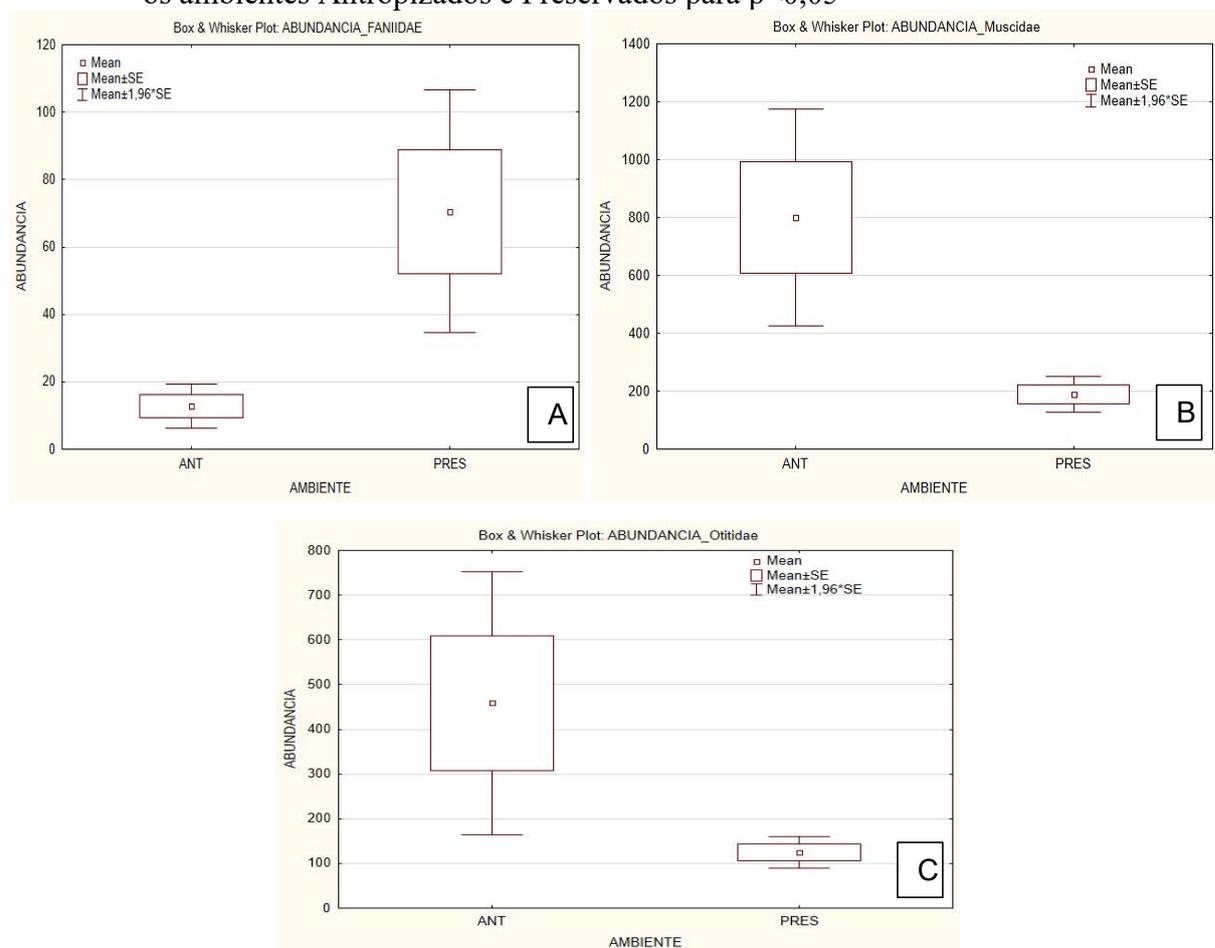
A família Faniidae diferiu quanto a abundância entre os ambientes ( $t=-3.09$   $p=0.00$ ), apresentando maior abundância no ambiente preservado em relação ao ambiente antropizado (Figura 6A). A maior parte das espécies desta família vive sem contato com o homem ou com o seu ambiente; são normalmente numerosos e abundantes em regiões rurais (CARVALHO, 2002).

A família Muscidae também diferiu entre os ambientes quanto a abundância ( $t=3.14$ ;  $p=0.00$ ), apresentando maior abundância no ambiente antropizado em relação ao ambiente

preservado (Figura 6B), o que pode ser explicado pelo fato de algumas espécies desta família migrarem para residências, pois os adultos são atraídos por dejetos humanos e matéria orgânica em decomposição (GUIMARÃES; PAPAVERO, 1999).

A família Otitidae diferiu quanto a abundância entre os ambientes ( $t=2.20$ ;  $p=0.04$ ), apresentando maior abundância no ambiente antropizado em relação ao ambiente preservado (Figura 6C), pois alguns adultos desta família são atraídos por matéria orgânica em decomposição como carcaças (SOUZA; LINHARES, 1997), fezes (MARCHIORI; SILVA, 2000) entre outros que estão bastante presentes em ambientes antropizados. Esta família apresenta 678 espécies no Mundo (PAPE et al., 2011) e cerca de 60 no Brasil (STEYSKAL, 1968).

Figura 6 - Comparação de Abundância de Fanídeos (A), Muscidae (B) e Otitidae (C) entre os ambientes Antropizados e Preservados para  $p<0,05$



Fonte: Elaborada a partir dos dados da pesquisa (2019).

### 3.2 Composição e Abundância das espécies da Família Calliphoridae

Os 6560 espécimes coletados da família Calliphoridae estão distribuídos em quatro gêneros e seis espécies diferentes (Tabela 3). No ambiente antropizado foram coletados 4550 espécimes e as espécies mais abundantes encontradas foram: *Chrysomya megacephala* (2749 espécimes), *Chrysomya albiceps* (885 espécimes) e *Cochliomyia macellaria* (409 espécimes). Já no ambiente de cerrado conservado foram encontrados 2010 califorídeos sendo que as espécies mais abundantes foram: *Chrysomya albiceps* (920 espécimes), seguida de *Chloroprocta idiodea* (400 espécimes) e *Cochliomyia macellaria* (336 espécimes). O número elevado de califorídeos no ambiente antropizado pode ser explicado pelo fato dos adultos serem atraídos por substâncias em processo de fermentação e decomposição que são facilmente encontrados nos lixões – ambientes sinantrópicos (SEOLIN DIAS, 2008).

Tabela 3 - Abundância de Espécies da família Calliphoridae

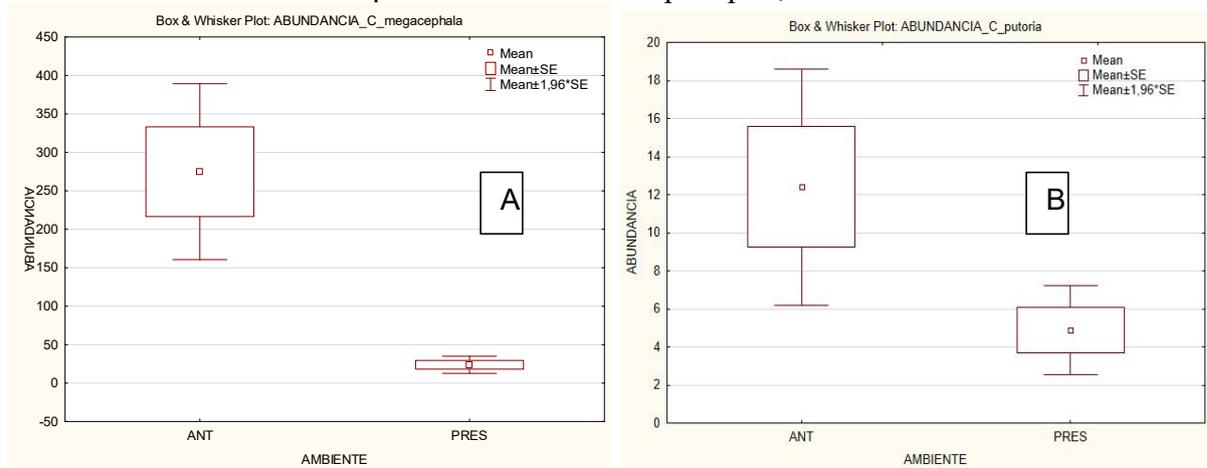
Espécies	Ambientes		Total	%
	Antropizado	Preservado		
<i>Chrysomya albiceps</i>	885	920	1.805	27,52
<i>Chloroprocta idiodea</i>	281	400	681	10,38
<i>Cochliomyia macellaria</i>	409	336	745	11,36
<i>Chrysomya megacephala</i>	2.749	238	2.987	45,53
<i>Chrysomya putoria</i>	124	49	173	2,64
<i>Lucilia eximia</i>	102	67	169	2,58
<b>Abundância</b>	<b>4.550</b>	<b>2.010</b>	<b>6.560</b>	
<b>Abundância %</b>	<b>69,36</b>	<b>30,64</b>		
<b>Riqueza</b>	<b>6</b>	<b>6</b>		

Fonte: Elaborada a partir dos dados da pesquisa(2019).

Considerando os dois tipos de ambientes (Antropizado e Cerrado preservado) destacam-se as espécies *Chrysomya megacephala* com um total de 2987 espécimes (45,53%), *Chrysomya albiceps* com um total de 1805 espécimes (27,52%), *Cochliomyia macellaria* com um total de 745 espécimes (11,36%) e *Chloroprocta idiodea* com um total de 681 espécimes (10,38%). Em relação aos valores de abundância dos Califorídeos nos ambientes, notou-se que o ambiente antropizado apresenta maior abundância em relação ao ambiente de cerrado conservado, com destaque para *C. megacephala* com 2749 espécimes (60,41%).

Entre as seis espécies da Família Calliphoridae encontradas apenas as espécies *C. megacephala* ( $t=4.28$   $p=0.00$ ) e *C. putoria* ( $t=2.21$   $p=0.04$ ) apresentam diferença na abundância entre os ambientes antropizado e preservado como demonstra a figura 3. Essas espécies chegaram ao Brasil nos anos 70 e, portanto, são exóticas. Com grande capacidade de adaptação se proliferaram rapidamente por todo o país. Tal dispersão provocou diminuição da abundância das populações de moscas nativas (GUIMARÃES et al.,1979).

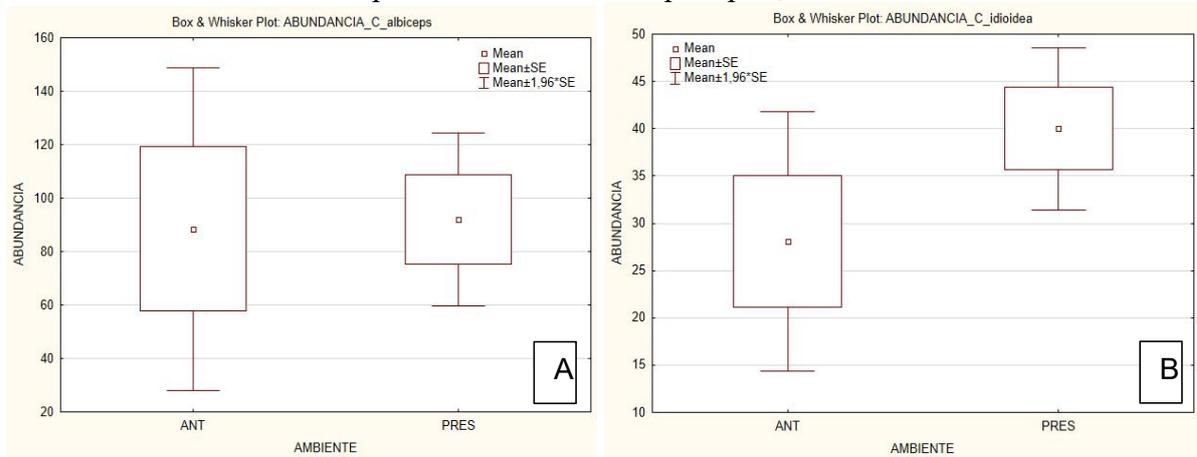
Figura 7 - Comparação de abundância de *C. megacephala* (A) e *C. putoria* (B) entre os ambientes Antropizados e Preservados para  $p<0,05$



Fonte: Elaborada a partir dos dados da pesquisa (2019).

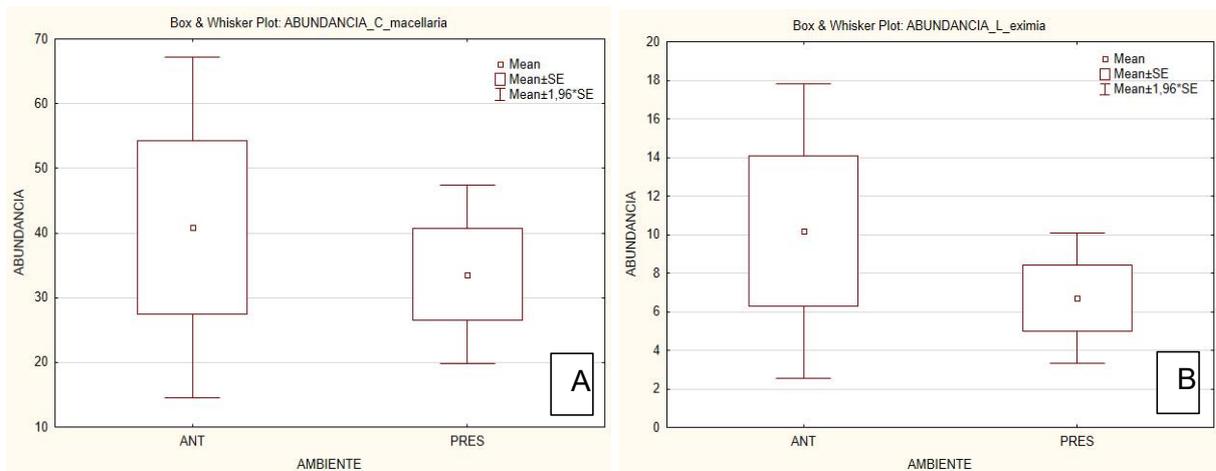
As demais espécies não apresentam diferenças quanto a abundância entre os dois tipos de ambiente ( $p < 0,05$ ) (Figuras 4 e 5). Destaca-se ainda a alta abundância da espécie *C. albiceps* nos dois tipos de ambiente. Esta espécie é uma das mais estudadas; é característica de centros urbanos, sendo sinantrópica e, portanto, capaz de atuar como bioindicador (FERREIRA, 1983; MENDES; LINHARES, 1993).

Figura 8 - Comparação de Abundância de *C. albiceps* (A) e *C. idioidea* (B) entre os ambientes Antropizados e Preservados para  $p < 0,05$



Fonte: Elaborada a partir dos dados da pesquisa (2019).

Figura 9 - Comparação de Abundância de *C. macellaria* (A) e *L. eximia* (B) entre os ambientes Antropizados e Preservados para  $p < 0,05$



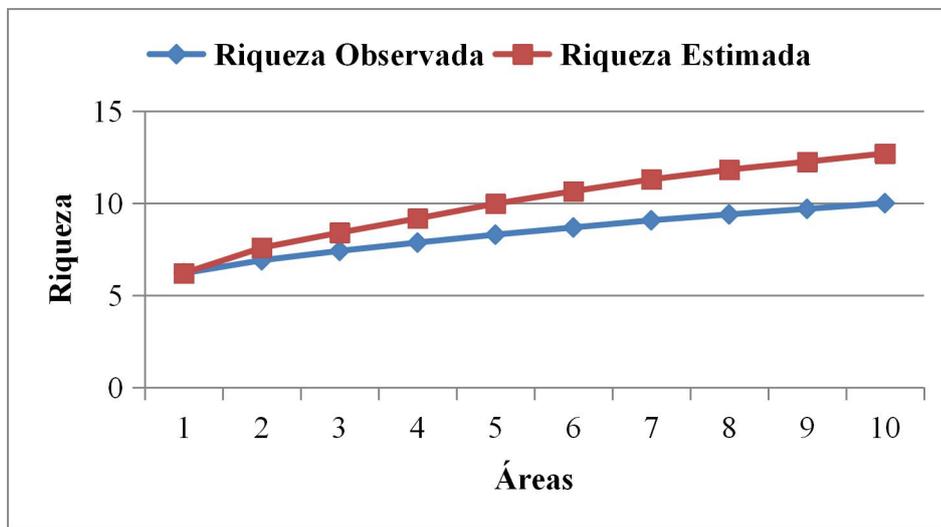
Fonte: Elaborada a partir dos dados da pesquisa

Desta forma, as espécies *C. megacephala* e *C. putoria* demonstraram apresentar alto grau de Sinantropia nas áreas deste estudo. Estas espécies exóticas têm predominado nas cidades e matas urbanas no Brasil, pois invadiram a fauna na década de 70 e se tornaram abundantes provocando inclusive o deslocamento de espécies nativas como *Cochliomyia macellaria* (Fabricius, 1775) e *Lucilia eximia* (Wiedemann, 1819) (FERREIRA, 1983; PARALUPPI; CASTELLO'N, 1994; ESPOSITO, 1997).

### 3.3 Riqueza de Famílias de Dípteros

As curvas de riqueza observada e estimada das famílias de dípteros estão demonstrados nos gráficos 1 e 2. No ambiente antropizado, a análise dos padrões de incidência e abundância das famílias para o total de 10 amostras (áreas), com riqueza observada de 10 famílias e abundância de 17.767 indivíduos, estimou um total de 13 famílias para (*Jackknife 1*) (Figura 10).

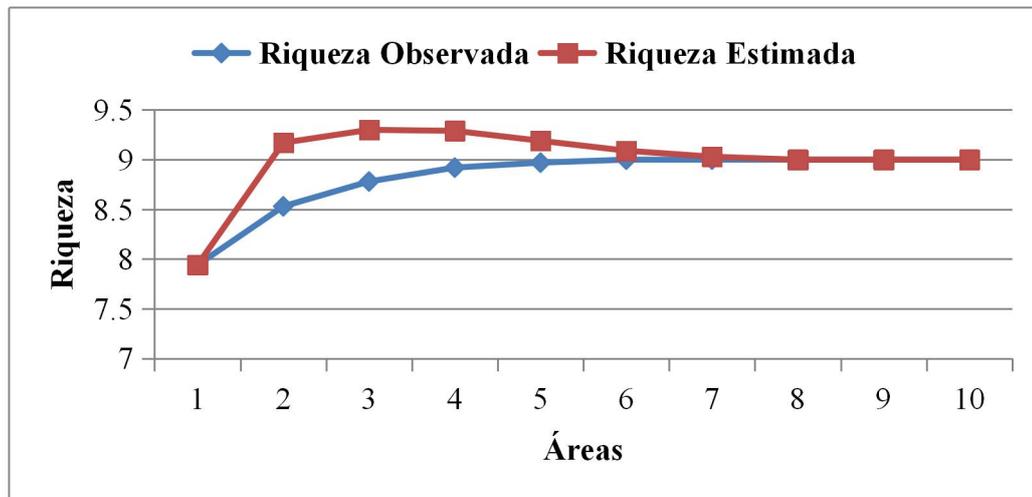
Figura 10 - Riqueza observada e estimada das famílias de dípteros para as amostras do ambiente Antropizado



Fonte: Elaborado a partir de dados da pesquisa de campo (2019).

Para o ambiente preservado, a análise dos padrões de incidência e abundância das famílias para o total de 10 amostras (áreas), com riqueza observada de 9 famílias e abundância de 10.166 indivíduos, estimou um total de 9 famílias (*Jackknife 1*) (Figura 11).

Figura 11 - Riqueza observada e estimada das famílias de dípteros para as amostras do ambiente Preservado



Fonte: Elaborado a partir de dados da pesquisa de campo (2019).

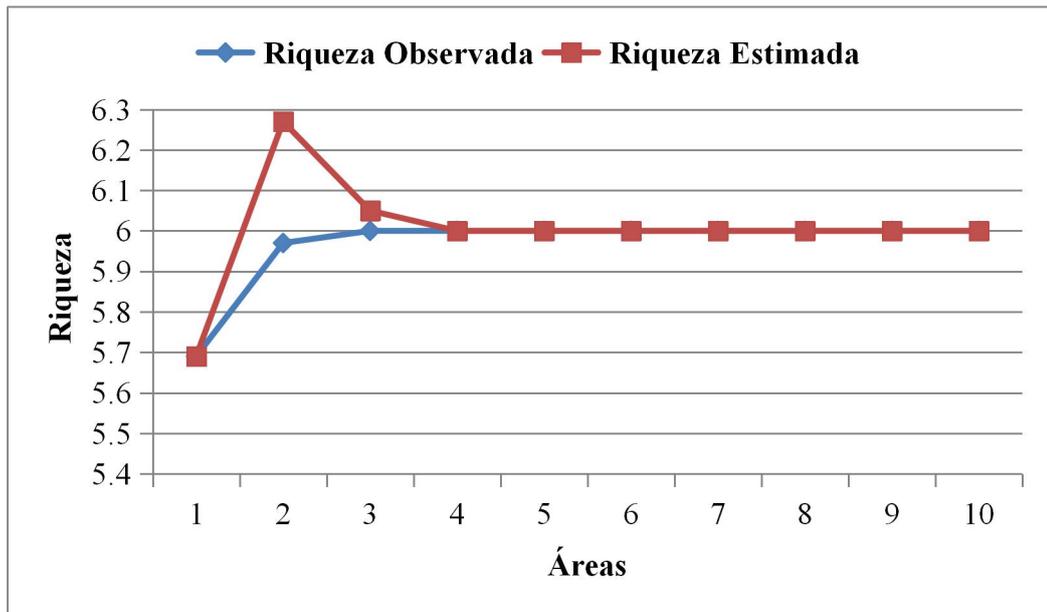
Estes resultados mostram que há uma diferença entre os ambientes com relação à riqueza de famílias de dípteros, mostrando que o ambiente antropizado apresenta maior riqueza. Alguns estudos com outros grupos de insetos, como por exemplo, Lepidoptera (KOSLOV 1996), Hymenoptera (WINFREE et al., 2007) e Coleoptera (MAGURRAN et al. 2004) indicam que o processo de antropização pode aumentar a riqueza de espécies, especialmente em níveis de desenvolvimento intermediário. Dessa forma, tem sido sugerido que o aumento da riqueza de espécies em níveis moderados de antropização está relacionado com a hipótese do distúrbio intermediário (BLAIR & LAUNER 1997; GERMAINE & WAKELING 2001). Essa hipótese afirma que níveis moderados de perturbação humana promovem a coexistência de vários tipos de espécies, incluindo espécies nativas pioneiras, bem como espécies introduzida (MCKINNEY, 2008). Por exemplo, para os dípteros da família Sarcophagidae, a perda da cobertura florestal pode favorecer algumas espécies, devido às suas adaptações ecológicas para a exploração dos recursos efêmeros típicos desses ambientes (SOUSA et al. 2011).

### 3.4 Riqueza de espécies da Família Calliphoridae

Os gráficos das curvas de riqueza observada e estimadas das espécies da família Calliphoridae estão demonstrados nos gráficos 3 e 4. No ambiente antropizado, a análise dos padrões de incidência e abundância das espécies de Calliphoridae para o total de 10 amostras (áreas), com riqueza observada de 6 espécies e abundância de 4550 indivíduos, estimou um

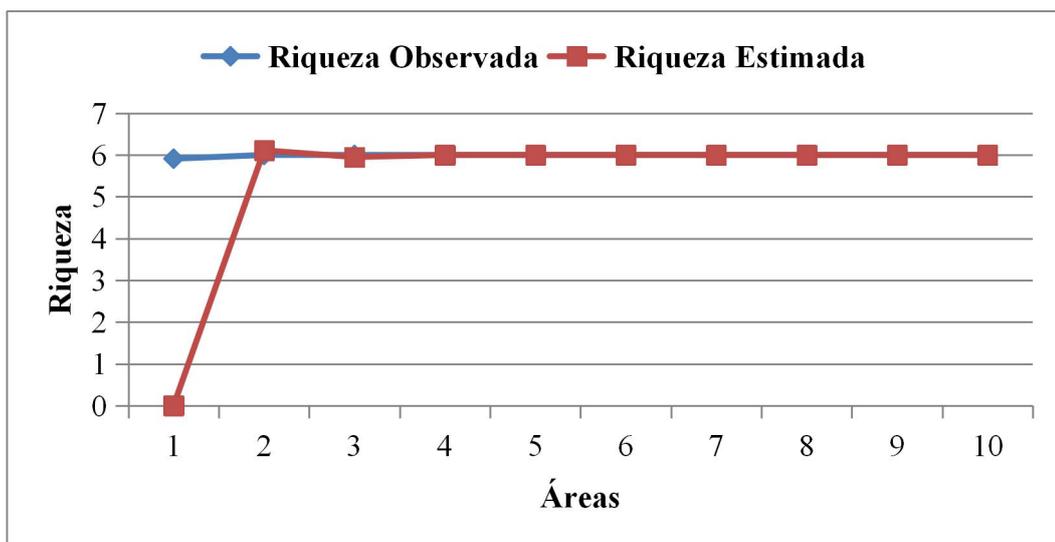
total de 6 espécies (Jackknife 1) (Figura 12). Da mesma forma, no ambiente preservado, a análise dos padrões de incidência e abundância das espécies para o total de 10 amostras (áreas), com riqueza observada de 6 espécies e abundância de 2.010 indivíduos, estimou um total de 6 espécies (Jackknife 1) (Figura 13).

Figura 12 - Riqueza observada e estimada das espécies da família Calliphoridae para as amostras do ambiente antropizado



Fonte: Elaborado a partir de dados da pesquisa de campo (2019).

Figura 13 - Riqueza observada e estimada das espécies da família Calliphoridae para as amostras do ambiente preservado



Fonte: Elaborado a partir de dados da pesquisa de campo (2019).

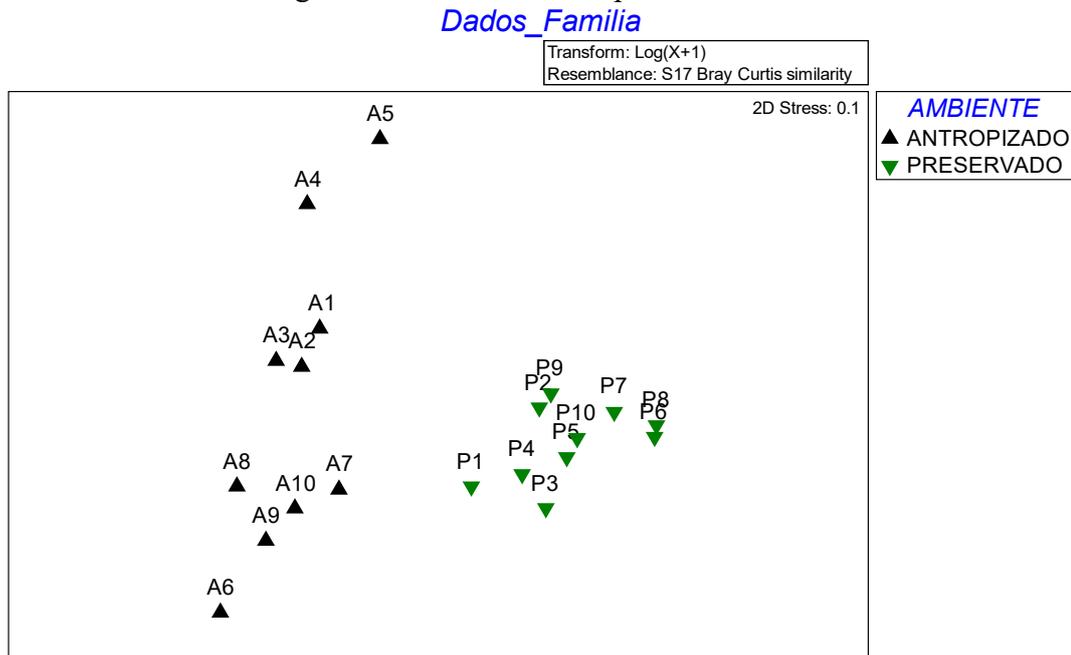
Este resultado mostra que não existe diferença entre os ambientes com relação a riqueza de espécies de dípteros califorídeos, pois embora haja maior abundância no ambiente antropizado, este fator não influenciou na riqueza das espécies dessa família. Estudos realizados ao longo de gradientes de conservação ambiental com moscas Calliphoridae (CENTENO *et al.* 2004 - ambientes urbano-rural-florestal; SOUSA *et al.* 2010 - áreas de clareiras e florestas) e Sarcophagidae (MULIERI *et al.* 2011 – urbano-rural) mostram que ambientes antropizados exibem menor riqueza de espécies que ambientes silvestres. No entanto, segundo MULLIERI *et al.* (2011) algumas espécies de moscas nativas podem colonizar com sucesso ambientes com alteração ambiental, pois adaptam-se bem nestes ambientes devido à exploração de novos nichos, fato este que pode explicar a manutenção do valor de riqueza em ambos os ambientes no presente estudo.

### 3.5 Similaridade entre ambientes para Famílias de Dípteros

A análise de ordenação (Escalonamento Multidimensional Não Métrico) demonstrou no Eixo 1 diferença quanto à composição de famílias de dípteros necrófagos entre os dois ambientes estudados (Antropizado e Preservado). A NMDS demonstra ainda uma grande dissimilaridade entre as áreas do ambiente antropizado e grande similaridade entre as áreas do ambiente preservado. A diferença entre os ambientes demonstrada na ordenação foi corroborada pela análise de similaridade (ANOSIM) que apresentou um valor de R Global =: 0,793, que é significativo, e atesta a diferença estatística entre os dois ambientes (Figura 6).

No ambiente de cerrado preservado, a presença das espécies vegetais aumenta a heterogeneidade ambiental, fato esse que pode estar contribuindo para uma maior diversidade em famílias de dípteros necrófagos, demonstrando assim a influência da estrutura da vegetação sobre a riqueza e composição de espécies (MACARTHUR & MACARTHUR 1961; PIANKA 1973).

Figura 14 - Padrões de similaridade de composição de famílias de dípteros necrófagos nos ambientes Antropizado e Preservado

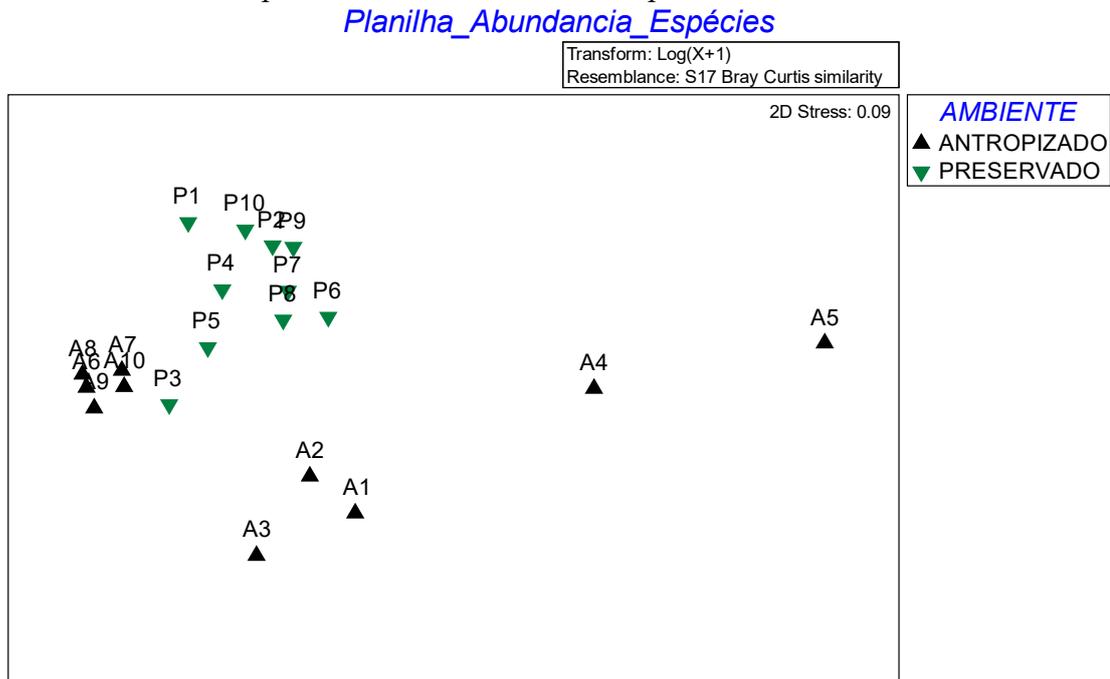


Fonte: Elaborado a partir de dados da pesquisa de campo (2019).

### 3.6 Similaridade entre ambientes para espécies da Família Calliphoridae

A análise de ordenação (Escalonamento Multidimensional Não Métrico) não demonstrou diferença quanto à composição de espécies da Família Calliphoridae, entre os dois ambientes estudados (Antropizado e Preservado), conforme demonstrado no Eixo 1. Embora na NMDS esteja demonstrado uma grande similaridade entre as áreas do ambiente preservado, há uma grande semelhança das áreas deste ambiente com parte das áreas do ambiente antropizado. Este padrão de semelhança entre a maioria das áreas dos dois ambientes demonstrada na ordenação foi comprovado pela análise de similaridade (ANOSIM), que apresentou um valor de R Global = 0,414, não significativo, indicando não haver diferença estatística entre os dois ambientes (Figura 7). Mesmo o ambiente de cerrado preservado apresentando maior heterogeneidade ambiental, fato este que pode proporcionar uma maior diversidade de potenciais recursos alimentares, como fezes e carcaças de animais, tanto para adultos como para larvas (SOUSA et al., 2016), no presente estudo a composição de califorídeos mostra não ser diferente entre os dois ambientes. Este fato pode estar relacionado ao fato de que a maioria das espécies capturadas neste estudo, são eusinantrópicas e hemissinantrópicas, ou seja, espécies com capacidade de adaptação em ambientes antropizados.

Figura 15 - Padrões de similaridade de composição das espécies da família Calliphoridae nos ambientes Antropizado e Preservado



Fonte: Elaborado a partir de dados da pesquisa de campo (2019).

#### 4 CONCLUSÃO

Este estudo demonstrou que os dípteros necrófagos presentes no cerrado sul maranhense estão presentes em ambientes preservados e antropizados, sendo que o ambiente antropizado apresenta maior abundância e riqueza, além de dissimilaridade quanto à composição das famílias, quando comparado ao ambiente preservado.

Destacam-se, neste ambiente, as famílias Muscidae, Calliphoridae, Otitidae. Os calliforídeos seguem este padrão, com maior abundância no ambiente antropizado, destacando-se as espécies *Chrysomya megacephala* e *Chrysomya putoria* que apresentaram diferença estatística entre os dois tipos de ambiente e *Chrysomya albiceps* com elevado número de espécimes nos dois tipos de ambientes. Os ambientes diferem quanto a riqueza e composição para as famílias de dípteros. Entretanto, com relação a riqueza e composição da família Calliphoridae, não há diferenças entre os dois tipos de ambientes. Tais fatos mostram que as espécies da família Calliphoridae, em especial as três espécies do gênero *Chrysomya* apresentam grande capacidade de adaptação aos ambientes antropizados presentes no cerrado sul maranhense.

## REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. Os domínios morfoclimáticos na América do Sul. **Geomorfologia**, n. 52: 1–21, 1977.
- AMORIM, J. A. **Levantamento de sarcófagídeos (Diptera) do Brasil incluindo caracterização molecular de *Peckia (Pattonella) intermutans* (Walker)**. Instituto de Biociências, Botucatu, 2009.
- BLAIR, R.B., & LAUNER, A.E. Butterfly diversity and human land use: Species assemblages along an urban gradient. **Biological Conservation** 80: 113-125, 1997.
- CARVALHO, C. J. B.; MELLO-PATIU, C. A. Keys to the adults of the most common forensic species of Diptera in South America. **Revista Brasileira de Entomologia** 52: 390–406, 2008
- CENTENO, N., ALMORZA, D. & ARNILLAS, C. Diversity of Calliphoridae (Insecta: Diptera) in Hudson, Argentina. **Neotropical Entomology** 33: 387-390, 2004.
- CLARKE, K. R. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. **Aust. J. Ecol.** (in press), 1993.
- CLARKE, K. R.; GORLEY, R. N. Manual do Usuário / Tutorial. **Primer-E Ltd.**, Plymouth, 2006.
- COLWELL, R. K. Estimates: statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9.0. University of Connecticut. **Connecticut**, USA, 2013.
- COLWELL, R. K.; CODDINGTON, J. A. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. **Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.** 345: 101–118, 1994.
- COLWELL, R. K.; MAO, C. X.; CHANG, J. Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. **Ecology** 85:2717-2727, 2004.
- COURI, M. C. et al. Diptera da Serra do Navio (Amapá, Brasil): Asilidae, Bombyliidae, Calliphoridae, Micropezidae, Muscidae, Sarcophagidae, Stratiomyiidae, Syrphidae, Tabanidae e Tachinidae. **Revista Brasileira de Zociências**. v. 2, n. 1, p. 91-101, 2000.
- COURTNEY, G. W.; PAPE, T.; SKEVINGTON, J. H.; SINCLAIR, B. J. Biodiversity of Diptera. In: Footitt, R. & Adler, P. eds. **Insect Biodiversity: Science and Society**. Oxford, **Blackwell Publishing**, p. 185-222, 2009.
- ESPOSITO, M. C. **A fauna de moscas varejeiras (Diptera, Calliphoridae) da Amazônia e sua ecologia na região de Caxiuanã e cidade de Portel/Estado do Pará**. Tese de doutorado. Manaus, Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia – Universidade Federal do Amazonas. 134p, 1999.
- ESPOSITO, M. C. **The exotic species of *Chrysomya* (Diptera, Calliphoridae) in the Amazonia: why they don't occur in the Ferreira Penna Cientific Station**, p.361–367. In P.L.B. Lisboa (ed.), Caxiuanã. CNPq - Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, Pará, Brazil, 1997.

FERRAZ, A. C. P.; GADELHA, B. Q.; AGUIAR-COELHO, V. M. Análise faunística de Calliphoridae (Diptera) da Reserva Biológica do Tinguá, Nova Iguaçu, Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Entomologia** 53: 620–628, 2009.

FERREIRA, M. J. M. Sinantropia de Calliphoridae (Diptera) em Goiânia, Goiás. **Revista Brasileira de Biologia**. n.43: 199–210, 1983.

FREITAS, E. V. S.; NASCIMENTO, C. W. A.; GOULART, D. F.; SILVA, J. P. S. Disponibilidade de cádmio e chumbo para milho em solo adubado com fertilizantes fosfatados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 1899-1907, 2009.

FURUSAWA, G. P.; CASSINO, P. C. R. Ocorrência e distribuição da Calliphoridae (Díptera, Oestroidea) em um fragmento de Mata Atlântica secundária no município de Engenheiro Paulo de Frontin, Médio Paraíba, RJ. **Rev. Biol. Ciênc. Terra** 6: 152–164, 2006.

GUIMARÃES, J. H.; PAPAVERO, N. **Myiasis in man and animals in the Neotropical Region. Bibliographic database**. São Paulo, Plêiade/FAPESP, 308 p, 1999.

GUIMARÃES, J. H.; PRADO, A. P.; Buralli, G. M. Dispersal and distribution of three newly introduced species of *Chrysomya* Robineau-Desvoidy in Brazil (Diptera: Calliphoridae). **Revista Brasileira de Entomologia**. 23: 245–255, 1979.

KOSMANN, C.; MELLO, R. P.; HARTERREITEN-SOUZA, E. S.; PUJOL-LUZ, J. R. A List of Current Valid Blow Fly Names (Diptera: Calliphoridae) in the Americas South of Mexico with Key to the Brazilian Species. **EntomoBrasilis** 6:74-85, 2013.

LEGENDRE P., LEGENDRE L. **Numerical Ecology**. Amsterdam: Elsevier; 1998.

MACARTHUR, R. H. & MACARTHUR, J. W. On bird species diversity. **Ecology** 42: 594–598, 1961.

MCKINNEY, M. L. Effects of urbanization on species richness: a review of plants and animals. **Urban Ecosystems** 11: 161-176, 2008.

MAGURRAN, A. E. **Measuring biological diversity**. Malden, Blackwell Publishing, Malden, 256 p, 2004.

MARCHIORI, C. H. et. al. Levantamento de famílias de parasitóides coletadas em Araporã – MG. In: **Anais do IX Congresso de Ecologia do Brasil**, 13 a 17 de setembro de 2009, São Lourenço - MG 3 armadilhas de bacias amarelas e Malaise. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 24, p. 317 – 320, 2003.

MARCO E.; CORRÊA, L. B. Estudo do Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos do Município de Cotiporã – RS. **Revista Monografias Ambientais – REMOA**, v. 14, n.3, p.18-26, 2015.

MELLO, R. P. Chave para identificação das formas adultas das espécies da família Calliphoridae (Diptera, Brachycera, Cyclorrhapha) encontradas no Brasil. **Entomologia y Vectores** 10(2): 255-268, 2003.

- MENDES, J. LINHARES, A. X. Atratividade por iscas e estágios de desenvolvimento ovariano em várias espécies sinantrópicas de Calliphoridae (Diptera). **Revista Brasileira de Entomologia**. N. 37: 157–166, 1993.
- MULIERI, P. R., PATITUCCI, L. D., SCHNACK, J. A. & MARILUIS, J. C. Diversity and seasonal dynamics of an assemblage of sarcophagid Diptera in a gradient of urbanization. **Journal of Insect Science** 11:91, 2011.
- MUNIZ, F. H. A vegetação de transição entre a amazônia e o nordeste: diversidade e estrutura. **Série Agroecol. UEMA** 2: 53–69, 2006.
- PAPE, T.; BLAGODEROV, V. & MOSTOVSKI, M. B. Animal Biodiversity – Order Diptera. **Zootaxa** 3148:222-229, 2011.
- PARALUPPI, N. D. Calliphoridae (Diptera) da Bacia do Alto Rio Urucu, Amazônia Central, Brasil. **Rev. Bras. Zool.** 13: 553–559, 1996.
- PARALUPPI, N. D.; CASTELLO'N, E. G. Calliphoridae (Diptera) em Manaus. I. Levantamento taxonômico e sazonalidade. **Revista Brasileira de Entomologia** n. 38: 661–668, 1994.
- PIANKA, E. R. The structure of lizard communities. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4: 53-74, 1973.
- PONTES, M. S.; SANTIAGO, E. F.; NOBREGA, M. A. S.; BARBOSA, V. M.; MOTTA, I. S. Germinação de sementes de *Maclura tinctoria* (L.) D. Don ex Steud (Moraceae) embebidas em lodo de esgoto. **Cadernos de Agroecologia**, v.9, p. 1-6, 2014.
- RIBEIRO M. J. R. Insalubridade ambiental e aspectos sociais associados a patógenos intestinais isolados de dípteros. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.16: 83-90, 2011.
- RIBEIRO, A. C.; CARDOSO, D.; LESSA, C. S.; MOYA-BORJA, G. E.; AGUIAR, V. M. First Record of *Chrysomya rufifacies* (Macquart) (Diptera, Calliphoridae) in Southeastern Brazil. **EntomoBrasilis** 6: 245–247, 2013.
- RIVERS, D. B.; DAHLEM, G. A. The science of forensic entomology. **Wiley-Blackwell**, New York, 392, 2014.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM R. **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <<http://www.R-project.org>.> acesso 14 de abril de 2019.
- SEOLIN DIAS, L. **Biodiversidade de moscas Calliphoridae e Muscidae no depósito de lixo urbano de Presidente Prudente, São Paulo, Brasil**. 40 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal). Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente, SP, 2008.
- SILVA, C. M. **Dinâmica de metais potencialmente tóxicos no solo após aplicação de lodo de esgoto**. 2005. 157f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP.

SIMMLER, L.; BUSER, T.; DONZELLI, M.; SCHRAMM, Y.; DIEU, L. H.; HUWYLER, J.; CHABOZ, S.; HOENER, M.; LIECHTI, M. E. Pharmacological characterization of designer cathinones in vitro. *Br. J. Pharmacol.* 168, 458 e 470, 2013.

SOUSA, J. R. P.; ESPOSITO, M. C.; CARVALHO-FILHO, F. S. A fauna de califorídeos (Díptera) das matas e clareiras com diferentes coberturas vegetais da Base de Extração Petrolífera, bacia do Rio Urucu, Coari, Amazonas. *Revista Brasileira de Entomologia*. n. 54, p. 270-276, 2010.

SOUSA, J. R. P.; ESPOSITO, M. C.; CARVALHO-FILHO, F. S. Composition, Abundance and Richness of Sarcophagidae (Diptera: Oestroidea) in Forests and Forest Gaps with Different Vegetation Cover. *Neotropical Entomology* 40: 20-27, 2011.

SOUSA, J. R. P.; CARVALHO-FILHO, F. D. S.; JUEN, L.; ESPOSITO, M. C. Evaluating the Effects Of Different Vegetation Types on Necrophagous Fly Communities (Diptera: Calliphoridae; Sarcophagidae): Implications for Conservation. *PLoS ONE* 11, 2016.

SOUZA, C. R.; VON ZUBEN, C. J. V. Diversity and synanthropy of Calliphoridae (Diptera) in the region of Rio Claro, SP, Brazil. *Neotrop. Entomol.* 41: 243–248, 2012.

SOUZA, V. M. **Bioindicadores animais de metais poluentes**. Dissertação (Mestrado). 67 p. 2010.

STEYSKAL, G. C. Family Otitidae (Ortalidae; including Pterocallidae, Ulidiidae). In: Papavero, N. ed. **A catalogue of the Diptera of the Americas South of the United States**. São Paulo, Departamento de Zoologia, Secretaria de Agricultura. vol. 54, p.1-23, 1968.

WINFREE, R.; GRISWOLD, T.; KREMEN, C. Effect of human disturbance on bee communities in a forested ecosystem. *Conservation Biology* 21: 213-223, 2007.

### **CAPITULO 3. MOSCAS VAREJEIRAS (DIPTERA: CALLIPHORIDAE) COMO BIOINDICADORES DE METAIS POTENCIALMENTE TÓXICOS EM ÁREAS ANTROPIZADAS NO CERRADO MARANHENSE**

#### **1 INTRODUÇÃO**

A disposição inadequada de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) é um dos principais fatores agravantes da atual crise ambiental, pois além de impactar de forma negativa o ambiente, ocasiona sérios riscos à saúde pública. Enfatiza-se que o problema do descarte dos RSU está diretamente relacionado ao aumento crescente de sua produção, o gerenciamento inadequado e a falta de locais adequados para a sua disposição (MARCO; CORREIA, 2015).

Os depósitos de resíduos sólidos urbanos em locais a céu aberto, chamados lixões ou vazadouros, em regiões urbanas ou periurbanas, tem se constituído em uma das atividades humanas de grande impacto no meio ambiente (RIBEIRO et al., 2011). Esses resíduos são danosos ao meio ambiente porque na sua composição pode conter elevadas concentrações de metais potencialmente tóxicos (MPT) como Cádmiio (Cd), Chumbo (Pb), Cobre (Cu) e Ferro (Fe) que estão presentes em pilhas, baterias, jornais, resto de tintas, tecidos, têxteis, enlatados, inclusive em alimentos (CAVALLET et al., 2013).

Os metais potencialmente tóxicos presentes nos solos tendem a solubilizar transferindo-se da fração sólida para o lixiviado. A lixiviação é o processo físico no qual os líquidos presentes nos resíduos sólidos são liberados durante o processo de decomposição e depois migram pelo perfil do solo. Os metais presentes no lixiviado dos RSU podem ser incorporados na superfície dos solos, principalmente por adsorção e precipitação, e consequentemente, aumentando a possibilidade de inserção dos mesmos na cadeia alimentar e, consequente contaminação dos integrantes bióticos (CAVALLET et al., 2013). A distribuição desses metais nos solos, sob condições naturais, depende da origem da formação rochosa (GUAGLIARDI et al., 2012). Contudo, devido às atividades antrópicas concentrações cada vez maiores desses metais potencialmente tóxicos (MPT) são encontrados no solo, comprometendo a qualidade dos ecossistemas (SIMMLER et al., 2013).

Neste estudo foram analisados os metais cádmio (Cd), crômio (Cr), manganês (Mn), chumbo (Pb) e o zinco (Zn). O cádmio (Cd) um metal relativamente raro, não apresenta função biológica essencial, sendo altamente tóxico a plantas e animais. No entanto, as concentrações de Cd normalmente encontradas no meio ambiente não causam toxicidade aguda. Apresenta um tempo de meia vida no solo que pode variar de 15 a 1100 anos (SILVA,

2005). O cromo (Cr) é considerado não essencial às plantas, mas é essencial aos animais; é utilizado em ligas, galvanoplastia e pigmentos. Ocorre potencialmente no estado de oxidação 3+ como cátion  $\text{Cr}^{3+}$  que se constitui em um cátion muito imóvel (SILVA, 2005). O manganês (Mn) é utilizado como um catalisador, como aditivo de borracha e para descolorir e produzir vidro de cor verde. É um elemento essencial em todos os organismos vivos conhecidos e só se torna tóxico em níveis elevados (ANDRADE et al, 2011). O chumbo (Pb) é utilizado em baterias, tubos, pigmentos, inseticidas, ligas, munição e soldas. O Pb é um elemento não essencial às plantas e animais, sendo tóxico pela ingestão, comportando-se como um veneno cumulativo no organismo, podendo também ser derivado do escapamento de veículos. O Pb pode entrar nos solos por diversas fontes e seu tempo de residência é tão longo que pode ser considerado como permanente no solo. Nos solos, o Pb existe principalmente no estado de oxidação 2+ (SILVA, 2005). O zinco (Zn) é usado em um grande número de ligas metálicas tais como bronze e latão, em baterias, fungicidas e pigmentos. Esse elemento é essencial às plantas e animais, mas em níveis elevados é tóxico a algumas espécies de vida aquática. Este metal pode ser considerado, junto com o Cd, como um metal muito móvel e biodisponível. O estado de oxidação 2+ é o único possível no solo (SILVA, 2005).

Por outro lado, a matéria orgânica em decomposição, presente em grande quantidade nos lixões, facilita a multiplicação de insetos (D'ALMEIDA; VILHENA, 2000), que podem, em alguns casos, acumular metais potencialmente tóxicos no DNA, no exoesqueleto e no mecônio (BROTTO; FIRMINO, 2014), podendo dessa forma serem utilizados como indicadores ambientais de antropobiocenoses.

O biomonitoramento, considerado um método experimental indireto, pode ser usado para identificar e quantificar poluentes por meio de respostas expressadas através de uma espécie ou comunidade mediante o estresse gerado pelos materiais com toxicidade (PONTES et al., 2014). Essas espécies, chamadas biomonitores, apresentam baixa ou alta resistência a determinado estresse respondendo de modo que possa ser quantificada, atendendo a determinados critérios de seleção de indicadores (SOUZA, 2010).

Insetos são muito abundantes e sensíveis a variações ambientais (CABRINI et al., 2013) e, portanto, se adaptam a estes tipos de ambientes modificados, o que os tornam candidatos a indicadores ambientais de antropobiocenoses (D'ALMEIDA; VILHENA, 2000). Dentre os grupos de insetos, algumas ordens como Diptera (moscas e mosquitos), Orthoptera (gafanhotos), Coleoptera (besouros), Lepidoptera (borboletas e mariposas) e Hymenoptera (vespas, abelhas e formigas) podem ser utilizados como bioindicadores, tanto de ambientes preservados como antropizados (FREITAS et al., 2009).

Por serem sinantrópicas, as moscas da família Calliphoridae podem se multiplicar rapidamente em ambientes alterados como os lixões, o que indica capacidade de funcionarem como indicadores de interferências humanas nos ambientes naturais (ESPOSITO, 1999). De acordo com Nuorteva (1963), sinantropia indica certa capacidade que algumas espécies possuem de se adaptar a ambientes sob condições criadas ou modificadas pelo homem.

Existem poucos estudos acerca do uso de moscas como bioindicadores e acumuladores de metais potencialmente tóxicos em áreas de lixão (SEOLIN DIAS; SARTOR, 2005). Diante disso, este estudo procurou avaliar o potencial das espécies *Chrysomya albiceps*, *Chrysomya megacephala* e *Chrysomya putoria*, moscas sinantrópicas da família Calliphoridae, como bioindicadores de metais potencialmente tóxicos (em áreas antropizadas e preservadas de cerrado na região sul do Maranhão), por meio da quantificação dos teores destes metais, da determinação do fator de bioacumulação, inclusive entre machos e fêmeas. Os solos das áreas investigadas também foram analisados para assim fazer uma correlação entre os teores de metais nos solos (com os teores presentes nas moscas), além da sua caracterização química por meio da determinação de pH e da matéria orgânica.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de Estudo

Descrição no capítulo 1.

### 2.2 Coleta de Dados

#### 2.2.1 Coleta e preparação das moscas

Descrição no capítulo 1.

#### 2.2.2 Identificação dos espécimes

Descrição no capítulo 1.

#### 2.2.3 Coleta e preparação das amostras de solos

Foram coletadas 03 (três) amostras de solo na superfície e 03 (três) amostras de solo na subsuperfície (até 10 cm abaixo da superfície) em cada uma das 20 (vinte) áreas de estudo onde as armadilhas para captura de dípteros foram instaladas (Figura 16). Tais amostras de solo foram colocadas em sacos plásticos, que foram devidamente identificados, e transportadas para o laboratório de Química Ambiental da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL), Campus de Imperatriz.

No laboratório, as amostras foram homogeneizadas por área e por região do solo (superfície e subsuperfície). Em seguida foram transferidas para bandeja plástica e secas ao ar.

Após a secagem as amostras foram descompactadas e trituradas em gral de porcelana. Em seguida, foram fracionadas utilizando-se peneiras de 0,35 mm. Na sequência foram transferidas para cápsulas de porcelana e submetidas a secagem em estufa a  $60^\circ \pm 1$  C, por 24 horas. A essa temperatura, os metais não são arrastados pelo vapor d'água, podendo-se fazer determinações do teor de matéria orgânica e pH (LACERDA et al., 1990).

Figura 16 - Coleta de amostras de solo



Fonte: Arquivo pessoal, pesquisa de campo (2018).

#### 2.2.4 Determinação de pH em água e KCl

As amostras dos solos seca ao ar, e passadas em peneira de 2 mm homogeneizadas foram submetidas à análise de pH em água e KCl  $1 \text{ mol L}^{-1}$ . Foram determinados potenciométricamente em suspensão, empregando 10,0 gramas de cada amostra foram acrescentados 25 mL de água e solo: KCl  $1 \text{ mol L}^{-1}$  e solo (relação 1:2,5) e agitando-se por 40 min. Após agitação a suspensão foi deixada em repouso por 1h. Em seguida foram feitas medições do pH nas amostras segundo Raij et al., (2001). As análises foram feitas em triplicata.

#### 2.2.5 Determinação de matéria orgânica

As amostras de solos foram submetidas à calcinação por 4 horas em forno mufla a  $550^\circ \text{ C}$ , em cadinho de porcelana previamente calcinado a  $550^\circ \text{ C}$  e aferido. Decorrido o tempo de calcinação, o cadinho foi resfriado em dessecador. A porcentagem de matéria orgânica foi obtida por meio da diferença entre o peso inicial da amostra e o peso após a calcinação (EMBRAPA, 2011). As análises foram feitas em duplicata.

### 2.2.6 Determinação do Ponto de Carga Zero (PCZ)

O PZC, definido como o pH em que a superfície dos solos possui cargas neutras, foram determinados para solos avaliadas nesse estudo, com o intuito de se verificar a partir de que pH a superfície do solo muda predominantemente de positiva para negativa. A metodologia empregada neste estudo para a determinação do PZC foi descrita por Regalbuto e Robles (2004). O procedimento consiste em misturar 50 mg do solo com 50 mL de solução aquosa sob diferentes condições de pH inicial (1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11 e 12) e determinar o pH após 24 horas de equilíbrio.

As soluções com pH em faixa ácida foram feitas a partir de diluições de HCl 1 mol L<sup>-1</sup> e as de pH básico a partir de diluições da solução de NaOH 1 mol L<sup>-1</sup>, já que ambos os reagentes possuem atividade próxima à sua concentração. O PCZ é obtido fazendo-se o gráfico do pH inicial versus o pH final e corresponde à faixa a qual o pH final se mantém constante, independentemente do pH<sub>i</sub>, ou seja, comporta-se como um tampão (NASCIMENTO; OLIVEIRA, 2014).

### 2.2.7 Extração de metais potencialmente tóxicos biodisponíveis dos solos

Para extração dos metais nos solos utilizou-se 1 g de solo por área e região do solo em Erlenmeyer de 125 mL. Em seguida foram acrescentados 25 ml de solução 0,1 molar de ácido clorídrico (8,4 mL de HCl 37 %), completando-se até um litro com água deionizada (Figura 17). Depois as amostras foram submetidas à agitação em mesa agitadora por 02 (duas) horas a 200 rpm (Figura 18). Após agitação as amostras foram decantadas por uma hora e, em seguida, filtradas com papel filtro quantitativo (Figura 19). O filtrado foi coletado em balão volumétrico de 50 mL. Em seguida, o filtrado foi completado até 50 mL com água deionizada. Finalmente, os filtrados foram transferidos para frascos de polietileno que foram guardados sob refrigeração até o momento da leitura dos metais no espectrofotômetro de absorção atômica (TAVARES; OLIVEIRA; SALGADO, 2013). As extrações foram feitas em triplicata.

Figura 17 - Amostra de solo sendo pesada para extração de metais potencialmente tóxicos biodisponíveis



Fonte: Arquivo pessoal, pesquisa de campo (2019).

Figura 18 - Amostras de solo submetidas à agitação em mesa agitadora



Fonte: Arquivo pessoal, pesquisa de campo (2019).

Figura 19 - Amostras de solo sendo filtradas



Fonte: Arquivo pessoal, pesquisa de campo (2019).

#### 2.2.8 Extração de metais potencialmente tóxicos em moscas

A extração de metais potencialmente tóxicos foi realizada nas moscas das espécies *C. albiceps*, *C. megacephala* e *C. putoria* por área e distinguindo-se machos e fêmeas. As moscas foram secas em estufa a 50°C por 24 horas. Em seguida as mesmas foram pesadas, sendo utilizadas massas de aproximadamente 0,1 g de peso seco para as análises. As amostras foram colocadas em Becker de 100 mL, diluídas em 10 mL de uma mistura de HNO<sub>3</sub>/HClO<sub>4</sub> (5:1) e mantidas sob digestão em placa de aquecimento a 90°C (Figura 20). Após a digestão total (extrato límpido), as amostras foram filtradas em papel de filtro Whatman N° 1 em balão volumétrico de 50 mL (Figura 21). Os papéis de filtro foram lavados com 20 mL de água deionizada. Em seguida, o volume máximo do balão volumétrico (50 mL) foi completado com água deionizada. Finalmente, os extratos (filtrados) foram transferidos para frascos de polietileno que foram guardados sob refrigeração até o momento da leitura dos metais no espectrofotômetro de absorção atômica (PEPINELLI et al., 2006).

Figura 20 - Amostras de moscas sob digestão em placa de aquecimento a 90°C para extração de metais potencialmente tóxicos



Fonte: Arquivo pessoal, pesquisa de campo (2019).

Figura 21 - Amostras de moscas sendo filtradas para extrair metais potencialmente tóxicos



Fonte: Arquivo pessoal, pesquisa de campo

### 2.2.9 Determinação de metais potencialmente tóxicos por Espectrometria de Absorção Atômica com Chama (FAAS)

As determinações dos metais potencialmente tóxicos Pb(II), Cd(II), Cr(IV), Mg(II) e Zn(II) nas amostras de solos e moscas foram feitas por Espectrometria de Absorção Atômica em Chama (FAAS), com corretor de fundo com lâmpada de deutério. As condições de operação do espectrofotômetro de absorção atômica para cada metal estudado estão na Tabela 4. Soluções padrão foram utilizadas para a calibração do instrumento, sendo preparadas com base em alíquotas de uma solução estoque de 1000 mg L<sup>-1</sup>, a concentrações específicas para cada metal.

Tabela 4 - Condições de operações do FAAS na determinação de Cd, Cr, Mn, Pb e Zn

Condições	Cd	Cr	Mn	Pb	Zn
Comprimento de onda (nm)	288,8	357,9	279,5	217,0	213,9
Fenda (nm)	0,5	0,2	0,2	1,0	0,5
*Lâmpada (mA)	4	7	10	5	8
Corretor de Background	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

\*Lâmpada de catodo oco (HCL) da Varian

Fonte: Manual do espectrofotômetro de absorção atômica

### 2.3 Análise dos Dados

Os parâmetros físico-químicos e os teores das espécies metálicas do solo, tanto da superfície como da subsuperfície, além dos dados das moscas (variáveis espécie, área e gênero), foram submetidas à análise de variância – ANOVA e a teste de média Tukey a 5% de probabilidade. Tais análises foram realizadas pelas rotinas do programa R (R DEVELOPMENT CORE TEAM 2019).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Parâmetros físico-químicos do Solo

Os dados apresentados na Tabela 5 são os valores referentes a Matéria Orgânica, pH em água e pH em KCl das amostras de solos das 20 (vinte) áreas de estudo. Foi aplicado o teste Tukey a 5 % de probabilidade para as médias de todos os parâmetros físico-químicos relacionados à superfície e subsuperfície de cada área amostral.

Tabela 5 - Valores médios dos parâmetros físico-químicos dos solos por área de coleta

Tipo de Ambiente	Área	Matéria Orgânica (%)		pH em água		pH em KCl		Δph		PCZ	
		Superfície	Subsuperfície	Superfície	Subsuperfície	Superfície	Subsuperfície	Superfície	Subsuperfície	Superfície	Subsuperfície
Antropizado	1	7,56 a	3,53 b	4,36 c	5,54 d	4,35 e	4,37 e	-0,01 g	-1,17 h	4,34 i	3,20 j
	2	6,51 a	1,89 b	4,22 c	5,27 d	3,94 e	4,18 f	-0,28 g	-1,09 h	3,66 i	3,09 j
	3	5,05 a	3,19 b	4,21 c	5,42 d	4,32 e	4,5 f	0,11 g	-0,92 h	4,44 i	3,58 j
	4	5,72 a	1,86 b	3,98 c	4,68 d	4,06 e	4,22 f	0,07 g	-0,46 h	4,13 i	3,76 j
	5	2,24 a	1,88 b	3,85 c	5,06 d	4,10 e	4,12 e	0,25 g	-0,93 h	1,35 i	3,19 j
	6	2,91 a	0,37 b	5,50 c	5,76 c	4,48 e	4,96 e	-1,02 g	-1,79 h	3,45 i	4,17 j
	7	4,44 a	7,64 b	5,85 c	6,40 d	4,57 e	4,60 e	-1,28 g	-1,80 h	3,28 i	2,80 j
	8	4,23 a	10,40 b	6,22 c	5,83 d	4,51 e	4,56 e	-1,71 g	-1,27 h	2,80 i	3,29 j
	9	2,88 a	3,40 b	5,15 c	5,15 c	4,29 e	4,16 e	-0,86 g	-0,99 g	3,43 i	3,17 j
	10	4,01 a	5,72 b	5,38 c	5,27 c	4,53 e	4,49 e	-0,85 g	-0,78 g	3,68 i	3,71 i
Cerrado Conservado	11	0,81 a	4,22 b	6,78 c	5,71 d	4,09 e	4,26 e	-2,68 g	-1,44 h	1,41 i	2,82 j
	12	1,99 a	1,88 a	5,62 c	5,39 d	3,78 e	4,21 f	-1,84 g	-1,18 h	1,94 i	3,03 j
	13	6,99 a	5,87 b	5,15 c	5,20 c	4,16 e	4,30 e	-0,98 g	-0,90 g	1,18 i	3,39 j
	14	6,05 a	4,53 b	5,04 c	5,26 d	4,22 e	4,26 e	-0,81 g	-1,00 h	3,41 i	3,26 j
	15	5,13 a	4,89 b	5,32 c	5,32 c	4,94 e	4,41 f	-0,38 g	-0,91 h	4,50 i	3,50 j
	16	5,34 a	5,80 b	4,84 c	4,91 c	4,14 e	3,12 e	-0,69 g	-1,79 h	3,45 i	1,33 j
	17	6,43 a	6,45 a	4,72 c	4,21 d	4,12 e	2,98 f	-0,60 g	-1,22 h	3,51 i	1,76 j
	18	7,49 a	8,43 b	5,41 c	3,87 d	4,30 e	3,32 e	-1,15 g	-0,55 h	3,18 i	2,77 j
	19	6,14 a	7,95 b	5,35 c	6,85 d	4,15 e	5,56 f	-1,20 g	-1,28 g	2,94 i	4,28 j
	20	5,84 a	6,15 b	4,85 c	6,96 d	3,86 e	5,61 f	-0,99 g	-1,35 h	2,86 i	4,26 j

Médias seguidas pela mesma letra na linha não apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade (p= 0,0001)

Fonte: Elaborada a partir dos dados da pesquisa de campo (2019).

Os teores de matéria orgânica do solo são resultados de produção, incorporação, decomposição e mineralização de matérias vegetais e animais. Representa importante papel no solo, melhorando suas condições físicas e químicas e adicionando-lhe importantes propriedades físico-químicas, como por exemplo, a capacidade de troca de cátions (EMBRAPA, 2010).

Nas áreas antropizadas, os valores de matéria orgânica variaram entre 2,24% e 7,56% na superfície, e entre 1,86% e 10,40% na subsuperfície. A maior percentagem de matéria orgânica foi obtida na subsuperfície da área antropizada 8 (10,40%). Para Alcântara et al (2011), valores de matéria orgânica acima de 10% indicam predominância de compostos orgânicos, e abaixo de 10% de compostos inorgânicos ou minerais. O único valor dentro da faixa considerada para solo orgânico ocorreu na subsuperfície da área 8.

Com exceção do solo da subsuperfície da área 8 (antropizada), todas as outras áreas apresentaram valores de matéria orgânica menores que 10%, indicando predominância de compostos inorgânicos ou minerais, com predominância de sílica, argila e compostos como cálcio, ferro e manganês. A predominância de compostos orgânicos na área 8 do ambiente antropizado pode ser atribuída a maior decomposição de resíduos orgânicos originados dos resíduos sólidos nesta área que possivelmente lixiviaram para subsuperfícies (ALCÂNTARA E PIERANGELI, 2011).

O pH, além de medir a acidez, determina a carga líquida que predomina no material e a mudança em seu caráter eletroquímico. De acordo com a classificação proposta por Gastalho et al. (2009), valores de pH entre 3,5 a 5,0, indicam solos muito ácidos e valores entre 5,0 a 6,5 confere ao solo um caráter ácido.

Os valores obtidos para o pH em água mostram que os solos analisados neste estudo, tanto nas áreas do ambiente antropizado como nas áreas do ambiente de cerrado conservado, tem caráter ácido. Os valores de pH observado na superfície do ambiente antropizado indica o contato do solo com contaminantes, possivelmente oriundos do chorume produzido na decomposição do material orgânico, inorgânico e de resíduos industriais presentes nos lixões. Isso explica a redução do pH na maioria das áreas antropizadas.

Além disso observou-se que os valores de pH em água obtiveram valores maiores do que os valores obtidos para pH em KCl. Este resultado pode ser atribuído ao fato de que nem sempre, quando medido em água, o valor do pH possa ter apenas a acidez total, devido aos prótons e as formas de alumínio fixadas ao complexo de troca, que contribuem também para a acidez.

Giordano et al. (2011) argumentam que o pH modifica as atividades enzimáticas, a solubilização e a toxicidade dos compostos que estão dispostos nos lixões. O valor do pH também indica a fase de decomposição que se encontram os resíduos sólidos. Como exemplo, quando o pH está próximo de 6,0 indica que o lixão ou aterro está em fase ácida de degradação. Se estiver em torno de 8,0 indica a fase final de degradação anaeróbia, a fase metanogênica. Ressalta-se que a elevada acidez proporciona menor disponibilidade dos metais potencialmente tóxicos e torna o ambiente desfavorável para a vida microbiana do solo, que é responsável pela decomposição da matéria orgânica.

O  $\Delta\text{pH}$  é um parâmetro da análise química utilizado para determinar a predominância, no solo, de cargas negativas ou positivas. Em solos eletropositivos, ocorre predomínio de cargas positivas sobre as negativas, em caso contrário, existe predominância de cargas negativas. A diferença ( $\Delta\text{pH}$ ) pode ser superior a uma unidade de pH. Um valor de  $\Delta\text{pH} > 0$  indica que a capacidade de troca catiônica é mais alta do que a capacidade de troca aniônica. Os valores  $\Delta\text{pH}$  são utilizados para se obter uma estimativa da carga líquida do solo.

Com exceção dos valores de superfície das áreas 3, 4 e 5 do ambiente antropizado, que obtiveram valores positivos indicando maior ocorrência de cargas positivas, em todas as outras áreas, nas duas profundidades, foram verificados valores negativos de  $\Delta\text{pH}$  (Tabela 5), indicando maior ocorrência de carga líquida negativa (ânions) em ambos ambientes, e portanto, que os solos investigados tendem a reter cátions.

Entende-se por ponto de carga zero (PCZ) ponto referente ao pH onde a superfície possui carga neutra (NASCIMENTO; OLIVEIRA, 2014). Se o pH em água do solo for maior que o PCZ, a carga líquida do solo será negativa e reterá cátions e quando o pH for menor que o PCZ, a carga líquida do solo será positiva na superfície das partículas do solo. A proporção das formas neutra e ionizada de um composto é controlada pelo pH do solo em relação ao  $\text{pK}_a$  da molécula. O solo pode conter um balanço de cargas elétricas positivas, negativas ou nula. Quando o balanço é nulo sua denominação é PCZ (ponto de carga zero). Nesse ponto os valores de cargas positivas e negativas são iguais.

Os resultados PCZ, de todas as áreas naturais e antropizadas deram abaixo do pH do solo em água indicados também na tabela 5. Isso indica um solo com predominância de cargas negativas na superfície das partículas dos solos investigados, que proporciona, então, adsorção catiônica com sítios ativos que realizam troca e retenção de cátions. A predominância de cargas negativas no solo antropizado indica que a disposição inadequada dos resíduos sólidos e a compactação do solo não influenciaram na carga líquida dos solos para os lixões.

### 3.2 Concentrações de espécies metálicas nos solos

Os dados apresentados nas tabelas 6 e 7 são referentes aos teores médios das concentrações das espécies metálicas Cd(II), Cr(III), Pb(II), Mn(II) e Zn(II), nos solos das áreas naturais e antropizadas (Lixão).

Tabela 6 - Concentração média das espécies metálicas nos solos da área antropizada ( $\text{mg.kg}^{-1}$ )

<b>ÁREA ANTROPIZADA</b>						
<b>Áreas</b>	<b>Local</b>	<b>Cádmio</b>	<b>Crômio</b>	<b>Chumbo</b>	<b>Manganês</b>	<b>Zinco</b>
A1	SUP	*	0.44 a	1.15 a	0.83 a	4.34 a
	SUB	*	0.92 b	1.52 b	2.69 b	0.82b
A2	SUP	*	0.81c	0.52c	0.52c	8,44
	SUB	*	0.93c	1.52d	2.26d	*
A3	SUP	*	1.10 e	0.58 e	1.21 e	6,08
	SUB	*	1.19 f	1.77 f	2.19 f	*
A4	SUP	*	0.98 g	0.81 g	2.82 g	6.03 g
	SUB	*	1.81 h	1.77 h	2.64 h	0.19 h
A5	SUP	*	0.78 i	0.64 i	2.05 i	4.01 i
	SUB	*	1.43j	1.76j	2.66 j	0.82 j
A6	SUP	*	0.66 k	0.83 k	6.04 k	12.36 k
	SUB	*	1.87 L	2.2 L	5.16 L	3.33 L
A7	SUP	*	0.53 m	2.09 m	1.15 m	5.33 m
	SUB	*	1.32 n	4.78 n	3.69 n	0.16n
A8	SUP	*	0.28 o	0.89 o	36.7 o	8.45 o
	SUB	*	1.01 p	3.24 p	16.83 p	0.17 p
A9	SUP	*	0.67 q	0.34 q	1.82 q	9.21 q
	SUB	*	1.72 r	2.81 r	10.69 r	0.22 r
A10	SUP	*	0.23 s	0.4 s	34.88 s	23.39 s
	SUB	*	3.32 t	3.48 t	16.83 t	*
<b>CETESB</b>	<b>Ref.</b>	<b>&lt; 0,5</b>	<b>40</b>	<b>17</b>	<b>*</b>	<b>60</b>
	<b>Prev.</b>	<b>1,3</b>	<b>75</b>	<b>72</b>	<b>*</b>	<b>86</b>

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade ( $p= 0,00021$ ); Ref. Referência; Prev. Prevenção; \* não informado (abaixo do limite de detecção).

Fonte: Elaborada a partir dos dados da pesquisa de campo (2019).

Tabela 7 - Concentração média das espécies metálicas nos solos da área natural (mg.kg<sup>-1</sup>)

ÁREA NATURAL						
Áreas	Local	Cádmio	Crômio	Chumbo	Manganês	Zinco
A11	SUP	*	0.27 a	0.6 a	24.53 a	6.76 a
	SUB	*	3.32 b	2.55 b	9.25 b	*
A12	SUP	*	0.34 c	0.24 c	10.2 c	6,39
	SUB	*	2.84 d	1.49 d	3.44 d	*
A13	SUP	*	0.66 e	0.99 e	13.72 e	5,1
	SUB	*	3.18 f	3.4 f	4.75 f	*
A14	SUP	*	1.43 g	1.24 g	13.37 g	5.25 g
	SUB	*	2.05 h	3.36 h	7.39 h	2.39 h
A15	SUP	*	0.96 i	3.4 i	8.13 i	5.93 i
	SUB	*	2.32 j	2.44 j	4.58 j	4.34 j
A16	SUP	*	0.97 k	4.95 k	3.85 k	4.79 k
	SUB	*	2.43 L	2.47 L	2.64 L	4.34 L
A17	SUP	*	0.8 m	3.44 m	2.92 m	4.95 m
	SUB	*	2.33 n	1.89 n	2.65 n	4.27 n
A18	SUP	*	0.34 o	2.04 o	7.36 o	0.39 o
	SUB	*	2.38 p	3.55 p	2.89 p	3.99 p
A19	SUP	*	1.03 q	1.58 q	5.98 q	0.54 q
	SUB	*	2.7 r	2.37 r	3.45 r	4.16 r
A20	SUP	*	0.39 s	0.89 s	3.42 s	1.78 s
	SUB	*	2.68 t	1.64 t	3.21 t	4.27 t
<b>CETESB</b>	<b>Ref.</b>	<b>&lt; 0,5</b>	<b>40</b>	<b>17</b>	<b>*</b>	<b>60</b>
	<b>Prev.</b>	<b>1,3</b>	<b>75</b>	<b>72</b>	<b>*</b>	<b>0</b>

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade (p= 0,00021); Ref. Referência; Prev. Prevenção; \* não informado (abaixo do limite de detecção).

Fonte: Elaborada a partir dos dados da pesquisa de campo (2019).

Segundo Hypolito e Ezaki (2006), a redução de espécies metálicas em área de lixão ocorre devido à retenção dos íons metálicos na massa de resíduos, à adsorção de metais potencialmente tóxicos a partículas do solo e à precipitação de metais potencialmente tóxicos nas formas estáveis, em função das condições físico-químicas e químicas, proporcionadas pelo ambiente saturado com água no interior do material depositado no lixão. Acredita-se que esses fatores contribuíram na menor concentração de Cr e Pb nas áreas antropizadas, quando comparada com às áreas naturais. Podemos verificar ainda nas tabelas 6 e 7 que ocorreu diferenças significativas para a concentração das espécies metálicas investigadas entre as superfícies e as subsuperfícies das áreas naturais e antropizadas.

Em relação aos valores superiores das áreas antropizadas, certamente, esse padrão é devido aos seguintes fatores: maior quantidade e variedade de resíduos sólidos e tempo de atividade exercida (15 anos).

Em virtude do Estado do Maranhão não ter definido valores de investigação (VIs) de metais potencialmente tóxicos, os resultados obtidos foram comparados com os VIs definidos pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo, Brasil (CETESB, 2005). O valor de referência de qualidade (VRQ) reflete a concentração natural média dos elementos, indicando situações de não contaminação. O valor de prevenção (VP) indica uma possível alteração prejudicial à qualidade dos solos, sendo utilizado em caráter preventivo e, quando excedido no solo, deverá ser exigido o monitoramento dos impactos decorrentes (FERNANDES et al., 2007).

Ressalta-se que os teores de todas as espécies metálicas investigadas, tanto nas áreas antropizadas quanto nas áreas naturais, estiveram abaixo do valor de prevenção (Tabelas 6 e 7). Para o manganês não foi possível fazer esta comparação uma vez que não há para esta espécie VRQ e VP.

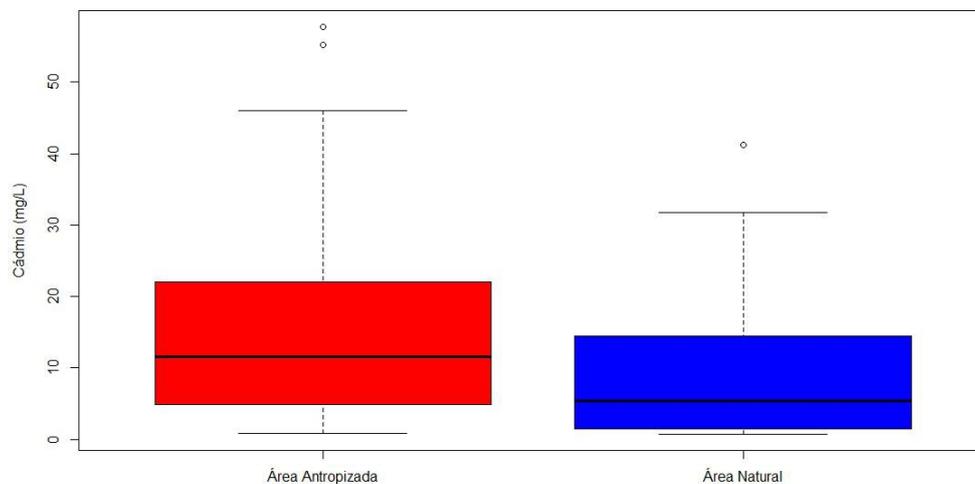
### 3.3 Concentrações de espécies metálicas nas moscas

Os valores referentes às concentrações das espécies metálicas nas moscas das áreas naturais e antropizadas estão representados nas figuras 22 a 31, organizadas por áreas e também entre as espécies e gêneros. A ordem de concentração nas moscas foi  $Zn > Mn > Cr > Cd > Pb$ , sendo o zinco o metal que teve maior bioacumulação nas moscas.

#### 3.3.1 Cádmio

Os valores referentes às concentrações da espécie metálica cádmio nas moscas, para as áreas naturais e antropizadas (lixão), estão representados nas figuras 22 e 23. A figura 22 faz um comparativo entre as áreas naturais e antropizadas e a figura 23 apresenta a comparação entre as espécies. A média da concentração deste metal no ambiente antropizado foi de 14,59 ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) variando ainda de 2,46 na área 9 a 45,94 na área 10 ( $\text{mg kg}^{-1}$ ). No ambiente preservado a média das concentrações foram de 9,34 ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) variando de 0,79 a 41,06 ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) nas áreas 19 e 17, respectivamente.

Figura 22 - Concentração de Cádmiio nas moscas das áreas naturais e antropizadas



Fonte: Elaborada a partir dos dados da pesquisa de campo (2019).

Apesar de não ser detectado nos solos da área natural e antropizada (Tabelas 6 e 7) o Cd esteve presente nas espécies de moscas investigadas. Levando em consideração os valores de Cd nas espécies de moscas investigadas pode-se afirmar que as espécies investigadas neste estudo mostram potencial bioacumulador.

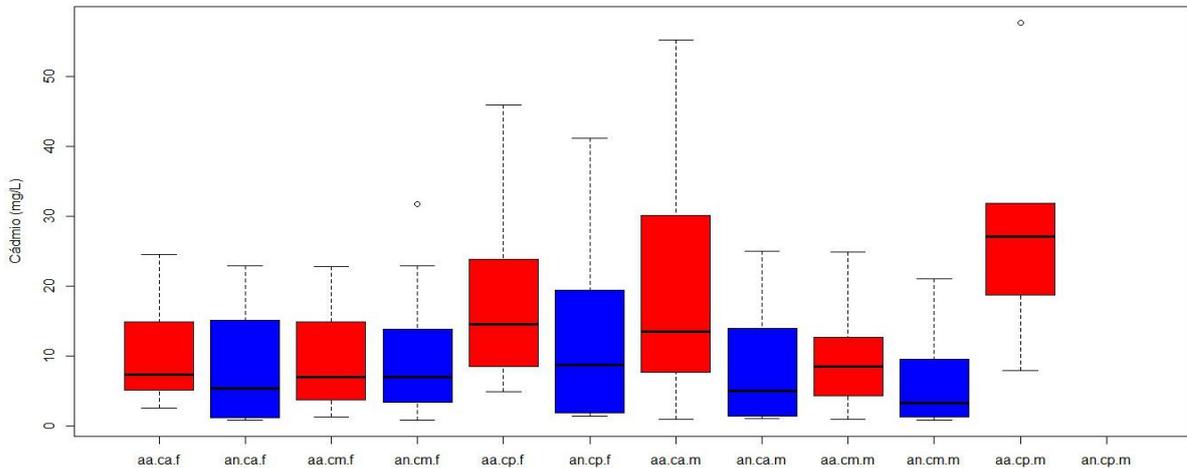
De modo geral, a acumulação do metal potencialmente tóxico cádmio foi maior nas moscas da área antropizada quando comparada com a área natural diferindo estatisticamente a nível de 5% de probabilidade ( $t=4.581$   $p=0.0351$ ) como mostra o gráfico (Boxplot) da figura 22. No ambiente antropizado os valores estiveram quase todos acima da mediana. Este comportamento foi semelhante no ambiente natural. A maior concentração de cádmio na área antropizada se justifica pela alta quantidade desse metal presente nos resíduos sólidos urbanos presentes no lixão.

No gráfico da figura 23 verifica-se que, na área antropizada, a espécie *Chrysomya putoria* apresentou valores discrepantes (outliers, dados que se diferenciam drasticamente de todos os outros, são pontos fora da curva, um valor que foge da normalidade). No ambiente conservado, a espécie *Chrysomya megacephala* também apresentou valores discrepantes (outliers), o que indica que estas espécies bioacumularam valores superiores de Cd.

Na figura 23 observa-se que a espécie *Chrysomya putoria*, apresentou valores maiores quando comparados com outras espécies em relação à média, diferindo estatisticamente ( $t = 4.678$ ,  $p = 0.0120$ ). Este dado chama atenção, uma vez que a ocorrência desta espécie foi

menor em relação às outras duas. Para o cádmio não houve diferença significativa quando se compara machos e fêmeas.

Figura 23 - Concentração e dispersão de Cádmio por espécie nas moscas das áreas naturais e antropizadas



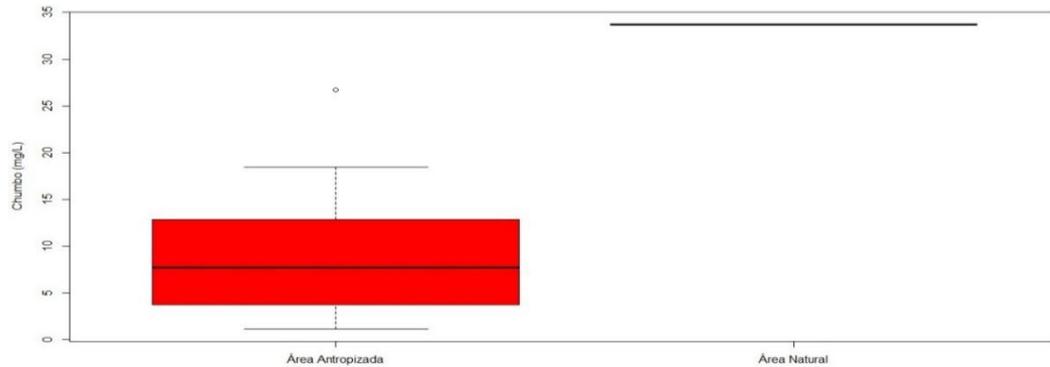
aa – área antropizada, na – área natural, ca – *Chrysomya albiceps*, cm – *Chrysomya megacephala*, cp – *Chrysomya putoria*

Fonte: Elaborada a partir dos dados da pesquisa de campo (2019).

### 3.3.2 Chumbo

A figura 24 mostra os valores referentes a concentração da espécie metálica chumbo comparando as áreas naturais com as áreas antropizadas. A média da área natural está bem acima quando comparada com a da antropizada porque o metal só ocorreu em uma área ( $34,80 \text{ mg kg}^{-1}$ ). Já na área antropizada a média foi de  $9,70 \text{ mg kg}^{-1}$ , variando entre  $4,20$  e  $19,40 \text{ mg kg}^{-1}$ . No ambiente antropizado os valores ficaram bem distribuídos quando em relação a mediana. Observa-se ainda, na figura 24, que o ambiente antropizado de uma área apresentou valores elevados (outliers), dentro da análise.

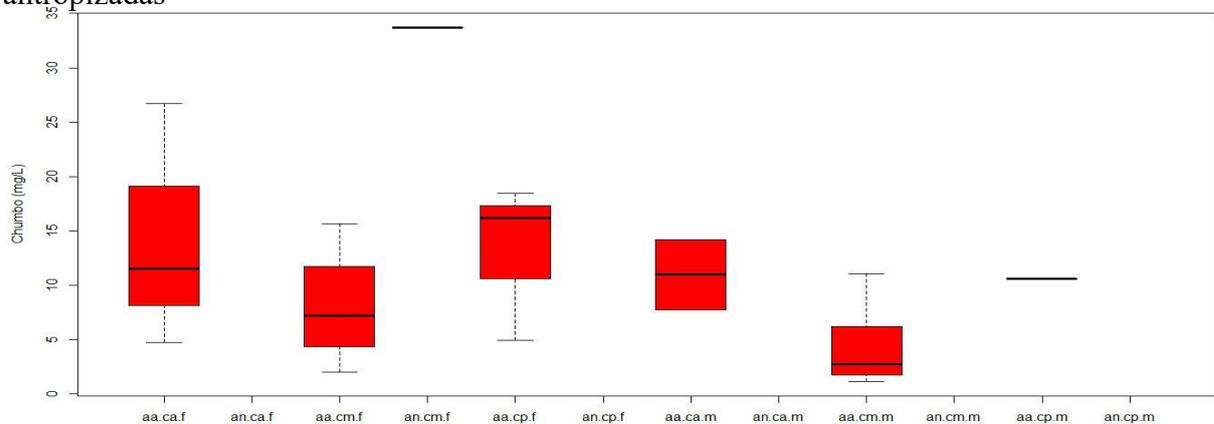
Figura 24 - Concentração do Chumbo nas moscas das áreas naturais e antropizadas



Fonte: Elaborada a partir dos dados da pesquisa de campo (2019).

A figura 25 expõe as médias das acumulações do chumbo nas moscas por espécie. É possível constatar, a partir da observação deste gráfico, a não ocorrência desta espécie metálica no ambiente natural com exceção da *Chrysomya megacephala*. As concentrações deste metal no solo foram maiores na subsuperfície o que o deixa menos disponível para as moscas. Essa disponibilidade diminui ainda mais pelo fato deste metal poder ser fortemente adsorvido nas partículas do solo (CASAS, 2006). Já no ambiente antropizado, a presença desse metal nas moscas pode ser justificada pelo fato deste tipo de ambiente possuir grande quantidade de materiais descartados, com os quais as moscas podem ter contato direto, que podem apresentar este metal. Para este metal, quando comparadas estatisticamente, as espécies não diferiram ( $t = 3.102$ ,  $p = 0.07672$ ). Mais uma vez não houve diferença significativa quando comparados todas as espécies em relação aos gêneros.

Figura 25 - Concentração do Chumbo por espécie nas moscas das áreas naturais e antropizadas



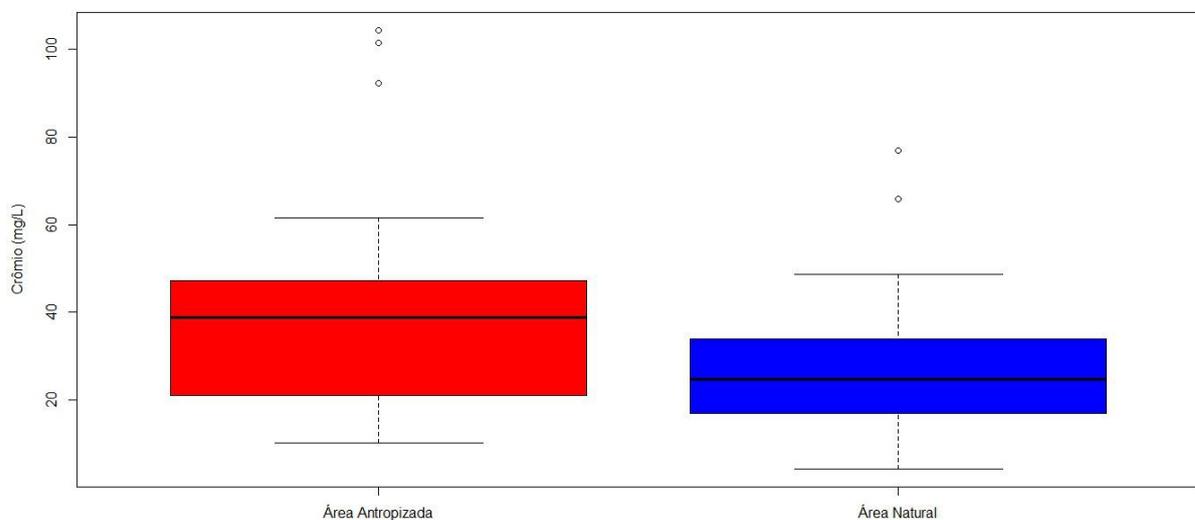
aa – área antropizada, na – área natural, ca – *Chrysomya albiceps*, cm – *Chrysomya megacephala*, cp – *Chrysomya putoria*

Fonte: Elaborada a partir dos dados da pesquisa de campo (2019).

### 3.3.3 Crômio

Na figura 26, estão representados os valores de bioacumulação de crômio nas moscas das áreas naturais e antropizadas. Observa-se que as moscas do ambiente antropizado se mostraram mais acumuladoras deste metal no ambiente antropizado, diferindo estatisticamente ( $t = 10.33$ ,  $p = 0.00183$ ), tendo como média  $38.72 \text{ mg kg}^{-1}$ , variando entre  $104,33$  e  $10,30 \text{ mg kg}^{-1}$  nas áreas 2 e 7, respectivamente. Nas áreas naturais a média foi de  $26.26 \text{ mg kg}^{-1}$ , variando entre  $4.32$  e  $76.1 \text{ mg kg}^{-1}$  nas áreas 20 e 12, respectivamente.

Figura 26 - Concentração do Crômio por espécie nas moscas das áreas naturais e antropizadas



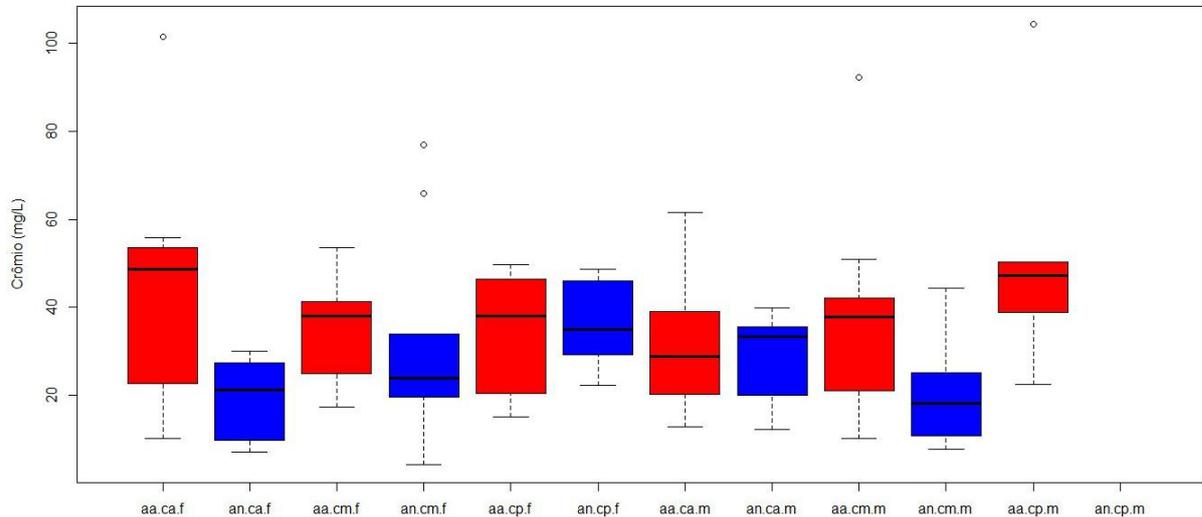
Fonte: Elaborada a partir dos dados da pesquisa de campo (2019).

No ambiente antropizado os valores das áreas estiveram 75% abaixo da mediana, comportamento que não aconteceu no ambiente natural, onde os valores não dispersaram quando observado os quartis. Ver-se ainda que houve três discrepâncias no ambiente antropizado, nas áreas 1, 2 e 3. Levando em consideração a distância entre as áreas, pode se inferir que tais acumulações são características locais do solo ou de contaminação no caso do lixão.

Observando a figura 27, é possível perceber que, entre as três espécies, *Chrysomya megacephala*, *Chrysomya albiceps* e *Chrysomya putoria*, não houve diferença significativa para o crômio ( $t = 0.969$ ,  $p=0.38397$ ). A diferença pode ser observada quando se compara os gêneros, pois nota-se que os machos obtiveram maior bioacumulação ( $p=0.03778$ ) nas três espécies, o que significa que estes melhor indicam a presença deste metal, tanto nos ambientes naturais como nos ambientes antropizados. Nas três espécies houve áreas onde as concentrações se comportaram como discrepantes. A variação entre os quartis podem ser

características das áreas estudadas, uma vez que para todas as espécies, os valores estão em sua maioria abaixo ou acima da mediana.

Figura 27 - Concentração do Crômio por espécie nas moscas das áreas naturais e antropizadas



aa – área antropizada, na – área natural, ca – *Chrysomya albiceps*, cm – *Chrysomya megacephala*, cp – *Chrysomya putoria*

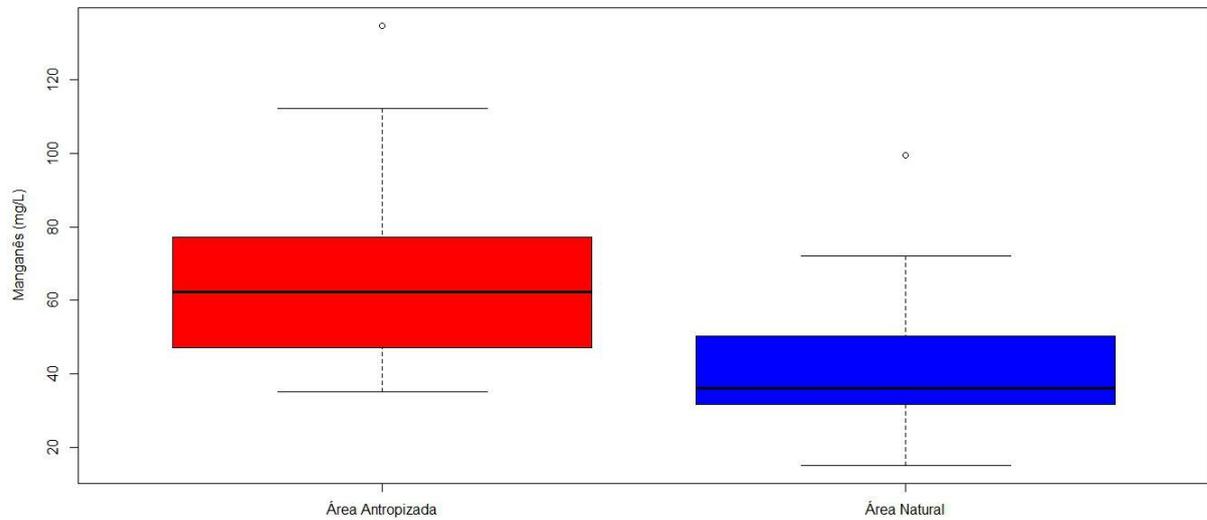
Fonte: Elaborada a partir dos dados da pesquisa de campo (2019).

Quando comparados os resultados com o solo, é possível observar que as moscas acumularam valores maiores, tanto nos ambientes antropizados como nos ambientes naturais, o que significa que as mesmas podem ser consideradas bioindicadoras da presença desse metal em solos.

### 3.3.4 Manganês

O manganês foi a segunda espécie metálica que mais ocorreu nos ambientes estudados, tanto nas moscas como nos solos. Na figura 28, observa-se o mesmo comportamento ocorrido nos metais anteriores, quando se compara as áreas naturais com as antropizadas: no ambiente modificado (lixão), a ocorrência desta espécie metálica foi maior, diferindo estatisticamente do ambiente preservado ( $t= 35.14$ ,  $p = 5.87e-08$ ). Percebe-se ainda, que no ambiente antropizado a dispersão das áreas foi bem distribuída em torno da média. No ambiente natural este comportamento não se repetiu, pois as concentrações mais elevadas deste metal ocorreram na sua maioria acima da mediana. Áreas discrepantes foram observadas nos dois tipos de ambientes.

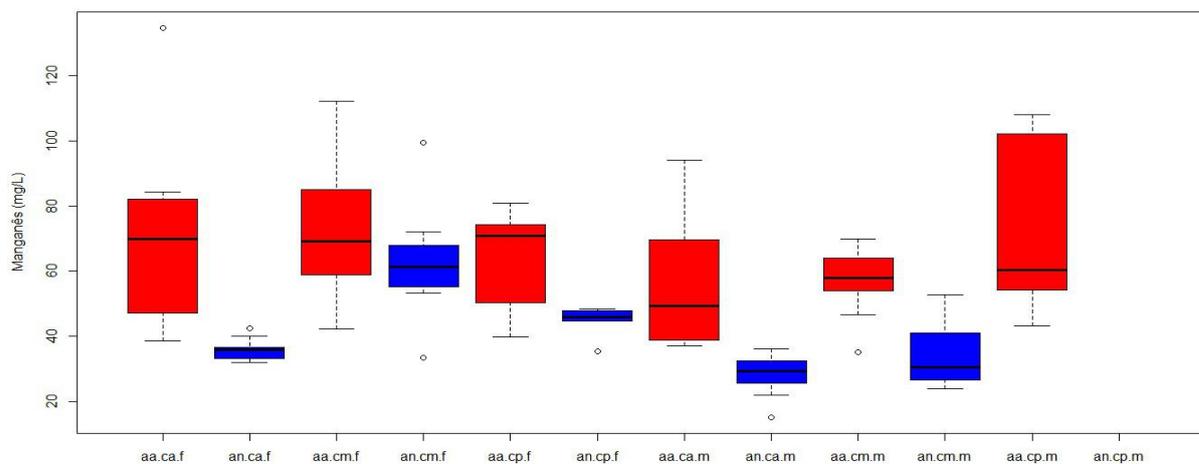
Figura 28 - Concentração do Manganês por espécie nas moscas das áreas naturais e antropizadas



Fonte: Elaborada a partir dos dados da pesquisa de campo (2019).

Na figura 29 nota-se que não houve diferença significativa entre as espécies na bioacumulação do manganês ( $t= 2.897$ ,  $p = 0,061054$ ), no entanto a análise revelou que houve diferença entre machos e fêmeas. Neste caso as fêmeas acumularam maior quantidade ( $t = 12.215$ ,  $p = 0,000781$ ).

Figura 29 - Concentração do Manganês por espécie nas moscas das áreas naturais e antropizadas



aa – área antropizada, na – área natural, ca – *Chrysomya albiceps*, cm – *Chrysomya megacephala*, cp – *Chrysomya putoria*

Fonte: Elaborada a partir dos dados da pesquisa de campo (2019).

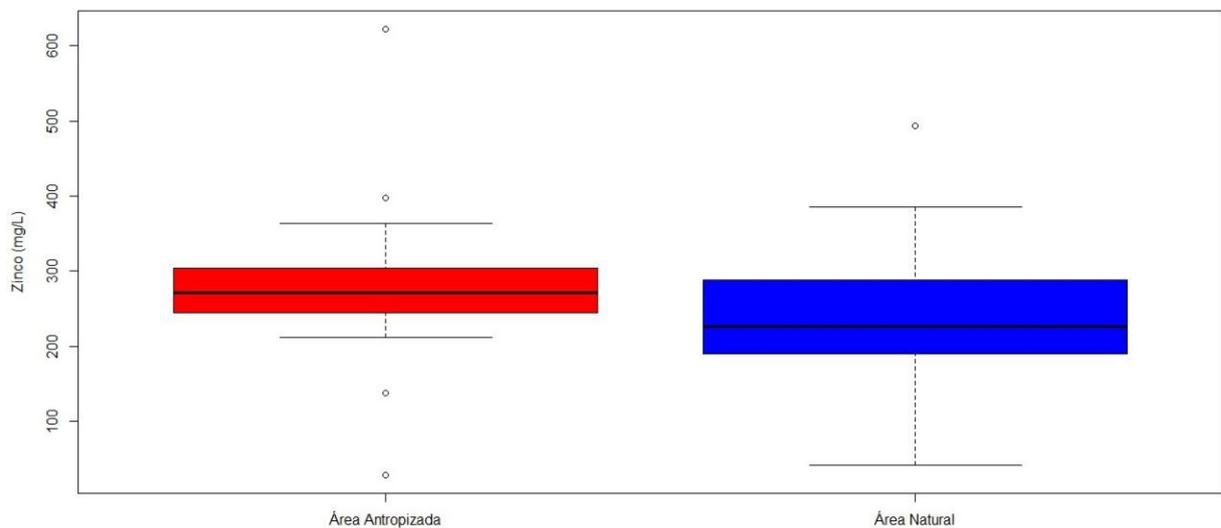
Para esta espécie metálica, mais uma vez observou-se os *outliers* nas três espécies estudadas, *Chrysomya albiceps*, e *Chrysomya megacephala* *Chrysomya putoria*, sendo, na sua maioria, nas fêmeas. Quando se observa os quartis, é possível perceber que os valores estiveram, em sua maioria, acima da mediana, sendo que a espécie *Chrysomya putoria* obteve maiores variações em torno da mediana.

Quando comparados com o solo, as moscas apresentaram o mesmo comportamento das espécies metálicas anteriores, com valores relativamente maiores, deixando ainda mais claro a importância destes insetos como bioindicadores de metais potencialmente tóxicos em ambientes modificados e preservados.

### 3.3.5 Zinco

O zinco foi o metal que mais acumulou nas moscas e nos solos neste estudo. Observando a figura 30, nota-se que no ambiente antropizado a acumulação foi maior, quando comparado ao ambiente preservado ( $t = 4.271$ ,  $p = 0.0417$ ), com uma média de 277,29 mg/l, variando entre 127,33 e 622,59 mg/l, nas áreas 10 e 2, respectivamente. No ambiente natural a média foi 242,52 mg/l, variando entre 41,14 e 493,07 mg/l nas áreas 15 e 20, respectivamente.

Figura 30 - Concentração do Zinco por espécie nas moscas das áreas naturais e antropizadas



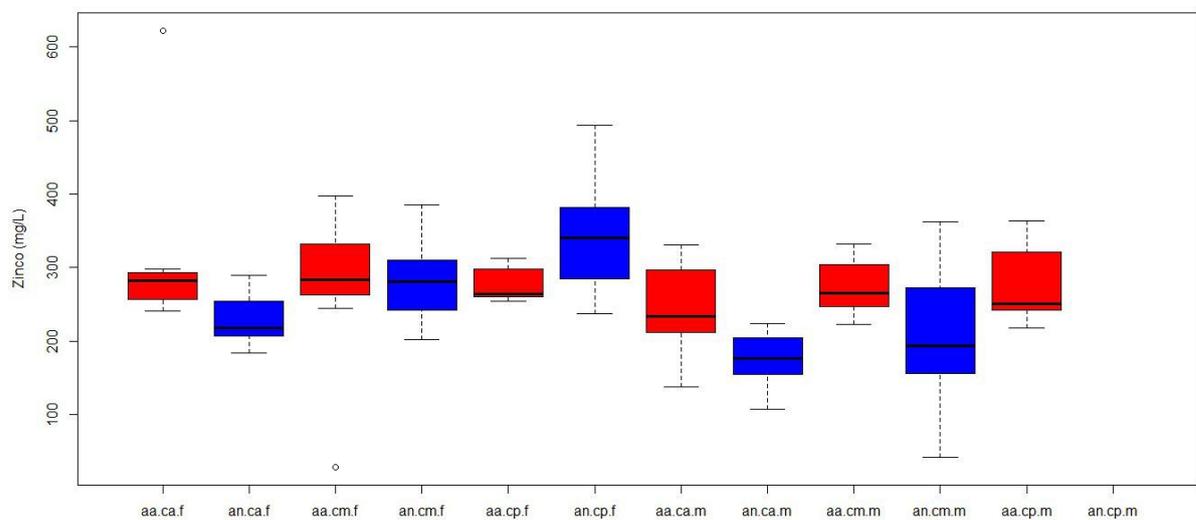
Fonte: Elaborada a partir dos dados da pesquisa de campo (2019).

Ainda em relação à figura 30, no ambiente antropizado houve muitos pontos dispersos em relação ao boxplot, sendo dois pontos acima e dois pontos abaixo. Este comportamento pode estar associado à grande quantidade de zinco encontrado nestes solos, podendo ser uma

característica do próprio solo ou fontes de contaminação. No ambiente natural a variação foi menor, tendo somente uma área com valores discrepantes.

A figura 31 apresenta os valores de concentração do zinco para as três espécies estudadas para os dois tipos de ambientes. Observa-se que houve diferença significativa entre as três espécies de moscas ( $t = 3.671$ ,  $p = 0.0295$ ), sendo que a espécie *Chrysomya putoria* apresentou valores maiores. Quanto ao gênero, as fêmeas acumularam valores superiores aos machos nas três espécies, diferindo estatisticamente ( $t = 9.524$ ,  $p = 0.00271$ ).

Figura 31 - Concentração do Zinco por espécie nas moscas das áreas naturais e antropizadas



aa – área antropizada, na – área natural, ca – *Chrysomya albiceps*, cm – *Chrysomya megacephala*, cp – *Chrysomya putoria*

Fonte: Elaborada a partir dos dados da pesquisa de campo (2019).

Os valores nas moscas foram maiores quando comparados com o solo, o que mais uma vez indica a capacidade bioindicadora de metais potencialmente tóxicos em área antropizadas e conservadas. As fêmeas das espécies *Chrysomya albiceps* e *Chrysomya megacephala* apresentaram valores discrepantes.

De uma maneira geral, observando as figuras 22, 24, 26, 28 e 30, verifica-se que nos ambientes antropizados as concentrações de metais potencialmente tóxicos foram maiores que nos ambientes preservados, justificando-se pela presença destes metais nos lixões estudados. Desta forma, as espécies estudadas demonstraram potencial para serem utilizadas como bioindicadoras da presença destas espécies metálicas no ambiente.

As concentrações dos metais foram maiores nas moscas quando comparados com os valores nos solos. Desta forma, infere-se que as moscas acumulam tais metais não somente na forma larval, quando possuem um contato maior no solo até eclodir e chegar na fase adulta, como também através de sua alimentação na fase adulta.

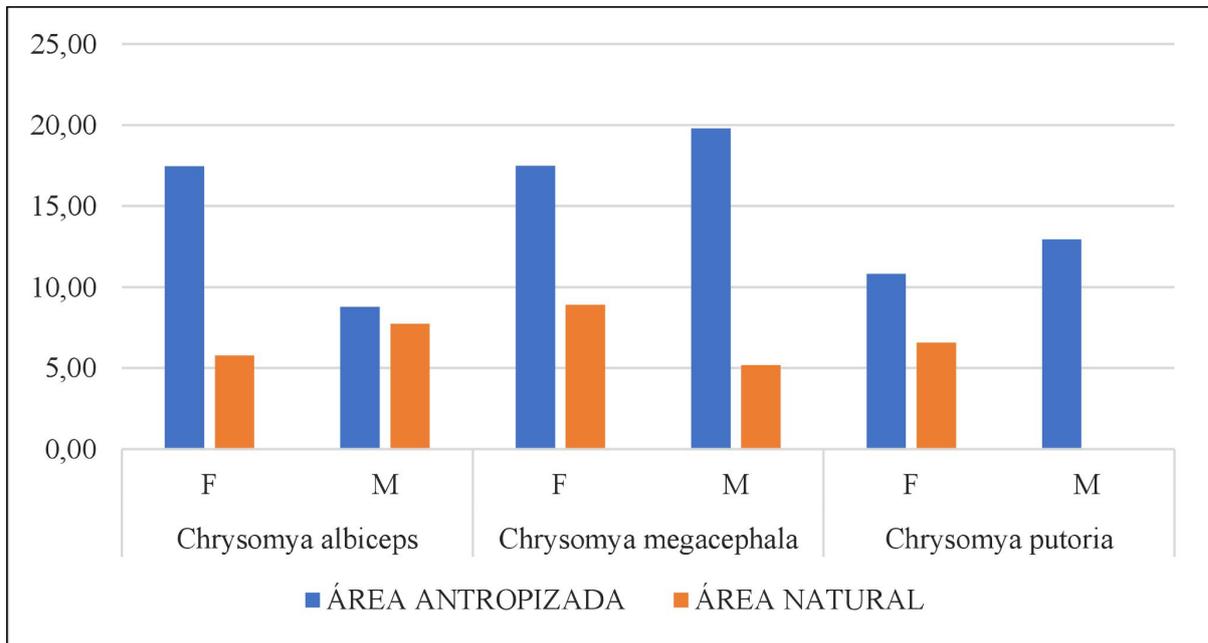
Resultados semelhantes a estes foram encontrados por Silva et al., (2018), no que diz respeito às diferenças entre os dois tipos de ambientes (antropizado e natural), e por Silva et al., (2018) em moscas da família Calliphoridae e por Barros et al. (2010) e Ribas et al. (2012) em indivíduos do grupo Formicidae, quanto às diferenças nas concentrações de metais potencialmente tóxicos entre os bioindicadores e o solo.

### 3.4 Potencial de Bioacumulação

Entende-se por potencial de bioacumulação a razão entre a concentração média do metal nas espécies e a concentração no solo. Tendo as médias de todas as áreas para os dois tipos de ambiente, calculou-se o potencial de acumulação de metais potencialmente tóxicos entre fêmeas e machos e entre as espécies, para avaliar a acumulação dos metais nas espécies e gêneros.

De acordo com resultados da figura 32, as três espécies da família Calliphoridae investigadas apresentaram significativo percentual de acumulação para o Crômio na área antropizada – *Chrysomya megacephala* (19%), *Chrysomya albiceps* (17%) e *Chrysomya putoria* (13%). Observa-se ainda, diferença de potencial de acumulação entre machos e fêmeas na espécie *Chrysomya albiceps*, onde a fêmea teve um percentual maior quando comparado com o macho. Este comportamento não se repetiu nas duas outras espécies.

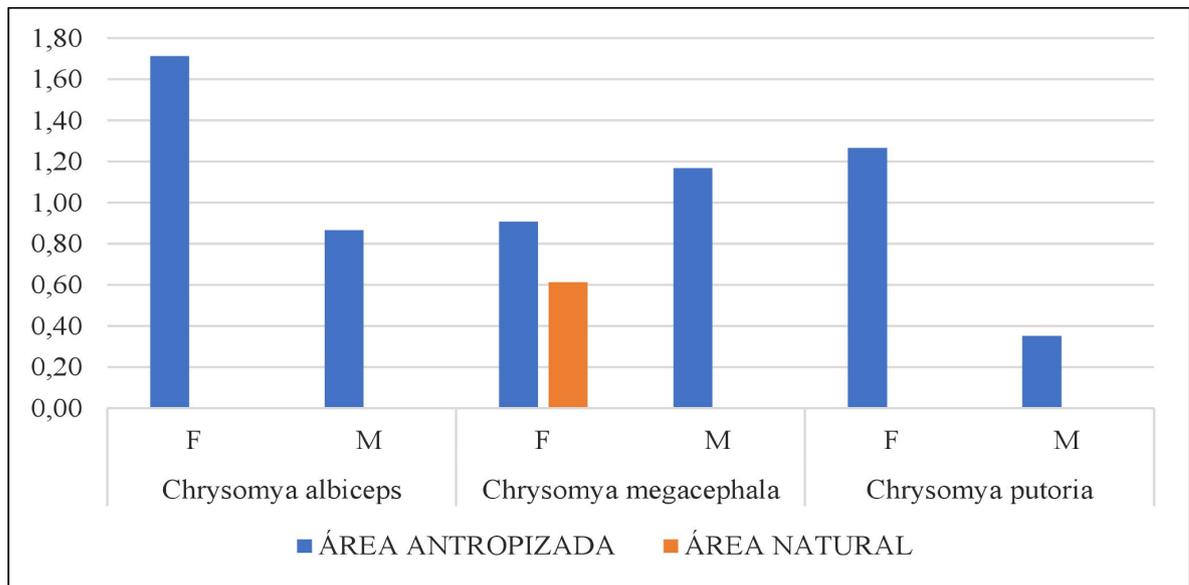
Figura 32 - Potencial de acumulação de Crômio (II), nas moscas dos ambientes antropizado e natural (%)



Fonte: Elaborada a partir dos dados da pesquisa de campo (2019).

O Chumbo (Pb) teve a menor bioacumulação nas moscas e, desta forma, também o menor potencial de bioacumulação. Na área antropizada, teve maior potencial de acumulação, para este metal, a espécie *Chrysomya albiceps*, com 1,7 % (Figura 33), seguida pelas duas outras espécies, *Chrysomya putoria* e *Chrysomya megacephala*, com valores aproximados 1,2% e 1,19%, respectivamente. Na área natural, observou-se que somente *Chrysomya megacephala* obteve acumulação com percentual de 0,60%. No ambiente antropizado, as fêmeas apresentaram maiores valores de potencial de bioacumulação. Isso pode ser justificado pelo fato de as fêmeas serem mais fiéis ao ambiente na busca de alimentos proteicos e certamente tendo mais contato com os metais potencialmente tóxicos presentes no ambiente.

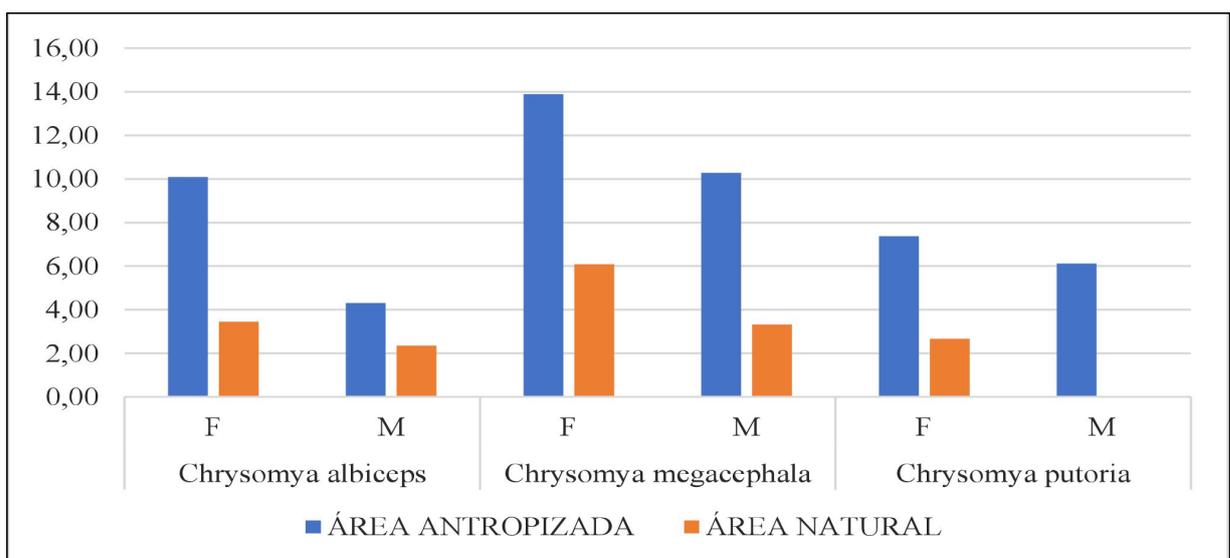
Figura 33 - Potencial de acumulação de Chumbo (II), nas moscas dos ambientes antropizado e natural (%)



Fonte: Elaborada a partir dos dados da pesquisa de campo (2019).

O figura 34 apresenta os valores de potencial de acumulação de manganês. Nota-se que, no ambiente antropizado, a espécie *Chrysomya megacephala* foi a que obteve o maior potencial (14%), seguida pela *Chrysomya albiceps* que chegou a 10%. No ambiente natural este comportamento também se repetiu.

Figura 34 - Potencial de acumulação de Manganês (II), nas moscas dos ambientes antropizado e natural (%)

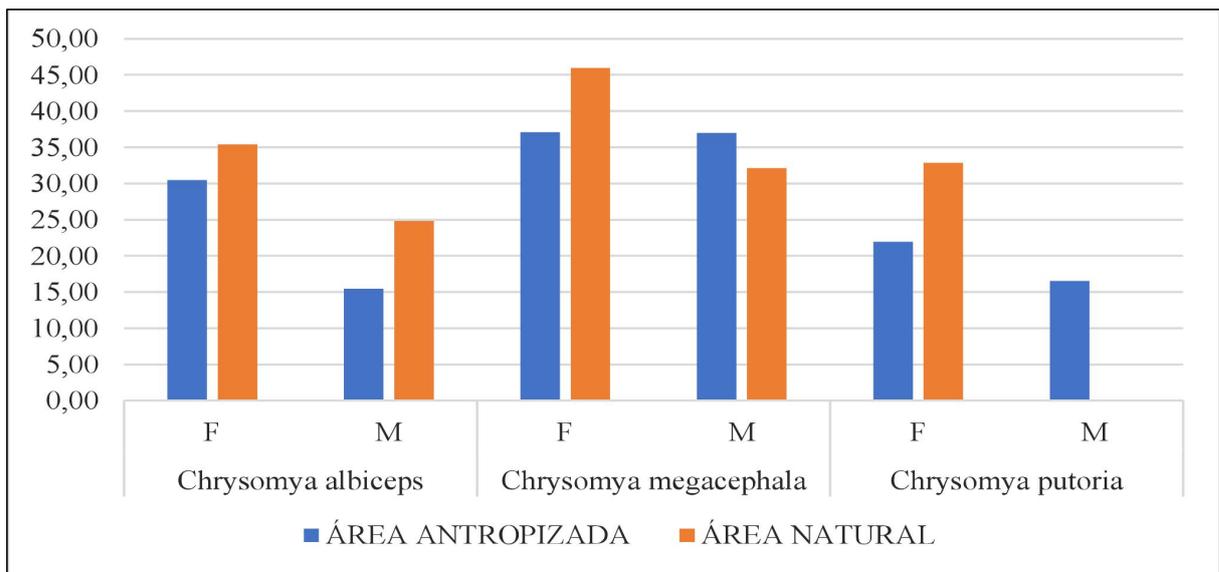


Fonte: Elaborada a partir dos dados da pesquisa de campo (2019).

Para este metal, tanto nas áreas naturais como nas áreas antropizadas, a fêmea foi quem obteve um maior potencial de acumulação, quando comparada com os machos, nas três espécies, o que ratifica o entendimento de que as fêmeas por serem mais fiéis ao ambientes quando comparados com os machos que por sua vez percorrem uma área maior.

O Zinco (Zn) foi a espécie metálica que teve a maior bioacumulação nas moscas e, desta forma, também o maior potencial de acumulação. Na área antropizada teve maior potencial de acumulação a espécie *Chrysomya megacephala* (Figura 35), com 37%, seguida da *Chrysomya albiceps* com 30%. Na área natural este comportamento se repetiu. Nos dois tipos de ambiente (natural e antropizado), também a fêmea foi quem apresentou maiores valores de potencial de bioacumulação nas 3 espécies.

Figura 35 - Potencial de acumulação de Zinco (II), nas moscas dos ambientes antropizado e natural (%)



Fonte: Elaborada a partir dos dados da pesquisa de campo (2019).

Como as concentrações de cádmio no solo ficaram abaixo do nível de detecção não foi possível calcular o potencial de bioacumulação para este metal.

Silva et, al (2018) encontraram resultados semelhantes atestando grande potencial de bioacumulação das moscas da família Calliphoridae, especialmente das fêmeas. Esse maior potencial de bioacumulação nas fêmeas pode ser explicado pelo fato de as espécies de moscas-varejeiras utilizarem substratos discretos e efêmeros, como, por exemplo, carcaças em decomposição e fezes, para alimentação e postura dos ovos (KAMAL, 1958; PUTMAN, 1977).

## 4 CONCLUSÃO

As concentrações de metais potencialmente tóxicos nas espécies de moscas indicam que as moscas da família Calliphoridae absorvem, dos solos, os metais potencialmente tóxicos estudados, que se acumulam na superfície do solo e também na sua alimentação na fase adulta. Este comportamento permite a utilização das moscas desta família como bioindicadores de metais potencialmente tóxicos em áreas antropizadas e naturais.

Os resultados do potencial de bioacumulação indicam que as três espécies investigadas da família Calliphoridae (*Chrysomya megacephala*, *Chrysomya albiceps* e *Chrysomya putoria*) apresentaram alta capacidade bioindicadora das espécies metálicas Cr, Mn e Zn. O cádmio foi a única espécie metálica que não ocorreu no solo (abaixo do nível de detecção). No entanto, o mesmo esteve presente nas moscas, o que ratifica o potencial para estas espécies de moscas serem utilizadas como bioindicadoras da presença deste metal. Além disso, houve uma tendência de melhor indicação da presença dos metais por fêmeas, pois apresentaram quantidades ligeiramente maiores dos metais em relação aos machos.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, A. F.; IRWING, A. C. S. S.; GOMES, D. C.; PINHEIRO, K. A. **Minério Manganês**. Belém – PA, 2011.

BARROS, Y. J. et al. Indicadores de qualidade de solos de área de mineração e metalurgia de chumbo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, MG, v. 34, n. 4, p. 1413-1426, jul./ago. 2010.

BOLETIM DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO. Campinas, SP: EMBRAPA, 1a edição nov. 2010.

BROTTO, D. F.; FIRMINO, E. L. B. Insetos como bioindicadores e acumuladores de poluição por metais pesados. **Anais**, 8º ENEPE UFG - 5º EPEX UEMES ENEPEX- Encontro de Ensino pesquisa e Extensão, 2014, Disponível em: <http://periodicos.uems.br/novo/index.php/enic/article/viewFile/4867/2575> Acesso em 25 de agosto 2019.

CABRINI, I.; GRELLA, M. D.; ANDRADE, C. F. S.; THYSSEN, P. J. Richness and composition of Calliphoridae in a Atlantic Forest fragment: implication for the use of dipteran species as bioindicators. **Biodiversity Conservation**. n.22, p.2635-2643, 2013.

CASAS, J. S.; SORDO, J. **Lead: chemistry, analytical aspects, environmental impact and health effects**. The Netherlands: Elsevier. 354p, 2006.

CAVALLET, L. E.; CARVALHO, S. G.; NETO, P. F. Metais pesados no rejeito e na água em área de descarte de resíduos sólidos urbanos. **Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**. v.8, n.3. p. 229-238, 2013.

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de Qualidade de águas interiores do Estado de São Paulo**, 2005.

D'ALMEIDA, M. L. O.; VILHENA, A. **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado**. 2.ed. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000.

ESPOSITO, M. C. **A fauna de moscas varejeiras (Diptera, Calliphoridae) da Amazônia e sua ecologia na região de Caxiuanã e cidade de Portel/Estado do Pará**. Tese de doutorado. Manaus, Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia – Universidade Federal do Amazonas. 134p, 1999.

FERNANDES, R. A.; LOVATO-SILVA, C. H.; PARANHOS, H. F.; ITO, I. Y. Efficacy of three denture brushes on biofilm removal from complete dentures. **J Appl Oral Sci**. Feb;15(1):39-43, 2007.

GERMAINE, S. S. & WAKELING, B. F. Lizard species distributions and habitat occupation along an urban gradient in Tucson, Arizona, USA. **Biological Conservation** 97: 229- 237, 2001.

GIORDANO, G.; FILHO, O. B.; CARVALHO, R. J. Processos Físico-químicos para Tratamento do Chorume de Aterros de Resíduos Sólidos Urbanos. **Coletânea em Saneamento Ambiental** – COAMB. 1o ed. V.4, Rio de Janeiro. 182p, 2011.

- GUAGLIARDI, I.; CICCHELLA, D.; DE ROSA, R. A geostatistical approach to assess concentration and spatial distribution of heavy metals in urban soils. **Water Air Soil Pollut.** 223 (9), 5983–5998, 2012.
- HYPOLITO, R.; EZAKI, S. Íons de metais pesados em sistema solo-lixo-chorume-água de aterros sanitários da região metropolitana de São Paulo - SP. **Águas Subterrâneas**. São Paulo, v. 20, n. 1, p. 99-114, 2006.
- KAMAL, A. S. Comparative study of thirteen species of sarcosaprophagous Calliphoridae and Sarcophagidae (Diptera) I. **Bionomics**. Ann. Entomol. Soc. Am., 51: 261-271, 1958.
- LACERDA, L. D. Trace metal in fluvial sediments of the Madeira River watershed, amazon, Brazil. **Science of the Total Environmental**, v. 97, p. 525-530, 1990.
- NASCIMENTO, J. M.; OLIVEIRA, J. D. Caracterização das biomassas serragem de madeira teca (*Tectona granis*), casca de pequi (*Cariocar brasilienses Camb*) e orelha de pau (*Pycnoporus sanguineus*) pelo efeito do ponto de carga zero. **Revista de Química Industrial**, 742 (1): 24-28, 2014.
- NUORTEVA, P. Synantropy of blowflies (Diptera: Calliphoridae) in Finland. *Annales Entomologici Fennici*, **Helsinki**, 29:1-49, 1963.
- PEPINELLI, M. et al. Concentração de metais em insetos aquáticos de córregos sob diferentes usos do solo: Um estudo preliminar. **VII Congresso de Ecologia do Brasil**, 2006.
- PUTMAN, R. J. Dynamics of the blowfly, *Calliphora erythrocephala*, within carrion. *J. Anim. Ecol.*, 46: 853-866, 1977.
- REGALBUTO, J. R.; ROBLES, J. The engineering of Pt/Carbon Catalyst Preparation, **University of Illionis**: Chicago, 2004.
- RIBAS, C. R.; CAMPOS, R. B. F.; SCHMIDT, F. A.; SOLAR, R. R. C. Ants as indicators in Brazil: a review with suggestions to improve the use of ants in environmental monitoring programs. **Psyche**, Cambridge, v. 2012, p. 1-23, 2012.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM R. **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <<http://www.R-project.org>> acesso 14 de abril de 2019.
- SEOLIN DIAS, L.; SARTOR, F. I. Efeito de um programa de coleta seletiva de lixo na flutuação populacional de dípteros (Calliphoridae e Muscidae). In: **FÓRUM AMBIENTAL DA ALTA PAULISTA**, Tupã, 2005.
- SILVA, C. P. C. et al. **Moscas Varejeiras (Diptera: Calliphoridae) como Bioindicadores e Acumuladores de Metais Potencialmente Tóxicos em Áreas Antropizadas na Região Oeste do Maranhão, Nordeste do Brasil**. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Imperatriz, 2018.
- TAVARES, S. R. L.; OLIVEIRA, S. A.; SALGADO, C. M. Avaliação de Espécies Vegetais na Fitorremediação de Solos Contaminados por Metais Pesados. **Holos**, Ano 29, Vol. 5, p. 80-97, 2013.